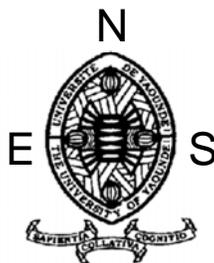


UNIVERSITE DE YAOUNDE I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



ECOLE NORMALE SUPERIEURE
HIGHER TEACHER TRAINING COLLEGE

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE ET DES TECHNOLOGIES EDUCATIVES
DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE AND EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

Année académique 2015- 2016
2015 - 2016 Academic Year

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN DIDACTICIEL DE CHIMIE
SUR LES CONSTITUANTS DE LA MATIERE POUR LES CLASSES DE
3^{ème} DE L'ENSEIGNEMENT GENERAL AU CAMEROUN**

Mémoire rédigé par :

EBONKANG NGOTI Charles

03R062

Licencié en Biologie

KOUAMASSONG ZOMENE Larite Ornela

11A611FS

Licenciée en Mathématique/Informatique

PEDIE WAYUE Marest

07SJP0069

Licencié en Droit

En vue de l'obtention du

**DIPLOME DE PROFESSEUR DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE GENERAL
SECOND GRADE (DIPES II)**

Filière : **INFORMATIQUE**

Supervision

FOUDA NDJODO Marcel (Professeur)

Direction

NKWENTI NDONFACK Michael (Assistant)

Dédicace

Nous dédions ce travail à:

- ✓ Nos familles respectives;
- ✓ Nos parents;
- ✓ Nos enseignants;
- ✓ Nos amis;
- ✓ Tous ceux qui nous sont chers.

Remerciements

Des difficultés ont jalonné ce travail; néanmoins, son élaboration et sa réalisation ont été faites grâce à l'aide de plusieurs personnes à qui nous exprimons ici notre profonde reconnaissance. Nous pensons notamment:

Au **Pr. FOU DA NDJODO Marcel**, Chef du Département d'Informatique et des Technologies Educatives pour la qualité des enseignements et de la formation reçus ;

Au **Dr NKWENTI NDONFACK Michael** qui a bien accepté encadré ce travail ;

Au **Dr AZEGUE ONDOA René** qui, au-delà de sa disponibilité et de sa patience nonobstant ses multiples occupations, reste pour nous un modèle d'intellectuel et d'humilité : puissiez-vous trouvez ici les prémices de votre vision ;

A tous les enseignants du DITE qui ont contribué à notre formation ;

A nos familles respectives ;

A tous nos amis et camarades de la promotion 2014 – 2016 ;

Ceci fut un travail d'équipe et nous voudrions une fois encore saluer et remercier toutes les personnes qui y ont collaboré, en particulier nos autres experts en la matière, pour l'intérêt qu'ils ont porté à la réalisation de ce travail ;

Que toutes ces personnes et bien d'autres, qui se reconnaissent dans quelque contribution que ce soit, trouvent ici le témoignage de notre profonde gratitude ;

Par-dessus tout, nous rendons grâce à l'**ETERNEL DIEU TOUT PUISSANT** qui a toujours su nous combler de santé, de force, de courage et de paix.

Sommaire

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Sommaire	iii
Résumé.....	vi
Abstract.....	vii
Liste des abréviations.....	viii
Liste des figures	x
Liste des tableaux.....	xi
CHAPITRE 1	1
Introduction générale	1
1.1 Contexte	1
1.2 Problématique.....	2
1.3 Objectif général	3
1.4 Objectifs spécifiques	3
1.5 Questions de recherche et hypothèses.....	3
1.6 Importance de la recherche	4
1.7 Plan du mémoire.....	5
CHAPITRE 2.....	6
Revue de la littérature	6
2.1 Etat de l’art.....	6
2.2 Théories d’apprentissage.....	7
2.2.1 La théorie comportementaliste	7
2.2.2 La théorie constructiviste.....	8

2.2.3 La théorie cognitiviste	9
2.2.4 Justification du choix des théories d'apprentissage.....	11
2.3 Généralités sur les EIAH.....	12
2.3.1 Quelques concepts	12
2.3.1.1 Environnement d'apprentissage.....	12
2.3.1.2 EIAH et didacticiel	13
2.3.2 Rôle des EIAH et des didacticiels	13
2.3.3 Typologie des didacticiels	13
2.3.4 Didacticiel et didactique.....	14
2.4 Développement des EIAH et des didacticiels	14
2.4.1 Architecture d'un EIAH	15
2.4.2 L'interface d'un EIAH.....	16
2.4.3 Aides et rétroactions.....	16
2.4.4 Outils de conception.....	17
2.5 Modèles d'ingénierie pour la conception des EIAH et des didacticiels.....	18
2.5.1 Ingénierie pédagogique.....	18
2.5.2 Ingénierie cognitive	20
2.5.3 Ingénierie logicielle	22
2.6 Intégration des TICE à l'enseignement de la chimie	23
2.6.1 Importance des activités de laboratoire dans l'enseignement de la chimie.....	23
2.6.2 Utilisation des TIC dans l'enseignement de la chimie	25
2.6.3 Bénéfices associés aux EIAH et aux didacticiels.....	25
2.7 Conclusion.....	26
CHAPITRE 3	27
Matériel et méthodes.....	27
3.1 Conception de l'étude.....	27
3.2 Population cible.....	28
3.3 Procédure.....	29
3.3.1 Procédure de conception pédagogique : le modèle ADDIE.....	29
3.3.1.1 L'équipe de travail.....	30
3.3.1.2 Analyse technique.....	32
3.3.1.3 Analyse pédagogique.....	32

3.3.2 Un développement incrémental par prototypage : le DICOM_3	33
3.3.2.1 Cahier de charges	34
3.3.2.2 Conception du DICOM_3	36
3.4 Instrument de collecte de données et outils	37
3.5 Méthode d'analyse des données	38
3.6 Conclusion	38
CHAPITRE 4	40
Résultats et discussion	40
4.1 Résultats	40
4.1.1 Le prototype	40
4.1.2 Résultats de l'analyse des données avant la réalisation du DICOM_3	46
4.1.3 Synthèse de l'analyse	48
4.1.4 Résultats d'analyse des données après la réalisation du DICOM_3	49
4.2 Discussion	50
4.3 Conclusion	51
CHAPITRE 5	52
Implication sur le système éducatif	52
5.1 Implication pédagogique	52
5.2 Apport du DICOM_3 à l'apprentissage des élèves	53
2.3 Conclusion	54
CHAPITRE 6	55
Conclusion et perspectives	55
Bibliographie	57
Annexes A : Questionnaire avant et après conception du didacticiel	59
Annexe B : Notions fondamentales sur les constituants de la matière en classe de 3 ^{ème}	61
Annexe C : Fiche de présentation des constituants de la matière en classe de 3 ^{ème}	62
Annexe D : Fiche pédagogique	63
Annexe E : Extrait du cours proposé par les EM	65

Résumé

Nous avons développé un didacticiel de chimie sur les constituants de la matière (nous l'avons appelé DICOM_3) dans le but de mettre à la disposition des élèves de la classe de 3^{ème} de l'enseignement général au Cameroun, un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH), devant permettre à chaque élève d'apprendre à son rythme, dans une approche constructiviste. Cette recherche a utilisé le modèle recherche développement de Nonnon en débutant par une idée initiale. Notre travail a été effectué à l'aide de la méthode ADDIE comme modèle d'action. Un prototype montre notamment sa représentation. Ce didacticiel illustre une intégration des TICE à l'apprentissage de la chimie au Cameroun.

Mots clés : didacticiel, EIAH, recherche développement, ADDIE, TICE

Abstract

We have developed an educational software (we have named it DICOM_3) in chemistry, on the constituents of matter, with the aim of putting at the disposal of form 4 students in secondary mainstream education in Cameroon, an Intelligent Tutoring System (ITS) , that should allow each student to learn according to his rate , from a constructivist view. In this research, we have used the Nonnon's research development model, beginning with an initial idea. Our project was designed based on the ADDIE model. A prototype especially demonstrates its representation. Our teach ware illustrates an integration of ICTE to the learning of chemistry in Cameroon.

Key words: *educational software, ITS, research development, ADDIE, ICTE.*

Liste des abréviations

ADDIE	Analyse, Design, Développement, Implantation et Evaluation
APC	Approche Par Compétence
CP	Concepteur Pédagogique
DICOM_3	Didacticiel sur les Constituants de la Matière en classe de 3 ^{ème}
DIPES II	Diplôme des Professeurs de l'Enseignement Secondaire général Second grade
DITE	Département d'Informatique et des Technologies Educatives
EAO	Enseignement Assisté par Ordinateur
EIAH	Environnement Informatique (Interactif) pour l'Apprentissage Humain
EIAO	Enseignement (Environnement) Intelligent Assisté par ordinateur
EM	Expert en la Matière
EML	Educational Modelling Language
ENA	Environnement Numérique d'Apprentissage
IHM	Interface Homme-Machine
LMCS	Learning Management Content System
LMS	Learning Management System
MA	Modèle de l'Apprenant
MINESEC	Ministère des Enseignements Secondaires
MISA	Méthode d'Ingénierie des Systèmes d'Apprentissage
QCM	Questions à Choix Multiples
SCORM	Shareable Courseware Object Reference Model
SGA	Système de Gestion d'Apprentissage
SGCA	Système de gestion des Contenus d'Apprentissage
SI	Spécialiste en Informatique

TA	Théorie d'Apprentissage
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TICE	Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education
ULP	Unité Logique de Présentation
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour la Science et la Culture
UPP	Unité Physique de Présentation

Liste des figures

Figure 1: Fondements de l'ingénierie pédagogique	20
Figure 2: Démarche inductive et déductive	24
Figure 3: Modèle de recherche de développement de Nonnon (1993).....	28
Figure 4: Les cinq étapes du modèle ADDIE	29
Figure 5: Responsabilités des principaux intervenants dans le processus ADDIE.....	31
Figure 6: Un développement incrémental par prototypage.....	34
Figure 7: Interface d'accueil du DICOM_3	41
Figure 8: Aperçu de la fonctionnalité notionnelle du DICOM_3	42
Figure 9: Aperçu de la fonctionnalité Exerciseur du DICOM_3	43
Figure 10: Aperçu du traitement d'une question par le DICOM_3.....	44
Figure 11: Aperçu du résultat de l'auto-évaluation de l'utilisateur avec le DICOM_3	45
Figure 12 : Répartition de la population cible selon le genre	46
Figure 13: Répartition des résultats de l'enquête suivant le genre de la population et l'effectif de leurs appréciations.....	47
Figure 14: Proportion des appréciations ou réponses des élèves par question.	48
Figure 15: Effectifs des réponses par question et suivant les appréciations des élèves après utilisations du DICOM_3.....	49

Liste des tableaux

Tableau 1: Activités des différentes phases du modèle ADDIE.....	30
Tableau 2: Spécifications fonctionnelles et non fonctionnelles du DICOM_3	35
Tableau 3: Cahier de charges pour la conception du DICOM_3.....	35
Tableau 4: Récapitulatif des pourcentages d'élèves obtenus avant et après la réalisation du DICOM_3.	50

CHAPITRE 1

Introduction générale

1.1 Contexte

La diffusion rapide des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans tous les domaines rend davantage acceptable le principe de leur intégration en éducation. L'équipement des lycées de plus en plus en centres multimédia témoigne d'une volonté politique de numériser le système scolaire au Cameroun. L'intégration des TIC, aujourd'hui un élément indispensable en matière d'éducation, est encore loin d'être réalisé et on connaît les principaux obstacles, liés aux conditions d'environnement technique et économique, pédagogique et institutionnelle. D'après Depover et al (2006) repris par Kabo Mbiada (2010) « *les TIC donnent l'occasion de repenser et de délocaliser, dans l'espace et le temps, les échanges entre les enseignants et les élèves, et favorisent ainsi de nouvelles avenues pour des activités d'apprentissage ou de formation* ». Ainsi, l'heure est à l'innovation technologique et comme le fait remarquer Peter Drucker (2001) repris par Neil Thomas (2004), « *une entreprise établie qui dans un âge demandant l'innovation n'est pas capable d'innover est condamnée au déclin et à l'anéantissement* ».

La présence, au premier cycle du secondaire, 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 initiale de concevoir et de réaliser un didacticiel de chimie pour les classes

de troisième de l'enseignement général au Cameroun, sur les constituants de la matière, en vue de son intégration dans l'apprentissage de cette discipline.

1.2 Problématique

Le modèle pédagogique promu par le Ministère des Enseignements Secondaires (MINESEC) actuellement est celui de l'Approche Par Compétence (APC). Ce modèle, plus qu'un changement de dénomination, est un changement de paradigme hautement contraignant et pas toujours facile à mettre en œuvre dans les conditions actuelles. Par ailleurs, de nombreux facteurs qui échappent au rôle de l'enseignant influent sur les apprentissages des élèves. Aussi, les enseignants sont préoccupés par certaines situations liées à leur profession, notamment le temps et les programmes. Dans de telles conditions, comment mettre en œuvre une pédagogie active et aider les élèves? 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-il un bénéfice didactique ou pédagogique à l'utilisation des TIC dans l'enseignement de la science en générale, de la chimie en particulier? Parmi les nombreuses utilisations de l'ordinateur dans l'enseignement, les didacticiels offrent des possibilités intéressantes pour l'enseignement de la science et donc de la chimie. Ces possibilités sont de plus en plus perçues par de nombreux spécialistes de l'éducation comme un complément à un enseignement conventionnel et une opportunité de développer positivement les apprentissages (UNESCO, 1999). Par ailleurs, de nombreux chercheurs (Nonnon, 1986 ; Tinker et Morkos, 1987) ont montré que les didacticiels et les environnements informatiques (interactifs) pour l'apprentissage humain (EIAH) en générale offrent des avantages en ce qui concerne l'enseignement et l'apprentissage des sciences. Cependant, force est de remarquer une certaine inadéquation des contenus embarqués dans les logiciels pédagogiques, vis-à-vis des programmes d'enseignement et leurs faibles possibilités d'adaptation à la pédagogie personnelle des enseignants. En général, la phase de conception didactique est ignorée. Inexprimée, cette étape reste intuitive et floue; au mieux elle correspond à une partie d'un programme officiel non transposé (Koper 2001). La problématique de notre sujet s'articule autour de cette remarque.

1.3 Objectif général

Notre objectif principal dans cette recherche de développement, est de développer un didacticiel pour l'enseignement sur les constituants de la matière en classe de 3^{ème}, didacticiel appelé DICOM_3 dans la suite de ce mémoire. Ce didacticiel doit permettre un accès intuitif et modulable à ses fonctionnalités : intuitif car il doit pouvoir être mis entre les mains des élèves sans nécessiter un apprentissage long ; modulable, car il doit permettre de sélectionner les concepts qui resteront accessibles à l'élève, en fonction de la pédagogie pratiquée dans sa classe.

1.4 Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement nous voulons :

- Analyser à l'aide d'une méthode et de techniques d'analyse, les besoins des élèves de troisième en chimie ;
- Concevoir une solution pédagogique, technique et ergonomique de qualité pour pallier aux difficultés d'apprentissage des élèves de troisième en chimie ;
- Réaliser sur la base d'une procédure de développement la solution envisagée.

1.5 Questions de recherche et hypothèses

L'idée initiale dans cette recherche s'est construite avec la question initiale suivante : comment pallier à l'inadéquation des contenus embarqués dans les logiciels éducatifs ? Plus précisément, comment réaliser un didacticiel qui intègre adéquatement les contraintes pédagogiques, didactiques, techniques et ergonomiques ? Pour y arriver nous répondrons subsidiairement aux questions suivantes :

- Quels sont les besoins des élèves de troisième en chimie susceptibles de faciliter leur apprentissage dans le chapitre sur les constituants de la matière ?
- Quels sont les outils nécessaires pour la conception du DICOM_3 ?
- Comment réaliser le DICOM_3 ?

Nous avons fait l'hypothèse que si les possibilités de formalisation de la résolution de problèmes avec les connaissances actuelles de l'informatique, et en particulier les méthodes de représentation des connaissances empruntées à l'intelligence artificielle, ainsi que les possibilités de conception d'interfaces, pouvaient faciliter la création d'environnements d'apprentissage de type didacticiel, l'adéquation de ceux-ci vis-à-vis des programmes et leur adaptation à la pédagogie personnelle des enseignants, demandent l'intégration des enseignants dans le processus de conception, pour favoriser la mise en place d'une méthodologie pour l'acquisition de leur expertise pédagogique et le développement d'outils pour la négociation sur la sélection des connaissances et leurs modes de présentation à l'interface. Nos hypothèses de recherche sont donc les suivantes :

- Le DICOM_3 sera une source de motivation des élèves de troisième pour l'apprentissage de la chimie
- Le DICOM_3 augmentera le taux d'assimilation des notions relatives aux constituants de la matière.

1.6 Importance de la recherche

Ce didacticiel de chimie s'inscrit dans la continuité des précédents travaux réalisés au sein du Département d'Informatique et des Technologies Educatives (DITE) par les promotions précédentes et va notamment favoriser l'apprentissage de la chimie par les élèves des classes de troisième de l'enseignement général au Cameroun.

D'autre part, il ne semble pas à l'heure actuelle, qu'il existe de didacticiel sur les constituants de la matière en classe de 3^{ème}. 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 dans les processus d'enseignement apprentissage au secondaire. L'environnement permettra aux élèves de la classe de 3^{ème} de mener une démarche inductive en science et ce avec un minimum de connaissances, dans un temps relativement court.

1.7 Plan du mémoire

Outre cette introduction, dans le chapitre 2, **Revue de la littérature**, nous explorerons les concepts fondamentaux sur les théories d'apprentissages prises en compte dans le développement de notre didacticiel, les concepts et les activités nécessaires à la compréhension même du développement des EIAH et des didacticiels, ainsi que les revues méthodologiques. Dans le chapitre 3, **Matériel et méthodes**, nous expliquerons tour à tour, le type et le modèle de recherche mis en œuvre dans ce travail, les processus, les moyens techniques et les différents outils utilisés pour développer un didacticiel utile, de qualité et prenant en compte les contraintes tant ergonomiques que techniques, ainsi que les instruments de collecte de données et les méthodes d'analyse des données. Dans le chapitre 4, **Résultats et discussion**, nous présenterons le prototype développé ainsi que les résultats obtenus des mises à l'essai, et nous analyserons ces résultats. Dans le chapitre 5, **Implication sur le système éducatif du sujet**, nous illustrerons l'impact du DICOM_3 sur le système éducatif camerounais, notamment sur le plan pédagogique. Enfin dans le chapitre 6, **Conclusion et perspectives**, nous résumons les points les plus importants de notre travail. Les difficultés rencontrées au cours du travail sont aussi mentionnées. Plusieurs possibilités pour compléter et/ou améliorer le projet sont ainsi proposées.

CHAPITRE 2

Revue de la littérature

Le développement des EIAH demande des compétences diverses (informatique, didactique, psychologie cognitive, ergonomie cognitive, sciences de l'éducation, pour ne citer que les principales). Le développement des EIAH est donc un art informatique qui s'appuie sur les théories d'apprentissage et comme tel, il convient de faire d'abord un état des lieux dans ce chapitre, avant d'explorer des considérations théoriques pouvant avoir un impact sur la conception d'un environnement d'apprentissage. Nous présentons ensuite les généralités sur les EIAH suivis des modèles d'ingénierie pour leur conception. Le renforcement de notre idée initiale par des considérations théoriques sur l'intégration des TIC à l'enseignement de la chimie et certaines des théories d'apprentissages (TA) les plus prégnantes sur la question sont aussi abordés ici.

2.1 Etat de l'art

Nous avons dit à l'introduction que ce travail s'inscrit en continuité des précédents travaux réalisés au sein du DITE. En effet, l'évolution des ordinateurs et la vulgarisation de leur usage ont permis leur introduction dans la plupart des activités humaines, y compris dans l'enseignement. Cependant, bon nombre des logiciels pédagogiques, développés dans le cadre de l'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO), se sont contentés de traduire sous une forme informatique les supports traditionnels de l'enseignement et ont souvent suscité plus de critiques que de satisfactions. Certaines des insuffisances de ces systèmes peuvent être identifiées par leur incapacité à résoudre les problèmes posés à l'apprenant, leur faible degré d'adaptation à celui-ci, leur faible identification et maîtrise des connaissances du domaine et de l'expertise pédagogique. La réponse à ces critiques avec l'émergence des systèmes auteurs et experts a donné lieu à des

changements de paradigme évolutifs pour devenir aujourd'hui les EIAH dont les didacticiens n'en sont qu'un des outils. L'interactivité est l'élément clé des EIAH et cette interactivité prend en compte des théories d'apprentissage, notamment, le constructivisme, le socioconstructivisme et le cognitivisme (qui sont nés en réaction aux limites du comportementalisme). De nombreux travaux ont déjà été réalisés au sein du DITE par des étudiants des promotions précédentes dans le domaine des EIAH et la plupart d'entre eux étaient relatifs aux laboratoires virtuels et notamment en rapport avec les aspects expérimentaux. Le DICOM_3 se veut différent en ce sens qu'il aborde la problématique de la qualité des contenus et des fonctionnalités sous l'aspect des objectifs du programme officiel et des pratiques pédagogiques. Nous abordons dans la section suivante, les théories d'apprentissage.

2.2 Théories d'apprentissage

Disons tout de suite qu'une TA sert à mieux comprendre les mécanismes d'apprentissage et à construire une action pédagogique cohérente. Nous nous intéressons ici à trois théories d'apprentissage les plus utilisées de nos jours, notamment, la théorie comportementaliste, le constructivisme et la théorie cognitiviste. Ces trois modèles ont beaucoup contribué à faire progresser la réflexion sur l'acquisition formelle des connaissances et leur modélisation, même si elles semblent de plus en plus supplantées par les théories d'apprentissage basées sur les apports des nouvelles technologies, à l'instar du *connectivisme*, que nous n'aborderons pas en raison de sa complexité, dans ce mémoire.

2.2.1 La théorie comportementaliste

Le comportementalisme est une théorie psychologique née au XXème siècle à partir de deux courants indépendants à savoir :

- La psychologie animale (Pavlov)
- La psychologie expérimentale (Skinner et Watson)

Qui se base sur le comportement observable de l'individu pour expliquer son psychisme, à travers l'étude de ses interactions avec le milieu.

Pour l'américain John Watson (1913), les différences entre les individus s'expliquent par les conditionnements provenant du milieu dans lequel chacun évolue.

Le dispositif stimulus – réponse constitue la clef de voûte des approches behavioristes. Le stimulus est une stimulation du milieu ; il produit une réponse traduite physiquement par un comportement observable. Pour les behavioristes, les comportements sont déterminés par les conditions environnementales et il suffit de manipuler les conditions environnementales pour obtenir les comportements recherchés.

Selon ce modèle, il n'y a d'apprentissage que lorsque l'apprenant est capable, face à un stimulus, de réagir intérieurement et cette réaction interne se traduit de façon externe par un comportement observable ; en d'autres termes, il y a apprentissage lorsque l'individu donne une réponse correcte, c'est-à-dire, manifeste un comportement attendu, à un stimulus donné.

Le modèle comportementaliste, fondé sur le conditionnement des comportements observables, a surtout inspiré l'enseignement programmé de type linéaire skinnerien ou arborescent crowderien (le modèle ou parcours crowderien est un réseau d'unité d'apprentissage dans lequel l'apprenant navigue soit de façon libre, soit de façon guidée en fonction de son comportement), ainsi que les premières générations d'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO).

2.2.2 La théorie constructiviste

D'une manière générale, les cognitivistes pensent qu'il y a apprentissage lorsque le sujet traite de l'information. Le constructivisme est une théorie cognitive proposée par Jean Piaget (1896-1980). Pour celui-ci, l'apprentissage consiste en une modification de l'état des connaissances. Il postule l'existence d'une série de structures internes à l'individu et qui au fur et à mesure de sa maturation se développent en donnant la possibilité d'intégrer des données de plus en plus complexes. Il distingue quatre stades du développement qui sont des structures cognitives communes à tous les sujets d'un même niveau et qui évoluent progressivement vers une pensée de plus en plus logique. Tous ces stades successifs bénéficient du rôle primordial de l'action comme moteur de la construction, voire de la reconstruction de la connaissance qui constitue au niveau interne, ce qu'on appelle une représentation, c'est-à-dire, une sorte d'image qu'on se fait de la réalité connue.

Concrètement, la théorie constructiviste peut être schématisée comme suit : le sujet agit sur l'objet, lui-même réagit sur le sujet, et par un mécanisme interne à l'individu, en fonction de sa maturité, cette réaction se traduit, toujours au niveau interne, par la construction de petites structures internes appelées schèmes et plusieurs schèmes s'organisent pour constituer une structure cognitive qui permet d'arriver à un niveau d'équilibration qui permet à l'individu, face à un problème de la vie sociale ou scolaire, d'apporter une réponse correcte, en fonction des besoins qui correspondent à son niveau intellectuel. Cette équilibration est suivie d'une déséquilibration chaque fois qu'on est à court de ressources et qu'on n'arrive pas à résoudre un problème. C'est par ce processus d'équilibration et de déséquilibration que se construisent les apprentissages.

Le constructivisme piagétien suppose que le sujet construit sa connaissance au fil d'interactions incessantes avec les objets ou phénomènes. Piaget insiste sur le rôle du processus d'assimilation et d'accommodation : le premier permettant d'assimiler les nouvelles connaissances à celles déjà en place dans les structures cognitives et la deuxième permettant une transformation des activités cognitives afin de s'adapter aux nouvelles situations.

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. »

2.2.3 La théorie cognitiviste

La psychologie cognitive est une autre théorie cognitiviste née dans les années 1960 aux USA, toujours en réaction au behaviorisme. Pour Jacques Tardif (1997), la psychologie cognitive, contrairement au behaviorisme, doit avoir pour tâche d'analyser les conditions qui créent les

probabilités les plus élevées de provoquer et de faciliter l'acquisition, l'intégration et la réutilisation des connaissances. Ce courant est donc orienté vers une analyse des processus de traitement de l'information en vue d'une compréhension et d'une reproduction. Elle se pose la question de savoir comment les humains perçoivent, comment ils gèrent leurs interactions avec l'environnement, comment ils apprennent, comment ils parviennent à réutiliser l'information qu'ils ont intégré en mémoire à long terme, comment ils transforment leurs connaissances d'une situation à une autre ? Dans le contexte éducatif, la psychologie cognitive se préoccupe à la fois des stratégies d'apprentissage de l'apprenant mais aussi des stratégies du maître ; l'un comme l'autre étant impliqués dans un système de traitement de l'information. Elle se fonde sur les principes de base suivant :

- L'apprentissage est un processus actif et constructif.
- L'apprentissage est l'établissement de liens entre les nouvelles informations et les connaissances antérieures.
- L'apprentissage requiert l'organisation constante des connaissances.
- L'apprentissage s'effectue à partir de tâches globales allant du général au particulier d'où une approche déductive.

En substance, la psychologie cognitive intègre les démarches constructivistes en ce sens qu'elle fait de l'activité de l'apprenant une des bases de l'apprentissage. Ce courant distingue trois catégories de connaissances et cette catégorisation est d'un apport important dans les activités d'apprentissage puisqu'elle aide l'enseignant à pouvoir mettre en œuvre des démarches conséquentes avec la nature des connaissances à construire.

Les principes de psychologie cognitive sont adaptés et incorporés dans la modélisation de l'apprenant, pour suivre l'état de la mémoire de l'apprenant, afin d'adapter des stratégies pédagogiques aux besoins de l'apprenant entre autres en lui proposant des contenus pertinents à réviser au moment approprié (Virvou et Manos, 2003; Kay, 2000). De nombreux chercheurs ont appliqué les théories cognitives à la modélisation dans des mesures diverses (Dimitrova et Bontcheva, 2003; Dimitrova et al., 2000; Labidi et Sérgio, 2000).

Le modèle cognitiviste, fondé sur le traitement logico symbolique de l'information, a surtout inspiré les générations de l'EIAO (Enseignement ou Environnement Intelligent Assisté par ordinateur).

2.2.4 Justification du choix des théories d'apprentissage

La principale raison du choix des théories précédemment présentées réside dans le fait qu'elles sont à l'heure actuelle encore, les plus éprouvées en matière de développement des EIAH et qu'elles sont relativement transposables, comparativement par exemple aux théories plus récentes à l'instar du connectivisme déjà évoqué plus haut, pourtant développées en réaction aux limites du comportementalisme, du constructivisme et du cognitivisme.

En effet, l'implication directe de la théorie comportementaliste dans le développement dans les EIAH est la prise en compte des interactions entre le logiciel et l'apprenant, à travers la conception des stimuli (fonctions du didacticiel) adéquats pour susciter des comportements observables en vue d'évaluer l'apprentissage dans un contexte d'enseignement/ apprentissage personnalisé.

En se basant sur la théorie constructiviste, les EIAH développés doivent tenir compte du développement cognitif de l'apprenant. Les activités proposées doivent s'organiser par paliers de complexité croissante et leur réalisation doit impliquer autant que faire se peut, les processus cognitifs de l'apprenant.

Enfin, dans le développement des outils EIAH comme les didacticiels, les principes de la psychologie cognitive peuvent servir pour concevoir les tâches (toujours du général au particulier, adaptées au niveau, à l'environnement et au contexte de l'apprenant) à effectuer par l'apprenant et pour orienter notre démarche par rapport au type de connaissance que nous souhaitons construire (notre didacticiel mettra de l'accent davantage sur les connaissances de type conditionnelles et procédurales que déclaratives). Ainsi, notre didacticiel doit en outre permettre à l'apprenant de réutiliser les acquis des précédentes activités dans des nouvelles, car l'approche utilisée est une approche d'intégration. Nous appliquerons aussi les concepts de la psychologie cognitive notamment à la conception des interfaces et à l'organisation de l'information à l'écran, pour favoriser sa perception et sa mémorisation par l'apprenant.

2.3 Généralités sur les EIAH

Les Technologies de l'Information et de la Communication ont introduit des nouveaux environnements dans l'apprentissage. Rappelons que ce travail vise *in fine* à construire un environnement d'apprentissage de la chimie pour les classes de 3^{ème} des lycées et collèges de l'enseignement secondaire au Cameroun. Dans cette section, nous voulons définir et clarifier les concepts clés nécessaires à la construction et à la compréhension des environnements d'apprentissage numériques.

2.3.1 Quelques concepts

2.3.1.1 Environnement d'apprentissage

Un environnement peut désigner un espace dans lequel on évolue. Il peut être difficile de définir ce qu'est un environnement d'apprentissage, néanmoins, Bernard Blandin (2007) a dégagé quelques caractéristiques qui semblent importantes pour avoir une meilleure compréhension de cette notion. Pour Bernard Blandin, un environnement d'apprentissage désigne d'une manière très générale, les éléments délimitant les contours et les composants d'une situation, quelle qu'elle soit, au cours de laquelle il est possible d'apprendre, c'est-à-dire, de mettre en œuvre un processus de changement des conduites et/ou des connaissances.

Parmi ces environnements d'apprentissage, on trouve les systèmes informatiques éducationnels, c'est-à-dire, les environnements numériques d'apprentissage (ENA) qu'on appelle maintenant les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) (Tchounikine, 2002). Un EIAH est un environnement informatique qui permet à des agents humains et artificiels, d'interagir autour de ressources formatives, dans une intention didactique (Tchounikine 2002). L'environnement numérique d'apprentissage (ENA) regroupe l'ensemble des applications et logiciels informatiques utilisés au service de l'enseignement et de l'apprentissage. L'expression englobe tant les plateformes de gestion de cours et de gestion de contenu que les logiciels outils (Crepug, 2005). Les EIAH peuvent être considérés comme des moyens pour accroître la qualité des enseignements ou des moyens pour aider les apprenants à apprendre plus efficacement et obtenir un meilleur résultat (Kabassi et Virvou, 2003). Le développement des technologies de l'information et de la communication favorise l'application des EIAH dans la vie

quotidienne. Les EIAH d'aujourd'hui sont si nombreux, allant des jeux éducatifs jusqu'aux outils de soutien, dont les didacticiels.

2.3.1.2 EIAH et didacticiel

Un didacticiel peut être compris comme un programme informatique spécialisé dans l'enseignement d'une discipline, d'une méthode, de certaines connaissances et utilisé en enseignement assisté par ordinateur (EAO). Plus précisément, il s'agit d'un logiciel interactif destiné à l'apprentissage des savoirs (et plus rarement de savoir-faire) sur un thème ou un domaine donné et incluant généralement un autocontrôle de connaissance. Aujourd'hui, on emploie de plus en plus l'expression « logiciels éducatifs » pour désigner les didacticiels. Dans les EIAH, on peut distinguer des plates-formes c'est-à-dire, des dispositifs d'apprentissage distribués, et des outils, c'est-à-dire, des logiciels d'apprentissage. Les didacticiels sont, nous l'avons déjà dit, un des outils EIAH.

2.3.2 Rôle des EIAH et des didacticiels

L'un des objectifs des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) de façon générale, est d'aider les apprenants dans leur démarche d'apprentissage. Un didacticiel est un EIAH dont le rôle est d'atteindre, ou du moins contribuer à mieux réaliser un certain nombre d'objectifs d'enseignements, spécifiés ou non, de différentes natures et de différents niveaux, ou à réaliser des objectifs inaccessibles, ou difficilement accessibles, par d'autres activités d'enseignement. Les didacticiels sont des produits pédagogiques, l'un des outils des technologies de l'information et de la communication pour l'éducation (TICE).

2.3.3 Typologie des didacticiels

Le didacticiel a un sens restreint et spécifique de logiciel pour l'enseignement ; il couvre habituellement une leçon particulière dans une discipline. Dès lors, tout programme informatique qui peut permettre de réaliser un objectif pédagogique, peut être considéré comme un didacticiel et il devient donc assez difficile de faire une typologie universelle des didacticiels. En parcourant la littérature, on se rend vite compte que faire une typologie des logiciels éducatifs aboutit rapidement à une méta-typologie.

Aujourd'hui, avec la sophistication de nouveaux outils de développement tels les systèmes-auteurs, on doit déterminer le type dominant du didacticiel, c'est-à-dire la démarche pédagogique utilisée. Il se peut qu'un didacticiel corresponde à plus d'une catégorie (Robert Bibeau, 1994). Dans un souci de simplicité, nous proposons ci-dessous une typologie basée sur les fonctions du logiciel éducatif. On distingue donc les types de didacticiel ci-après :

- logiciels de résolution de problèmes
- tutoriels
- exercices
- simulateurs
- ludiciels
- logiciels à contenu notionnel
- logiciels qui accompagnent les manuels de base.

2.3.4 Didacticiel et didactique

L'informatique, à travers les EIAH et dont les didacticiels, tente de faciliter les apprentissages. Les travaux sur l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) (Mucchielli, 1987) se réfèrent de plus en plus aux modélisations récentes des processus d'apprentissage. Cependant, l'introduction des TIC en général à l'école engendre de nombreux problèmes (Delwasse et al, 1987), dont celui des attentes des enseignants, espérant un bouleversement de la pédagogie grâce à ces nouveaux outils. Les didacticiels devaient apporter une réelle individualisation des rythmes d'apprentissage, renforcé par la sollicitation systématique de l'apprenant.

Comme le font remarquer De corte et al (1979), la pauvreté des apports réels des TIC dans l'enseignement résulte vraisemblablement d'une méconnaissance des différentes composantes de l'acte didactique de l'EAO en général.

2.4 Développement des EIAH et des didacticiels

La conception d'un didacticiel ou d'un EIAH nécessite un effort particulier dans le domaine de l'interface. En effet, l'apprentissage dans un didacticiel (EIAH) est entièrement basé sur

l'interaction entre le système et l'apprenant, sur les rétroactions pertinentes que ce dernier peut obtenir suite à ses actions.

La conception d'un tel environnement nécessite le respect de trois critères importants :

- l'acceptabilité du logiciel par l'enseignant qui souhaite l'utiliser conformément à ses pratiques,
- l'utilisabilité du logiciel par l'élève qui garantit une prise en main facile, dans son environnement habituel,
- l'adaptabilité du logiciel en fonction du niveau de l'élève.

2.4.1 Architecture d'un EIAH

L'architecture d'un EIAH s'appuie généralement sur quatre modules travaillant en coopération dans un objectif d'apprentissage (Nicaud, 1988) :

- Le *module du domaine d'apprentissage* est le dépositaire des connaissances de l'expert et sait résoudre les problèmes liés au domaine. Il est souvent élaboré sur le modèle des systèmes experts ;
- Le *module de l'apprenant* (absent dans les didacticiels), contient les informations relatives à l'état des connaissances, exactes ou erronées, de l'élève. Sa construction s'établit principalement par comparaisons avec les connaissances de l'expert ;
- Le *module du pédagogue* contient les stratégies d'enseignement parmi lesquelles le système devra choisir la plus adaptée à la situation de l'apprenant. Son élaboration est rarement effectuée de manière autonome, une partie des connaissances pédagogiques (ou didactiques) se retrouvant dans le modèle du domaine et dans la gestion de l'interaction ;
- Le *module de l'interface* définit les interactions possibles entre l'apprenant et le système.

Ce quatrième module n'a cessé de prendre de l'importance dans la conception des logiciels éducatifs.

2.4.2 L'interface d'un EIAH

Afin de faciliter l'exploration libre d'un domaine d'apprentissage par l'apprenant, l'interface d'un didacticiel doit se référer autant que possible à un univers familier de ce dernier, que ce soit au niveau de la convivialité ou des possibilités d'adaptation et de personnalisation.

Bien que les didacticiels, à la différence des tutoriels intelligents (EIAH), ne disposent pas d'un modèle de l'apprenant (MA) explicite, l'utilisateur est cependant pris en compte dans leurs développements. Cette prise en compte est en fait effectuée au moment de la conception de l'interface et se traduit par certains choix d'implantation au niveau des métaphores d'interaction, des modes de présentation des objets du domaine ou des actions disponibles. C'est ce qui est désigné, dans le domaine des IHM, sous le terme de conception centrée sur l'utilisateur (Preece, 1994).

L'objectif d'un environnement d'apprentissage est l'apprentissage d'un domaine et non l'apprentissage d'un environnement. La conception d'une interface, partie visible de l'environnement, doit donc permettre à l'utilisateur de s'approprier aisément les concepts du domaine d'apprentissage sous-jacent. L'utilisateur doit pouvoir retrouver au niveau des commandes disponibles, celles lui permettant de mettre en œuvre des activités liées au domaine d'apprentissage.

2.4.3 Aides et rétroactions

Normalement, les didacticiels ne possèdent pas de MA et ne peuvent donc produire ni message d'erreurs ni indications liées à l'activité en cours. S'il est effectivement impossible de détecter et analyser les erreurs de l'apprenant, il est cependant possible de lui permettre d'en prendre conscience par lui-même en lui fournissant des retours d'information pertinents (*rétroactions*). Le retour d'information dans un didacticiel est le résultat d'une action réalisée par l'utilisateur, rendant compte de l'état du système après son intervention.

L'utilisateur qui exécute une action quelconque doit pouvoir obtenir un retour d'information immédiat, lui permettant de juger de l'adéquation de son action. Il doit percevoir au niveau de l'interface le changement que son action a produit sur les objets du domaine. Si l'effet produit est différent de l'effet escompté, l'apprenant peut alors prendre conscience de l'existence d'une erreur

et être amené à revoir ses actions. Cette erreur peut devenir une partie de l'expérience de l'apprenant.

La perception de l'erreur dépend de la nature de la rétroaction donnée par le système et des connaissances de l'apprenant.

2.4.4 Outils de conception

Historiquement, plusieurs types d'outils ont été mis à la disposition des enseignants pour leur permettre de réaliser par eux-mêmes les logiciels éducatifs, leur donnant ainsi des attributions d'*enseignant concepteur*.

Les premiers d'entre eux sont les langages de programmation classiques. S'ils permettent la conception de n'importe quel type d'environnement pour n'importe quel domaine d'apprentissage, ils nécessitent des compétences informatiques importantes.

Par la suite, Les langages-auteurs ont tenté d'apporter, dès le milieu des années 70, une solution à ce problème de compétence en proposant des fonctionnalités spécifiques à l'écriture de logiciels pédagogiques : description des écrans, analyse de réponses, contrôle du cheminement, ...

Enfin, L'évolution des techniques informatiques (en particulier au niveau des IHM) a permis une amélioration substantielle de ce principe par l'apparition des systèmes-auteurs, véritables générateurs de logiciels éducatifs. En général, ils sont constitués d'un ensemble d'éditeurs dédiés (éditeur de contenus, éditeur de séquencements, ...) et fonctionnent selon deux modes (mode d'édition et mode d'exécution).

Pour le développement du DICOM_3, nous utiliserons un système-auteur, en particulier *ToolBook* de Microsoft. J.M. LEFEVRE (1984), donne la définition suivante : « Un système-auteur est un progiciel pédagogique destiné avant tout à permettre aux enseignants et aux apprenants de faire de l'E.A.O. sans avoir à devenir informaticiens. Ils évitent la phase de programmation informatique des didacticiels. »

2.5 Modèles d'ingénierie pour la conception des EIAH et des didacticiels

Concevoir un EIAH met d'abord en avant des questions de représentation des connaissances, d'interface homme-machine (IHM), d'adaptation à l'utilisateur. Réaliser un prototype, ou un produit, conduit aussi à effectuer de nombreux choix, à prendre un grand nombre de décisions, en général très locales, relatives à un aspect très particulier du logiciel. L'ensemble de ces décisions, qui fait partie de la phase de spécification dans le processus de développement d'un projet tel qu'on l'envisage habituellement en génie logiciel, est plus délicat à expliciter dans un projet de logiciel éducatif, dans la mesure où une partie de ces choix peut s'appuyer sur des connaissances reconnues en didactique ou sur les savoir-faire des enseignants. N. Balacheff (1994) propose le terme de *transposition informatique* pour désigner «*ce travail sur la connaissance qui en permet une représentation symbolique et la mise en œuvre de cette représentation par un dispositif informatique*».

Pour bien développer un bon didacticiel, au-delà de la transposition informatique qui reste fondamentale, il est nécessaire d'identifier les activités de son développement. Il n'est pas exagéré de dire que le *génie éducatif* est à l'intersection du génie pédagogique, du génie logiciel et du génie cognitif. En effet, comme le fait remarquer Bruillard et Vivet (1994), on ne peut évaluer un logiciel éducatif sans séparer les aspects techniques (ingénierie logiciel) et ergonomiques (ingénierie cognitive), des aspects définissant la pertinence pédagogique (ingénierie pédagogique). Ainsi, développer un didacticiel n'est pas la même chose qu'élaborer un programme informatique, en ce sens que le travail de programmation informatique s'intègre dans le travail de programmation pédagogique. Il est par conséquent indispensable de distinguer nettement ses deux activités (entre lesquelles s'insère l'ingénierie cognitive).

2.5.1 Ingénierie pédagogique

Nous l'avons déjà relevé dans cette recherche, l'emploi d'un ordinateur dans l'enseignement peut éventuellement contribuer à mieux réaliser un certain nombre d'objectifs pédagogiques, ou à réaliser des objectifs inaccessibles, ou difficilement accessibles, par d'autres activités

d'enseignement. Mais cela exige un examen attentif de problèmes avant tout spécifiquement didactiques, et non informatiques.

L'ingénierie pédagogique est définie par Berger et Kam (1996) comme « *le développement systématique des spécifications éducatives, en utilisant les théories d'apprentissage et les théories éducatives pour assurer la qualité de l'instruction. C'est le processus d'analyse des besoins et des objectifs d'apprentissage, et le développement d'un système de diffusion pour répondre à ces besoins. Cela inclut le développement des outils d'instruction et des activités, des essais et des évaluations de toutes les activités à la fois de l'instruction et de l'apprenant.* ». Pour Gilbert Paquette (2002), « *l'ingénierie pédagogique est l'ensemble des procédures et tâches permettant de définir le contenu d'une formation. Cela implique d'identifier les connaissances et compétences visées, de réaliser une scénarisation pédagogique des activités d'un cours, et de définir les infrastructures, les ressources et les services nécessaires à la diffusion des cours et au maintien de leur qualité* ».

L'ingénierie pédagogique consiste en le développement systématique de spécifications basées sur les théories de la pédagogie et la didactique pour assurer la qualité du processus d'enseignement /apprentissage. Il s'agit avant tout d'un processus complexe de résolution de problèmes tel que défini dans les sciences cognitives (Newell et Simon, 1972), et parfois étudié comme tel en sciences de l'éducation (Romiszowski 1981, Reigeluth 1983). L'ingénierie pédagogique trouve ses fondations à la fois dans la philosophie et dans la théorie, ainsi que le résume la figure 2. La description de quelques théories de la pédagogie a fait l'objet de la première partie de ce chapitre. Il existe de nombreux modèles de conception pédagogique, dont la plupart reposent sur les plus célèbres, comme le modèle ADDIE, sur lequel nous reviendrons en détail dans le chapitre suivant, où le modèle MISA de Gilbert Paquette.

Dans ce mémoire, nous ne faisons pas, contrairement aux auteurs comme Gilbert Paquette, de différence entre les termes design pédagogique (traduction de l'expression anglaise *instructional design*) et ingénierie pédagogique, ou ingénierie de formation.

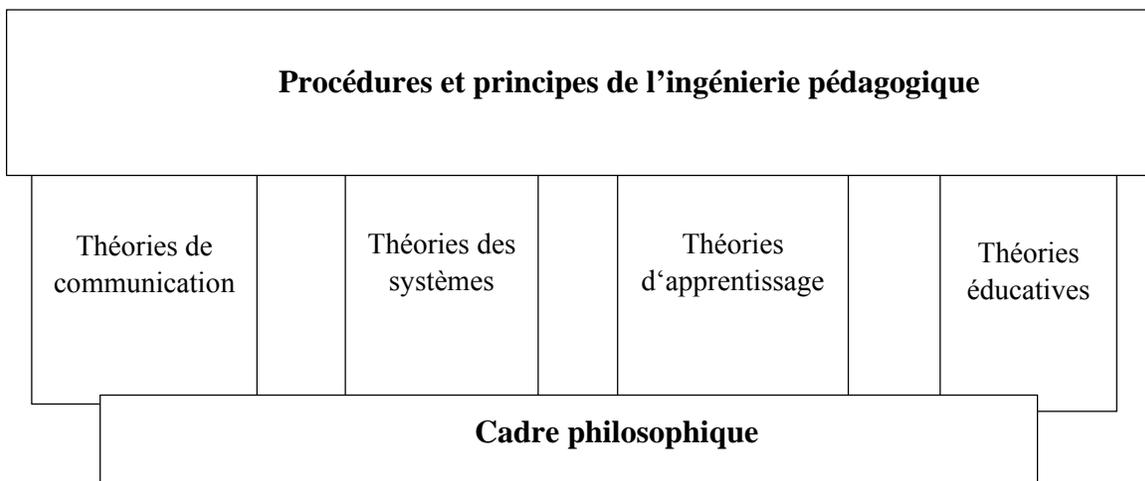


Figure 1: Fondements de l'ingénierie pédagogique

Lorsqu'on met en œuvre un programme informatique, on connaît d'avance, avec certitude, toutes les tâches qui seront remplies par l'ordinateur, en supposant qu'il n'y ait aucune erreur de programmation. Lorsqu'on met en œuvre un didacticiel, on ne peut connaître d'avance, avec certitude, son efficacité, son influence sur les élèves, ses conséquences - qui peuvent dépasser celles qui étaient envisagées, s'avérer toutes autres.

2.5.2 Ingénierie cognitive

L'application des TIC à l'éducation est toujours difficile. La conception d'interfaces pour apprendre continue de se heurter à des difficultés de fond, bien explorées par les théories cognitives.

L'ingénierie cognitive encore appelée l'ingénierie des connaissances, désigne la science du traitement automatique de la connaissance, et les techniques qui y sont associées. Elle étudie les méthodes et les pratiques de développement des systèmes à base de connaissances (McGraw et Harbisson-Briggs, 1989), et implique des opérations telles que l'identification des connaissances, leur explicitation, leur représentation et leur formalisation dans un langage symbolique ou graphique facilitant leur utilisation subséquente. Les processus d'ingénierie des connaissances sont adaptés et spécialisés pour nous aider à définir le contenu, les activités et les scénarios pédagogiques, les matériels pédagogiques, ainsi que les processus de diffusion du système d'apprentissage. L'ingénierie cognitive a été appliquée en éducation sous la forme de

systèmes tutoriels intelligents (Wenger 1987) destinés à l'apprentissage individualisé, mais aussi dans des systèmes experts en design pédagogique destinés aux concepteurs (Merrill, 1994; Spector et al., 1993).

La conception d'une interface, partie visible de l'environnement, doit permettre à l'utilisateur de s'approprier aisément les concepts du domaine d'apprentissage sous-jacent. La question de la qualité de l'interface n'a cessé de prendre de l'importance dans la conception des logiciels éducatifs, entraînant l'émergence d'une nouvelle voie dans le développement de ceux-ci, à savoir, une voie centrée sur l'apprentissage comme résultat de l'expérience de l'apprenant et de sa libre interaction avec le système et non plus sur le désir de reproduire dans un système informatique le comportement de l'enseignant face à l'élève. Ainsi, Balacheff (1994) affirme que l'enjeu de l'intelligence artificielle dans le champ de la didactique n'est pas que l'ordinateur se comporte comme un enseignant mais qu'il soit capable de créer des conditions favorables à la CONSTRUCTION par l'apprenant de connaissances en référence à un objet d'enseignement, et ceci en lui assurant des interactions et rétroactions pertinentes. En appliquant des techniques d'ingénierie cognitive au domaine du design pédagogique lui-même, nous identifions les concepts, les processus et les principes d'ingénierie pédagogique. Les sources d'expertise sont puisées à la fois dans les théories et les modèles de design pédagogique en sciences de l'éducation, ainsi que dans les concepts, les processus et les principes du génie logiciel et du génie cognitif.

Ainsi, la conception d'une interface ergonomique (adaptée à l'apprenant), doit intégrer les résultats issus de l'ingénierie de la cognition, pour expliquer et prédire le comportement de l'apprenant. Selon Norman (1988), tout concepteur soucieux des réactions de ses utilisateurs se trouve confronté à trois univers différents de représentation cognitive à harmoniser : l'univers des représentations de la tâche propres au *concepteur* ; l'univers des représentations graphiques et symboliques (objets, fonctions, procédures) telles qu'il les propose dans *l'interface* selon l'image qu'il se fait de l'utilisateur face à la tâche ; l'univers des représentations mentales et des actions de *l'utilisateur* quand il met en œuvre les précédentes en fonction de ses dispositions personnelles, des configurations de la tâche et du logiciel.

2.5.3 Ingénierie logicielle

Le *génie éducatif* et le génie logiciel ne sont pas deux domaines en opposition mais complémentaires : ils partagent le même objectif (la conception d'un logiciel), la même problématique (la prise en compte des besoins du client), ...

En génie logiciel, le cycle de vie d'une application informatique permet de décomposer le processus de développement selon une série d'activités couplées entre elles, partant du besoin initial pour arriver au produit final. Quels que soient les modèles de cycle de vie utilisés, ils consistent en un minimum de cinq phases (Davis, 1988) :

- la phase de *définition* ou *spécification* qui permet, à partir d'un cahier des charges, d'obtenir une description détaillée du comportement externe du système,
- la phase de *conception* qui permet de décomposer le système en modules indépendants,
- la phase de *réalisation* qui concerne le développement de chaque module et leur intégration dans le système,
- la phase de *test* qui permet d'évaluer et de valider les caractéristiques du système,
- la phase *d'exploitation* qui permet la diffusion, l'utilisation et la maintenance du système.

Dans un didacticiel, ce qui est de nature algorithmique, au sens strict, c'est le processus de présentation et d'enchaînement, au moment voulu, des différents éléments constitutifs du produit pédagogique, et ce sont les procédures de détection, reconnaissance et traitement de différents types de comportements d'élèves, leurs cheminements, messages, réponses, requêtes, activités, dans la mesure où ils ont été formellement prévus - les comportements non prévus faisant de toute façon l'objet d'une réaction programmée, plus ou moins standardisée, de l'ordinateur.

Les méthodes de conception d'un didacticiel sont directement inspirées de celles du génie logiciel ou de façon plus large, des systèmes d'information. En effet, comme tout système d'apprentissage, un didacticiel est un système d'information (avec des acteurs, des processus, des produits, des principes d'opération...). Ces méthodes décrivent précisément les produits de ces processus, valorisent l'architecture du système d'apprentissage et préparent soigneusement la mise en place, ainsi que la diffusion et l'utilisation du système d'apprentissage ou du didacticiel.

Au cours de l'élaboration d'un didacticiel, le travail proprement informatique se situe essentiellement dans ce que Jacques Fiszer (2005), a appelé la phase opérationnelle qui comprend cependant, des travaux d'ordre pédagogique. Cette phase opérationnelle consiste pour l'essentiel en la réalisation informatique et technique du produit pédagogique, et en la mise en œuvre du didacticiel.

2.6 Intégration des TICE à l'enseignement de la chimie

2.6.1 Importance des activités de laboratoire dans l'enseignement de la chimie

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 chimie au Cameroun où l'APC est en pleine expérimentation au premier cycle. La logique inductive conçoit des représentations générales à

partir de faits particuliers, ce qui correspond à l'approche proposée par l'APC. À l'opposé, la logique déductive, se base sur des axiomes ou des définitions afin de les appliquer à la réalité (figure 1).

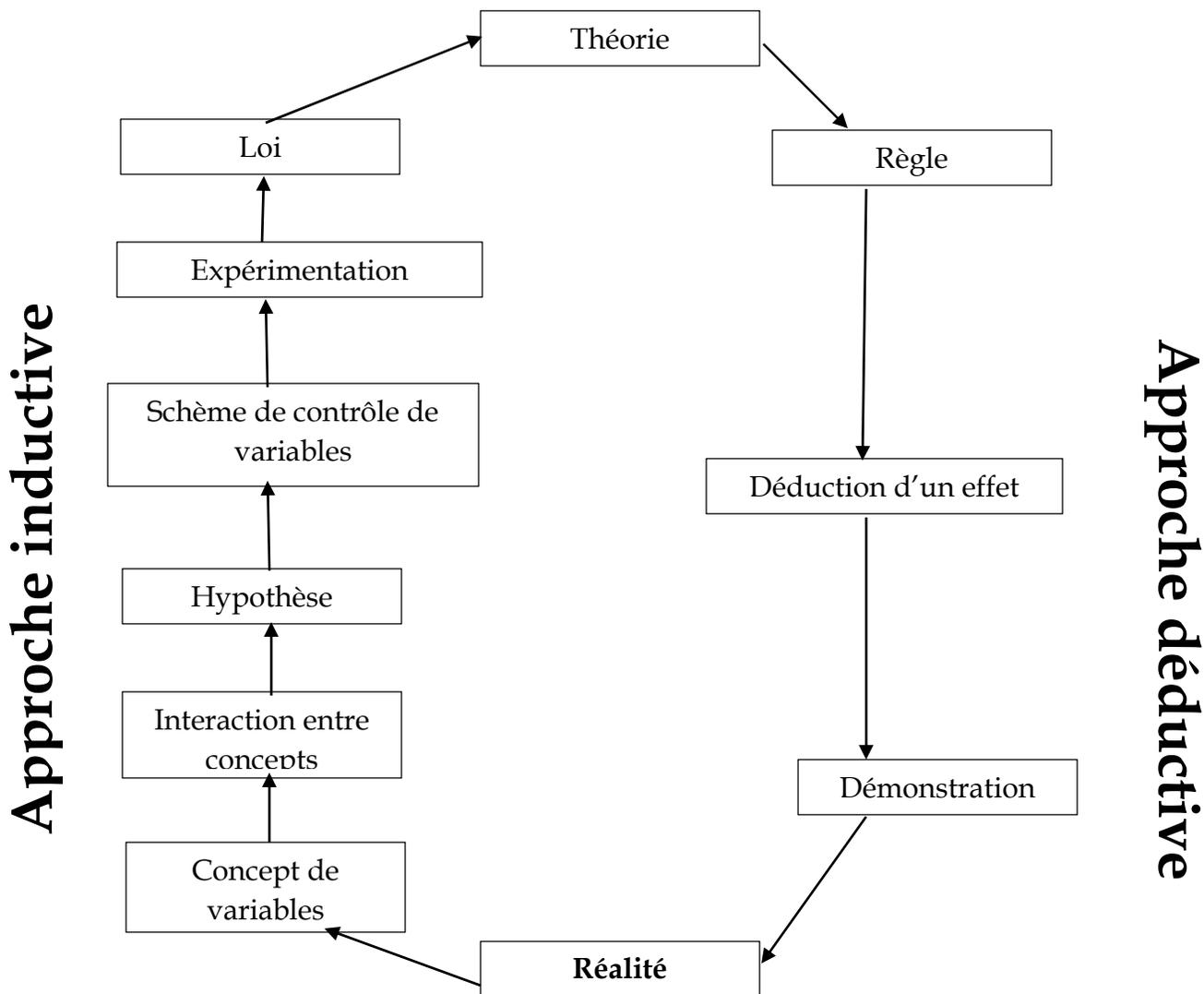


Figure 2: Démarche inductive et déductive

En somme, l'activité scientifique en laboratoire (ou de manipulation) est primordiale pour la compréhension des concepts scientifiques développés en chimie, puisqu'elle permet aux élèves de manipuler, d'essayer, de confronter leurs conceptions, d'analyser, etc.

2.6.2 Utilisation des TIC dans l'enseignement de la chimie

La présence des TIC dans le programme de formation camerounais représente une occasion intéressante pour l'enseignement de la chimie, qui est une science expérimentale. 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, 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 (liaison des atomes, mouvement des électrons). Ces nouvelles possibilités permettent d'améliorer l'enseignement de la chimie dans les écoles.

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. 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 donc de la chimie, 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 le didacticiel sous ses différentes formes, semble avoir le plus grand impact sur l'apprentissage.

2.6.3 Bénéfices associés aux EIAH et aux didacticiels

Nous avons déjà dit que l'avantage principal des EIAH est d'aider les apprenants dans leur démarche d'apprentissage et de contribuer à réaliser un certain nombre d'objectifs pédagogiques.

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

1. Les didacticiels permettent d'envisager le phénomène complet.
2. Les didacticiels permettent de représenter graphiquement le phénomène dans un délai très court.

3. Les didacticiels permettent l'observation de plusieurs représentations d'un même phénomène.
4. Les didacticiels permettent la prise de plusieurs mesures en même temps grâce à plusieurs capteurs.
5. Les didacticiels permettent à l'élève d'avoir plus de temps pour réfléchir car ils le libèrent 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.

2.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques théories pédagogiques en indiquant l'influence de celles-ci sur l'élaboration de notre didacticiel ; nous avons aussi renforcé notre idée initiale en nous basant sur les recherches antérieures sur l'intégration des TIC à l'enseignement de la chimie, et nous avons présenté brièvement les deux principaux éléments de notre cadre conceptuel à savoir les généralités sur les didacticiels et les principales activités du développement d'un didacticiel. Ces éléments seront utilisés dans la description de notre méthodologie de recherche, objet du chapitre 3.

CHAPITRE 3

Matériel et méthodes

La méthodologie de la recherche présentée ici est un modèle de recherche qui supporte le développement d'un outil technologique dans le domaine de l'éducation. Dans ce chapitre, il nous a semblé indispensable de présenter le type de notre recherche, à savoir, la recherche développement. Nous exposons ensuite sur notre méthode de travail et nous présentons les modèles et outils que nous avons utilisé pour la conception et la réalisation du DICOM_3.

3.1 Conception de l'étude

La conception et le développement d'un didacticiel de chimie pour les classes de 3^{ème} correspond clairement aux caractéristiques d'une recherche de développement. La littérature donne certaines indications concernant les étapes d'une recherche de développement.

Pour Loisel et Harvey (2007), « *La recherche de 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.* »

Nonnon (1993), précise qu'en recherche universitaire, la recherche de développement doit s'enrichir de considérations théoriques. Il soumet un modèle de recherche de développement qui va dans le même sens que Loisel 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 de développement oblige le chercheur à enrichir son idée initiale par des considérations théoriques issues de la recherche. 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 de recherche schématisé sur la figure ci-après, qui a été retenu pour notre travail.

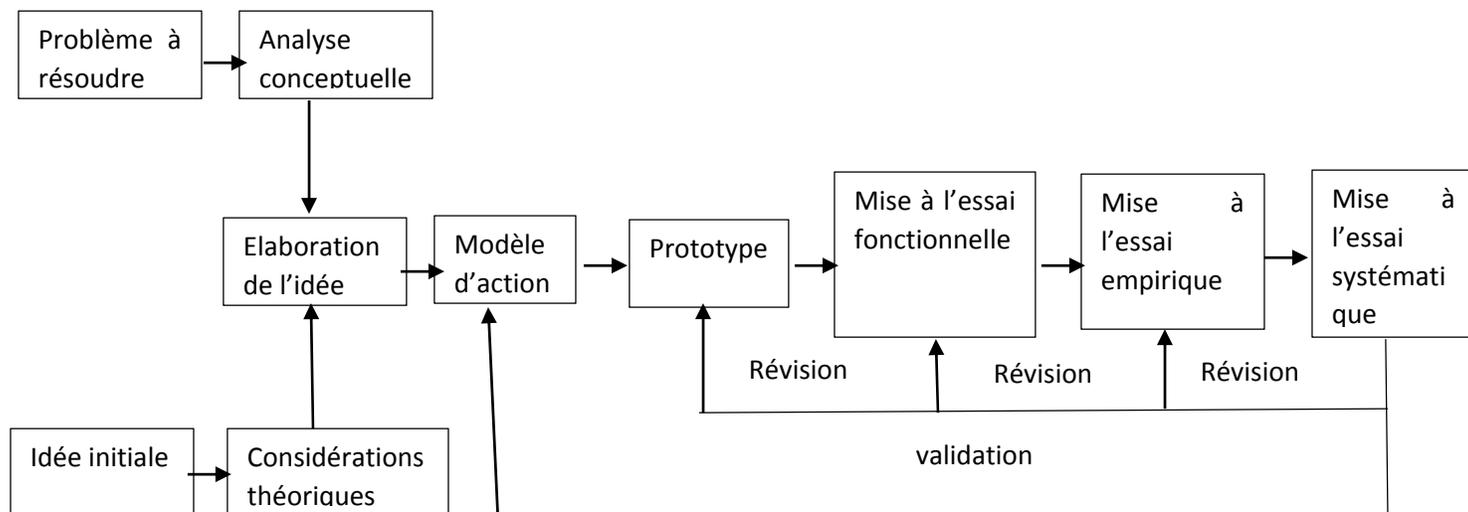


Figure 3: Modèle de recherche de développement de Nonnon (1993)

3.2 Population cible

Le DICOM_3 est principalement destiné aux élèves de la classe de 3ème de l'enseignement général au Cameroun. Toutefois, les enseignants peuvent se référer pour l'enseignement de la chimie.

L'exploitation des résultats de l'enquête que nous avons menée auprès de 278 élèves des classes de troisième dans nos différents lycées de stage (notamment les lycées d'Ekounou, de Ngoa-Ekelle et d'Etoug-Ebe) révèle que la moyenne d'âge de la cible principale est de 14 ans et est donc au stade des opérations formelles (dernier stade de développement chez Piaget ou l'enfant se caractérise par une capacité à faire des raisonnements hypothético-déductifs et peut commencer même à établir des relations abstraites) et que cette population cible connaît l'ordinateur mais ne sait pas ce qu'est un didacticiel et n'a pas encore eu l'occasion d'en utiliser.

La technique d'échantillonnage que nous avons choisie est fondée sur les travaux de Paul F. McCawley sur les méthodes d'évaluation des besoins pédagogiques. Cette technique indique que, sur une population de 1000 élèves, il faut choisir un échantillon de 278 avec une marge

d'erreurs de 5% et un taux de réussite de 95%. C'est ce qui justifie l'utilisation de 278 représentants dans ce travail.

3.3 Procédure

3.3.1 Procédure de conception pédagogique : le modèle ADDIE

Il existe de nombreux modèles de conception pédagogique (MISA, R2D2...). Nous avons choisi dans le cadre de ce projet, le modèle ADDIE, représenté dans le diagramme de la figure 4. C'est un processus itératif d'ingénierie pédagogique en cinq phases, dans lequel les résultats de l'évaluation formative de chaque phase peuvent conduire l'ingénieur pédagogique à revenir sur n'importe laquelle des phases précédentes ; le produit final d'une phase est le produit initial de la phase suivante. La principale raison du choix de ce modèle pour le développement du DICOM_3 est qu'il s'agit d'un modèle générique (utilisable pour de nombreuses applications), itératif, et dont les phases sont proches de celles des processus itératifs de développement des logiciels ; le modèle admet aussi une grande agilité.

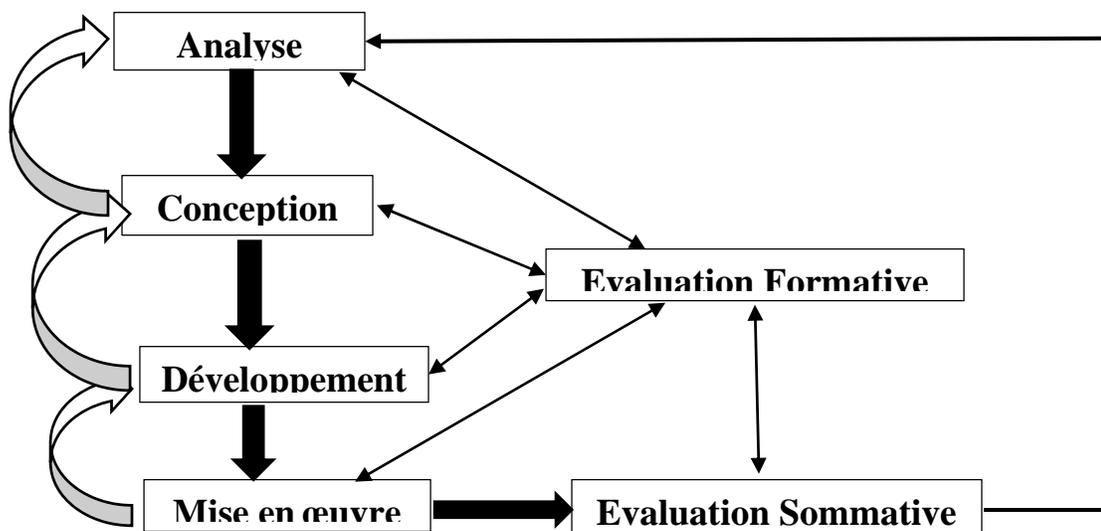


Figure 4: Les cinq étapes du modèle ADDIE

Le tableau ci-après résume les activités des différentes phases du modèle ADDIE :

Tableau 1: Activités des différentes phases du modèle ADDIE

Phase	Activités
Analyse	<ul style="list-style-type: none">- Analyse des besoins- Analyse du public cible- Analyse des thèmes et des tâches
Conception	<ul style="list-style-type: none">- Objectifs d'apprentissage- Séquençage- Stratégie pédagogique- Modalités de formation- Stratégie d'évaluation
Développement	<ul style="list-style-type: none">- Elaboration du contenu- Développement du didacticiel
Implémentation	<ul style="list-style-type: none">- Installation et diffusion- Gestion des activités des apprenants
Evaluation	<ul style="list-style-type: none">- Réactions- Apprentissage- Comportement- Résultats

3.3.1.1 L'équipe de travail

L'élaboration d'un didacticiel est un bon exemple de travail collaboratif en ce sens que la création du projet fait appel à des capacités dans certains domaines, notamment technologique, pédagogique et didactique. Afin de bien accomplir les activités du modèle ADDIE, nous sommes constitués comme suit :

Concepteurs pédagogiques (CP): composés essentiellement des principaux auteurs de ce mémoire, nous sommes responsables de la stratégie pédagogique dans son ensemble. Nous avons travaillé avec les principaux acteurs pour comprendre les objectifs d'apprentissage, et avons collaboré avec les experts en la matière pour définir les compétences et connaissances qui doivent être abordées dans le cours. Le choix de la stratégie pédagogique appropriée et la définition des stratégies de diffusion et d'évaluation relèvent également de notre compétence.

Les CP sont également responsables de la conception des activités et des matériels d'apprentissage numérique qui feront partie du cours, y compris le développement du story-board. Lors de cette étape, le contenu fourni par les experts en la matière (EM) est révisé en adoptant une

approche pédagogique et combiné avec des éléments multimédias et des techniques pédagogiques qui facilitent et favorisent le processus d'apprentissage.

Experts en la matière (EM) : nos EM sont des enseignants de Chimie ayant exercé au moins trois ans comme enseignant en salle et ayant eu à tenir des classes de 3^{ème}. Leur rôle est de nous apporter les connaissances et l'information nécessaires pour réaliser le didacticiel. Les EM ont également élaboré le contenu et ont collaboré à la conception et à la définition des stratégies d'évaluation.

Spécialistes en informatique (SI) : pour l'essentiel constitués des auteurs de ce mémoire. Nous nous sommes aussi entourés des ressources humaines nécessaires pour aider à la création de ce didacticiel.

Le diagramme de la figure 5 montre la sphère de responsabilité des différents intervenants dans le processus ADDIE, mis en œuvre dans l'élaboration du DICOM_3 et comme on peut le voir, il a été question de collaboration entre les différentes équipes tout au long du processus. La différence se situe dans les rôles tels que nous les avons décrits plus haut.

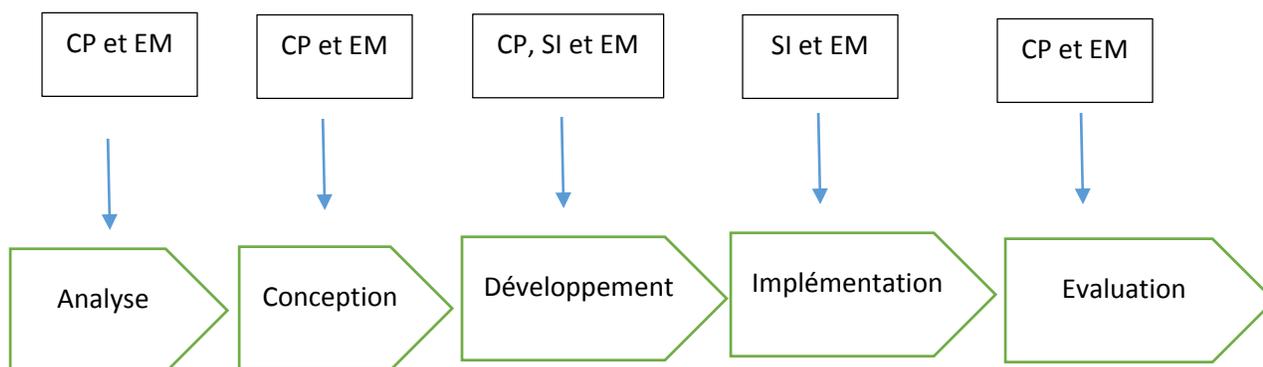


Figure 5: Responsabilités des principaux intervenants dans le processus ADDIE

3.3.1.2 Analyse technique

Le projet DICOM_3 est une initiative d'apprentissage numérique pour l'élaboration d'un didacticiel sur les constituants de la matière en classe de 3^{ème}, développé par les auteurs de ce mémoire de fin de formation pour l'obtention du DIPES II, qui ont adopté le modèle ADDIE comme modèle d'action pour le développement dudit didacticiel.

La nature même de la leçon sur les constituants de la matière (atome, ion et molécule), est telle que le DICOM_3 dans la typologie qui a été faite plus haut dans ce travail, est de type **tutoriel/exerciseur**. Il s'agit d'après nos EM, des fondamentaux pour élèves de la classe de 3^{ème}. Les activités de mise en évidence des constituants de la matière sont de la physique et encore pas évidente à mettre en œuvre par des expérimentations. Même virtuellement, c'est difficile à faire car les représentations que l'on peut utiliser **S'IMAGINENT** à la base de l'information telle qu'elle est donnée dans la fiche des activités que vous trouverez en annexe de ce mémoire.

Les compétences (exigibles ou non) en cours d'apprentissage, à propos des «constituants de la matière», sont dans le programme officiel de l'enseignement de la chimie en classe de 3^{ème} au Cameroun, dont un extrait se trouve en annexe de ce mémoire.

3.3.1.3 Analyse pédagogique

Elle consiste en une description sous forme d'objectifs et de stratégies pédagogiques de notre démarche en fonction du cheminement prévu pour l'apprenant (élaboration des modèles pédagogique et didactique). Des langages de modélisation pédagogiques (EML) existent et l'approche que nous avons voulue dominante dans cette modélisation est l'**approche par les activités**, qui s'appuie fondamentalement sur les notions d'unité d'apprentissage, d'activité et de scénario pédagogique. Le modèle EML intègre des préoccupations pédagogiques en définissant précisément pour chaque unité d'apprentissage les objectifs et les prérequis pédagogiques.

Dans le cadre de ce travail, cette étape est effectuée en collaboration avec nos EM qui sont des professeurs de chimie, en vue de la négociation d'un accord sur les connaissances implantées dans DICOM_3. Elle a consisté en plusieurs activités, notamment :

- Recensement des notions fondamentales,
- Description de la séquence pédagogique,
- Découpage en unités logiques de présentation (ULP),
- Mise en place des dialogues (scénarisation pédagogique),

Pour certaines de ces activités de définition du *contexte d'utilisation pédagogique du DICOM_3*, on a utilisé des fiches, consignées en annexe de ce mémoire.

3.3.2 Un développement incrémental par prototypage : le DICOM_3

Comme pour la conception pédagogique, de nombreux modèles de conception de logiciel existent, notamment les modèles dits linéaires (modèle en cascade, modèle en V) et les modèles itératifs (modèle en spirale, modèle par incrément, modèle par prototypage...). Nous décrivons ici le modèle de conception que nous avons appliqué afin de développer DICOM_3 : un projet basé sur la réalisation incrémentale d'un prototype et l'organisation de groupes de travail incluant enseignants de chimie et informaticiens.

Dans ce cycle de production, illustré dans la figure 6, nous séparons nettement les deux domaines relevant d'un travail pluridisciplinaire : la pédagogie où interviennent les enseignants, et le génie logiciel où intervient l'informaticien. Nous retrouvons dans ce schéma les cinq phases du cycle de vie du génie logiciel, réorganisées de manière à prendre en compte la spécificité de notre approche.

L'activité de prototypage prend tout son sens dans ce processus. Elle a pour but de mettre rapidement dans les mains d'un expert un prototype opérationnel et pertinent, c'est-à-dire un prototype qui rende compte de la structure et du comportement du logiciel stable.

Cette procédure de développement est désignée sous le terme de *cycle de production par prototypage incrémental*, au sens de (Boehm 1988). C'est un processus *interactif* et *itératif* de choix de décision entre l'expert en la matière (l'enseignant) et le concepteur pédagogique.

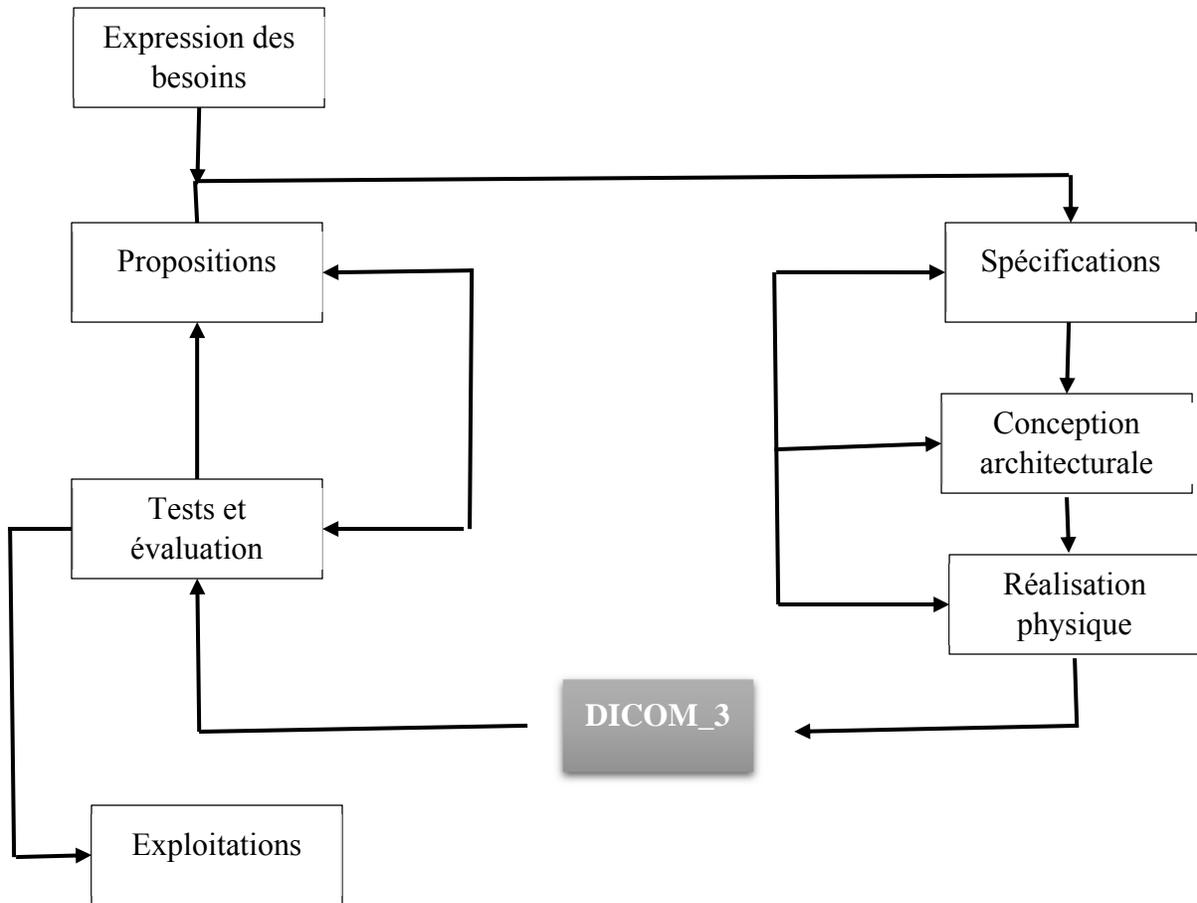


Figure 6: Un développement incrémental par prototypage

3.3.2.1 Cahier de charges

Le travail de conception se fait sur la base d'un cahier de charges. Comme pour les EIAH de manière générale, les spécifications non fonctionnelles des didacticiels sont d'ordre ergonomique (c'est-à-dire d'adaptation de l'apprenant au didacticiel) et de performances (c'est-à-dire d'efficacité sur le plan technique) : il s'agit des contraintes d'interface et d'exécution que le logiciel éducatif doit respecter pour assurer à l'apprenant une meilleure *interactivité* et même une meilleure intercompréhension avec les CP, une meilleure *utilisabilité* (c'est-à-dire la capacité à permettre à l'apprenant d'atteindre FACILEMENT les objectifs) et une meilleure *utilité* (c'est-à-dire l'adéquation aux objectifs haut de gamme de l'apprenant ainsi que la satisfaction des spécifications du didacticiel). Le tableau ci-après résume les besoins fonctionnels et non fonctionnels du DICOM_3 :

Tableau 2: Spécifications fonctionnelles et non fonctionnelles du DICOM_3

Spécifications fonctionnelles	Spécifications non fonctionnelles
- Notionnelle	- Bonne ergonomie
- Exerciseur	- fonctionnel sur les ordinateurs des lycées
- Renforcement	- facilement maintenable et évolutif
- Application	- adaptable aux évolutions technologiques

Pour des besoins de simplicité, le tableau ci-après qui contient le résumé des informations issues de l'étude préalable et de l'analyse, constitue avec le précédent tableau, notre cahier de charges.

Tableau 3: Cahier de charges pour la conception du DICOM_3

Contexte du projet	Mémoire de fin de formation
Population cible	Elèves des classes de 3 ^{ème} / enseignants
Nature du didacticiel	Tutoriel/ Exercices de systématisation
Domaine	Apprentissage de la chimie
Contenu	Constituants de la matière Atomes, molécules et ions
Progression	Chapitre 1
Objectifs	Formation initiale. Transmission de connaissances. Révision, renforcement de connaissances supposées acquises. Contrôle d'acquisition de connaissances.
Nature des activités	Acquisition de connaissances. Mémorisation. Compréhension. Déduction.
Contraintes	Temps de livraison très court
Technique	Utilisation de flash, d'un système auteur pour le développement et implémentation locale.
Moyens humains	CP, EM, SI
Ressources	Programme de chimie au Cameroun, livres de chimie de la classe de 3 ^{ème} , internet
Délais	Délai de dépôt des mémoires à l'ENS
Equipement prévu du public cible	Ordinateur en configuration minimale (SE Windows XP SP2 et plus, Pentium IV et plus), téléphones androïdes.

3.3.2.2 Conception du DICOM_3

DICOM_3 est un logiciel développé sous Windows. A ce titre, nous avons essayé de respecter les directives de Microsoft concernant la création d'une interface graphique : conserver une homogénéité dans les différents éléments de l'interface facilite la prise en main de l'application par tout nouvel apprenant connaissant cet environnement ; c'est le cas de la cible (en effet, tous les ordinateurs de nos lycées respectifs tournaient sous Windows pendant notre enquête).

Après la définition des contextes d'utilisation du DICOM_3, l'étape suivante, plus technique, est le découpage en unités physiques de présentation (UPP). Nous rappelons, que nous utilisons dans le cadre de ce projet le progiciel *ToolBook*, qui est un système auteur. Les CP vont réaliser le découpage technique du DICOM_3 en détaillant le contenu de chacune des pages écrans. Ce travail est fait sur des grilles de dialogue adaptées au système-auteur *ToolBook*.

Pour l'architecture des pages écrans, les CP précisent donc :

- le nom de la page,
- la disposition des textes, couleur, ...,
- pour une page de sollicitation, il va décrire le dialogue :
 - o la (les) zone(s) de réponses apprenant,
 - o les mots-clés pour les réponses attendues,
 - o les jokers envisagés,
 - o le nombre d'essais autorisés,
 - o pour chaque réponse, il décrit l'ensemble des interactions entre l'ordinateur et l'apprenant, l'orientation prévue, ...

Les CP ont aussi défini l'organisation des échanges entre le DICOM_3 et l'apprenant. L'utilisation d'une telle méthode permet de régler quelques problèmes d'ergonomie d'un didacticiel dès la phase de conception.

3.4 Instrument de collecte de données et outils

La création et la diffusion d'un didacticiel nécessitent des moyens technologiques, et différents outils et techniques peuvent servir à produire le contenu d'apprentissage. Les logiciels de création de contenu pédagogique sont des outils spéciaux qui permettent de créer des contenus interactifs. Ils permettent d'insérer du texte, des illustrations et d'autres composants multimédias, tout en fournissant également un cadre pour organiser les pages et les leçons afin de faciliter la navigation. On recourt de plus en plus à des plateformes d'apprentissage notamment pour dispenser des cours aux apprenants et gérer leurs activités en ligne. Les plateformes d'apprentissage sont généralement considérées comme des Systèmes de gestion de l'apprentissage (SGA ou Learning Management System - LMS en anglais) ou Systèmes de gestion de contenu d'apprentissage (SGCA ou Learning Content Management System - LCMS en anglais). Spécifiquement pour l'élaboration du DICOM_3, nous avons notamment utilisé :

- Un **questionnaire** consigné en annexe de ce mémoire nous a permis de choisir la leçon et de construire un modèle d'apprenant, c'est-à-dire les caractéristiques du public cible que nous avons pris en compte dans la conception de l'interface ;
- Des **entretiens** avec des enseignants de Chimie et des élèves des classes de 3^{ème} pour la collecte de données supplémentaires ;
- Des **observations** sur le terrain nous ont permis de confirmer que les élèves connaissent l'ordinateur et qu'ils sont motivés à l'idée de travailler avec cet outil ;
- Le **livre programme** de la chimie de la classe de 3^{ème} pour identifier les leçons et concevoir les contenus ;
- Des **ordinateurs** sous Windows ;
- Le **progiciel ToolBook**. Il s'agit d'un système-auteur, c'est-à-dire, un logiciel intégré comprenant divers éditeurs (de texte, de musique, de séquences audio-visuels, graphique, de dialogue et analyseur de réponses). Ce progiciel permet de produire facilement des didacticiels plus ou moins complexes à l'aide d'écrans de composition.
- Le **logiciel Flash** pour la création des composants multimédias animés.

La réalisation est l'étape 3 du modèle ADDIE, c'est-à-dire la phase la plus concrète dans le processus de mise en œuvre du DICOM_3, réalisation qui satisfait les différents acteurs du projet

du point de vue de l'acceptabilité, de l'utilisabilité et de l'adaptabilité. Le travail a consisté en une composition des écrans, en la standardisation de la présentation du DICOM_3 (charte graphique, interface...), en la définition des interactions. Cette réalisation s'est faite à l'aide du système-auteur ToolBook, et le travail, d'une durée de deux semaines, a été effectué par les auteurs de ce mémoire.

L'utilisation d'un système comme ToolBook permet une réalisation ergonomique des didacticiels tout en faisant des tests et en se focalisant sur ce qui est important : la présentation du sujet d'apprentissage. Ces systèmes aident entre autres à la création et la gestion des contenus, de la navigation, des quiz, et des feedbacks, qui sont des éléments d'interactivité. On peut y ajouter des fichiers multimédia, et des hyperliens ainsi que des objets de navigation permettant aux apprenants de définir leur rythme d'apprentissage.

Le système présente deux niveaux d'opération : le niveau Author, où les applications sont créées et modifiées en utilisant différents outils de développement ; et le niveau Reader, où les applications sont testées au fur et à mesure de leurs développement et qui est aussi le niveau utilisateur.

3.5 Méthode d'analyse des données

Nous avons souhaité faire une évaluation d'impact du DICOM_3, c'est-à-dire une évaluation qui fournisse des informations sur les effets à long terme de son utilisation par les élèves. Pour cela, un autre questionnaire a été soumis aux 23 élèves qui ont essayé le DICOM_3, pour recueillir leurs *degrés d'accord* sous forme d'une échelle de Likert à quatre catégories (***pas du tout (PT)***, ***un peu (P)***, ***assez (A)*** et ***beaucoup (B)***). Par la suite, les résultats obtenus sur cet échantillon que nous reconnaissons non suffisamment représentatifs ont été extrapolés pour correspondre à l'effectif de départ, soit 278.

3.6 Conclusion

Cette recherche a utilisé le modèle de recherche de Nonnon en débutant par une *idée initiale* et des *considérations théoriques*, déjà abordées dans les chapitres précédents. Le projet réalisé est basé sur la méthode ADDIE, une approche dominante de l'ingénierie de formation, tandis que le

développement s'est appuyé sur un cycle de production par prototypage incrémental. Pour l'implémentation concrète du prototype du DICOM_3, on a utilisé l'outil *ToolBook*, qui est un système auteur. Les principales étapes suivies pour cette recherche sont entre autres : revue de la littérature, enquête, analyse et conception, réalisation, et validation.

CHAPITRE 4

Résultats et discussion

Le prototype réalisé a fait l'objet des essais fonctionnels par les EM et empiriques par des apprenants sur des téléphones androïdes. Dans ce chapitre nous présenterons les résultats obtenus lors de la mise à l'essai empirique. Ensuite, nous analyserons les résultats des élèves pour déterminer si le DICOM_3 leur a permis de développer une meilleure compréhension des constituants de la matière.

4.1 Résultats

4.1.1 Le prototype

Nous nous limiterons dans cette section à la présentation de quelques captures d'écrans des interfaces du DICOM_3 dans sa version androïde :

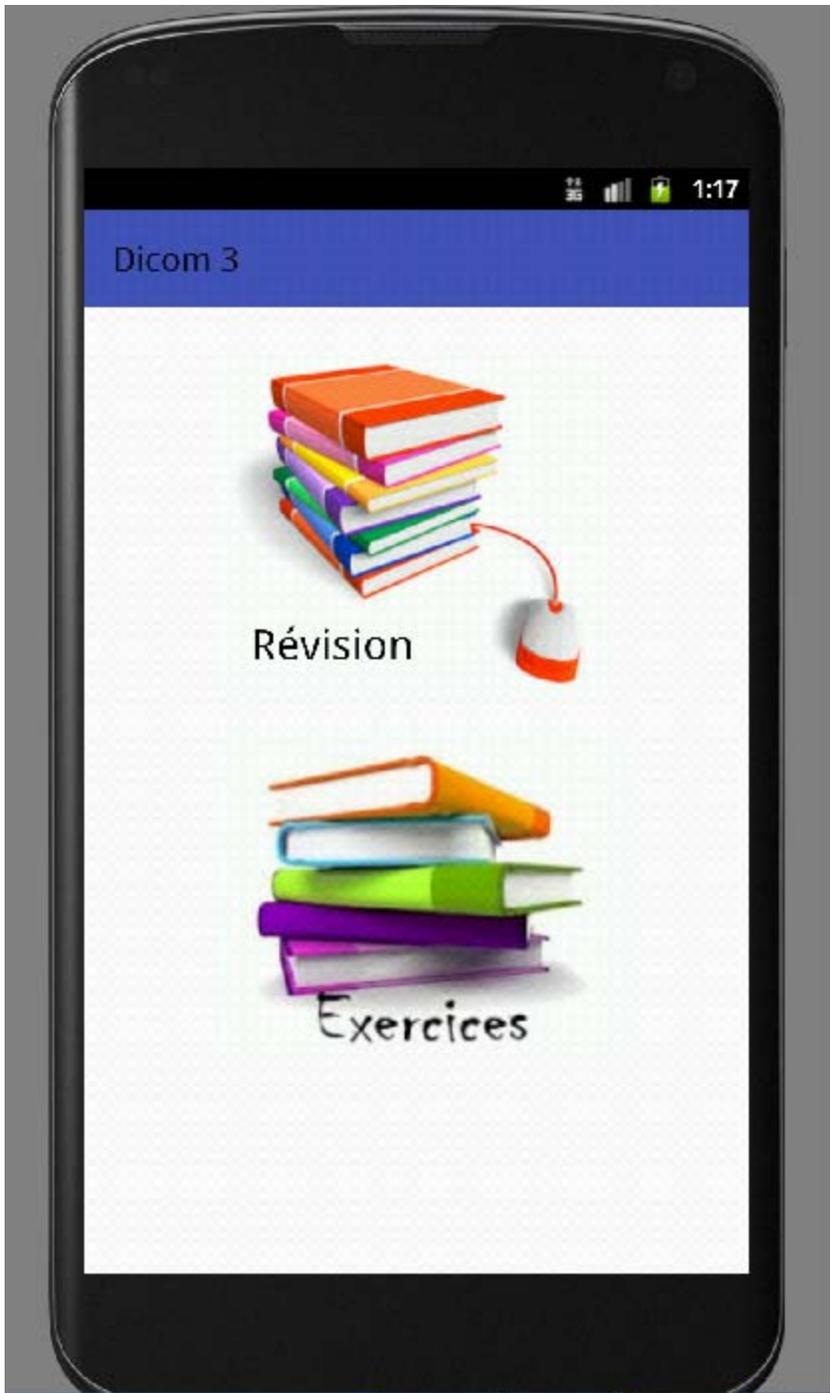


Figure 7: Interface d'accueil du DICOM_3



Figure 8: Aperçu de la fonctionnalité notionnelle du DICOM_3

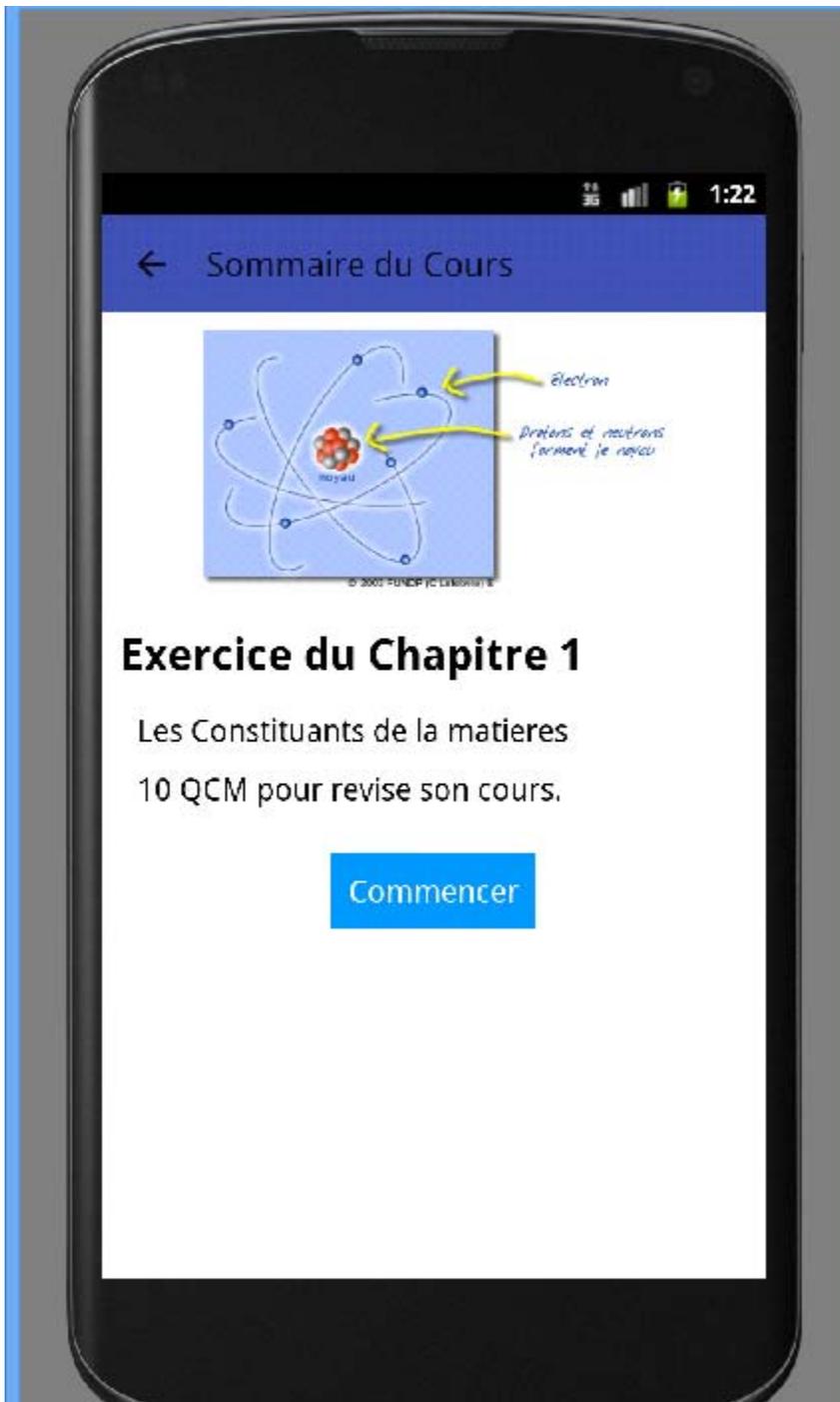


Figure 9: Aperçu de la fonctionnalité Exerciseur du DICOM_3



Figure 10: Aperçu du traitement d'une question par le DICOM_3



Figure 11: Aperçu du résultat de l'auto-évaluation de l'utilisateur avec le DICOM_3

4.1.2 Résultats de l'analyse des données avant la réalisation du DICOM_3

Après cette collecte de données à l'aide du questionnaire, des interviews avec les enseignants de chimie et des observations que nous avons menées, il convient maintenant de les analyser. Pour y arriver nous avons opté pour une méthode d'analyse qui relève de la statistique descriptive à l'aide du logiciel Excel. Il en ressort que la tranche d'âge des enfants de troisième est de 14-15ans, nous avons 55% de garçons et 45% de filles (figure12). Tous connaissent l'ordinateur mais peu sont ceux qui ont déjà entendu parler de didacticiel.



Figure 12 : Répartition de la population cible selon le genre

Nous notons aussi à l'issue de cette analyse de données que 45% des élèves de troisième n'appréhendent pas du tout les notions abordées sur les constituants de la matière et seulement 5% comprennent beaucoup. Les 50% restants étant repartit entre ceux qui se représentent un peu, soit 30% et ceux qui saisissent assez. Nous remarquerons par ailleurs que les garçons comprennent moins que les filles. Lorsque nous répartissons ces pourcentages suivant les genres, nous obtenons l'histogramme de la figure suivante :

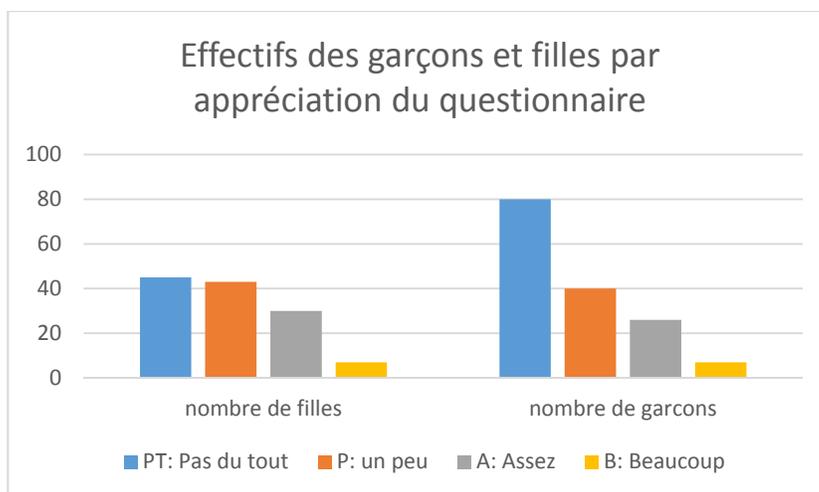


Figure 13: Répartition des résultats de l'enquête suivant le genre de la population et l'effectif de leurs appréciations

Pour un souci de minutie dans l'analyse de ces données, nous avons essayé de connaître les notions sur lesquelles les élèves éprouvent le plus de difficultés d'apprentissage. Il en ressort qu'une grande proportion des élèves ne sait pas du tout comment dessiner le modèle compact de molécule mais, peuvent par contre citer les différents constituants de la matière. Ainsi, la question 10 est la moins comprise puisque représentant le mode des questions les moins comprises et symétriquement la question 4 est la question la mieux comprise. La figure 14 ci-dessous illustre suffisamment ces résultats.

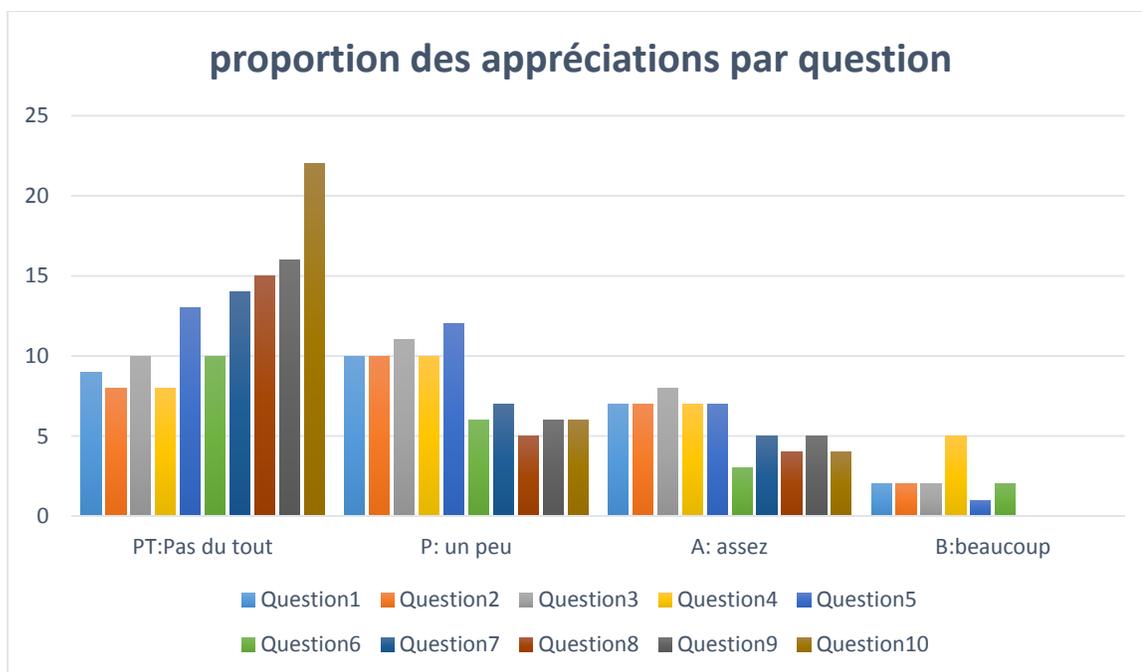


Figure 14: Proportion des appréciations ou réponses des élèves par question.

4.1.3 Synthèse de l'analyse

Cette analyse des besoins et du public cible nous révèle que nous avons des élèves dont la tranche moyenne d'âges est de 14 à 15ans constitués majoritairement de garçons. Ces élèves ne présentent pas beaucoup de difficultés sur le premier panel cognitif suivant la taxonomie de Bloom à savoir la connaissance des termes relatifs aux constituants de la matière. La plus grande difficulté pour ces derniers réside dans l'application de ces données à l'aide de certains outils. Ce qui soit dit en passant correspond au troisième panel cognitif de la taxonomie de Bloom.

Compte tenu de ces résultats, nous nous attarderons dans la suite de ce travail, sur la pratique de l'élève dans la manipulation des constituants de la matière notamment les atomes avec le tableau de classification périodique et les molécules lors de la confection des modèles compacts de ces derniers. C'est pourquoi le volet EXERCICEUR du DICOM_3 sera prééminent lors de sa conception.

4.1.4 Résultats d'analyse des données après la réalisation du DICOM_3

Après avoir réalisé le DICOM_3, il est important de vérifier si le produit répond aux spécifications mentionnées dans le cahier de charges ainsi qu'aux hypothèses de recherche. Pour y arriver et répondre objectivement à ces interrogations, nous utiliserons les mêmes méthodes et instruments d'analyse utilisés pour l'analyse des besoins. C'est ainsi qu'à l'aide d'une méthode directe et quantitative, nous nous servirons des instruments tels que le questionnaire, l'observation et l'interview pour collecter les informations susceptibles de nous montrer l'efficacité du DICOM_3. Pour ce qui est de l'analyse nous procéderons de la même manière que précédemment.

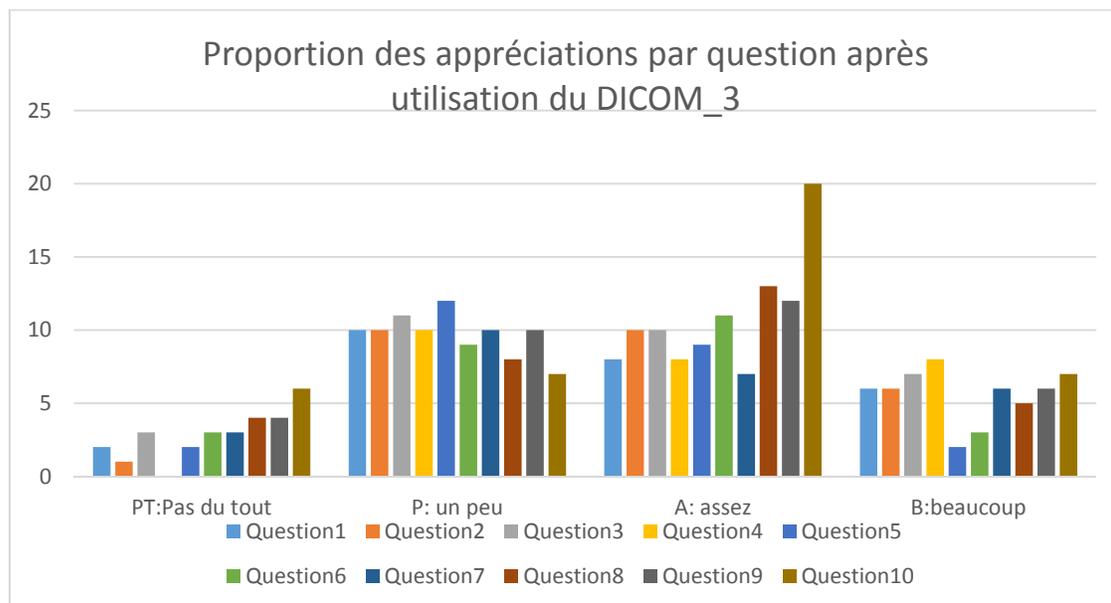


Figure 15: Effectifs des réponses par question et suivant les appréciations des élèves après utilisations du DICOM_3.

De cette seconde analyse, nous remarquons que 10% des élèves n'ont toujours pas du tout compris certaines notions, 35% ont un peu compris et cette même proportion d'élèves a assez compris ; et enfin 20% des élèves a beaucoup compris les notions relatives aux constituants de la matière. Force est de retenir qu'il y a eu une augmentation non négligeable du taux d'assimilation de ces notions ainsi que d'utilisation de ces dernières.

4.2 Discussion

Des analyses précédentes, découle le tableau suivant qui montre l'impact de l'utilisation du DICOM_3 sur les apprentissages des élèves de niveau 3^{ème} ayant pris part à la mise à l'essai empirique.

Tableau 4: Récapitulatif des pourcentages d'élèves obtenus avant et après la réalisation du DICOM_3.

Appréciation	Avant la conception du DICOM_3	Après la réalisation du DICOM_3
PT	45%	0%
P	30%	0%
A	20%	13%
B	5%	87%

Nous pouvons déjà affirmer que le DICOM_3 s'est avéré efficace dans la mesure où il nous a permis d'atteindre les objectifs fixés au départ et de vérifier les hypothèses de recherche. En effet, le DICOM_3 a permis aux élèves de mieux connaître, comprendre et appliquer les différentes notions relatives aux constituants de la matière conformément au programme officiel en vigueur ; ce qui par conséquent a su faciliter l'apprentissage de ces derniers. De plus, l'usage de l'ordinateur constitue une source de motivation extrinsèque chez les élèves, ce qui les prédispose à l'apprentissage et facilite la compréhension. Ceci ajouté au confort qu'éprouve l'élève lorsqu'il manipule le logiciel et exécute ses tâches pour ensuite sa note d'évaluation, nous pouvons dire que le DICOM_3 est une réussite.

Cependant, bien qu'ayant augmenté, le taux des élèves ayant beaucoup compris reste faible. Nous expliquons ce fait par le temps d'adaptation à l'outil ainsi qu'à l'environnement dans lequel cette Apprentissage à lieu au travers des ordinateurs. De plus les l'utilisation des TIC reste une pratique peu commune chez les enseignants de chimie dont le rôle est de guider les élèves dans l'utilisation du DICOM_3, ce qui rend l'apprentissage un peu difficile. Nous notons aussi que le facteur du temps imparti pour la réalisation des tâches de l'enseignant n'a pas été réduit par l'usage du Didacticiel, tout au contraire, il prend plus de temps que lors d'une séance de

dispensation de cours classique. Ceci étant dû au facteur nombre, car pour utiliser le DICOM_3, il faut être seul devant sa machine. Cette condition d'usage implique la division des salles de classes en groupes qui passeront à tour de rôle, chose qui n'est pas évidente.

Néanmoins, force est de retenir que ce didacticiel n'est qu'une première production qui pourra faire l'objet d'une amélioration en vue de pallier à ces diverses lacunes.

4.3 Conclusion

De façon générale, les élèves se sont montrés très satisfaits des activités d'apprentissage qui ont été menées avec cet environnement, notamment l'auto-évaluation et le renforcement en cas de mauvaise réponse. Ils se sont appropriés l'environnement qu'on leur a proposé, avec une facilité surprenante, beaucoup plus rapidement que prévu.

CHAPITRE 5

Implication sur le système éducatif

Dès l'introduction de ce travail, il a été indiqué qu'il s'inscrivait aussi dans un contexte d'intégration des TIC à l'éducation. Dans ce chapitre, nous aborderons dans une première partie, l'implication de notre travail sur le plan pédagogique et dans une seconde partie, l'intérêt sur le plan didactique.

5.1 Implication pédagogique

Dans le contexte d'une pédagogie active, les moyens utilisés sont nombreux et doivent toujours être adaptés au processus de formation. Parmi les plus importants, on peut citer : les exercices multiples et les études de cas, les jeux de simulation et les jeux de rôles, les supports informatiques et autres. Bien que la Pédagogie active repose sur des méthodes et une approche relationnelle de la transmission de connaissances, elle est de plus en plus liée aux évolutions techniques et technologiques. Les établissements scolaires sont de mieux en mieux équipés en moyens informatiques qui interfèrent dans la pédagogie, donnent à l'enseignant à la fois plus de liberté dans l'acte de transmission et génèrent des contraintes inhérentes à toute technique.

L'utilisation du DICOM_3 par l'apprenant lui donne la possibilité d'acquérir des connaissances et de tester ses connaissances en s'autoévaluant au travers des exercices. L'enfant apprend en faisant. Le didacticiel est un moyen simple et efficace pour mettre en œuvre une pédagogie active, cette pédagogie qui permet la construction de compétences que l'on s'est fixée pour objectifs et qui s'inscrit donc dans une démarche de performance, c'est-à-dire, d'évaluation de ces compétences dans une logique de résultat.

Parmi les facteurs déterminants de l'apprentissage, outre les méthodes d'enseignement qui sont conditionnées par les objectifs et les contenus, l'environnement et le rythme d'apprentissage occupent une place importante. Les outils tels que le DICOM_3 offrent des environnements autres que la classe traditionnelle, non assujettis à la contrainte spatio-temporelle ou à la présence permanente de l'enseignant ou du formateur, et où l'apprenant peut effectivement apprendre à son rythme, en étant acteur principal de la construction de son savoir, et où l'enseignant joue son rôle d'organisateur de la construction de ce savoir. De tels outils constituent ce qu'on appellerait à juste titre des environnements d'apprentissage avancés, où l'apprenant, à condition qu'il s'engage à mettre en œuvre des moyens pour mener sa scolarité, reste autonome, mais encadré dans sa démarche.

D'autre part, l'intégration des enseignants disciplinaires dans la création des logiciels éducatifs et des EIAH de manière générale peut être en même temps une opportunité de mieux saisir et de mieux conduire la question de l'intégration des outils TIC à l'éducation.

5.2 Apport du DICOM_3 à l'apprentissage des élèves

Les résultats que nous avons présentés dans le chapitre précédent, obtenus auprès des élèves qui ont participé à la mise à l'essai empirique du DICOM_3 donne une idée que se font les élèves de l'impact que peut avoir ce type d'environnement d'apprentissage sur leurs apprentissages et sur la perception qu'ont les élèves des apprentissages qu'ils ont.

En réalité, l'impact et la perception sont bien corrélés. En effet, pour ce qui est des apprentissages, dans une grande majorité, les élèves croient que l'environnement d'apprentissage qui leur a été proposé les aide beaucoup à apprendre. Ce qui implique en d'autres termes que cet environnement est une motivation pour l'apprentissage de la chimie chez ces élèves, objectif qui était aussi visé par ce travail.

2.3 Conclusion

Les résultats présentés dans le chapitre précédent montrent que le logiciel a plusieurs impacts positifs sur l'apprentissage de la chimie, notamment, la motivation et la définition du rythme d'apprentissage. Ces deux facteurs sont indispensables au processus d'apprentissage dans la mesure où pour apprendre, il faut non seulement avoir la volonté (le rythme) mais aussi, l'envie (la motivation).

CHAPITRE 6

Conclusion et perspectives

L'objectif de notre travail était la conception et la réalisation d'un didacticiel de chimie sur les constituants de la matière en classe de 3^{ème} de l'enseignement général au Cameroun, en adéquation avec les programmes officiels et vis-à-vis des pratiques pédagogiques liées à l'enseignement de cette discipline, en vue de l'intégration de cet outil TIC dans le système éducatif camerounais.

Nous avons réalisé DICOM_3, un didacticiel pour l'apprentissage de la chimie, destinée aux élèves des classes de 3^{ème}. Nous avons proposé trois fonctionnalités : *notionnelle*, *exerciseur*, et *construction* des modèles moléculaires. Cette dernière fonctionnalité est en cours et on peut relever d'autres limites liées surtout à la contrainte *temps*.

Dans le cadre de ce mémoire de fin de formation, qui a utilisé le modèle de recherche développement de Nonnon (1993), seules les mises à l'essai *fonctionnelle* par les EM impliqués dans le projet, et *empirique* par des élèves des classes de 3^{ème} pris de façon totalement aléatoire, ont été effectuées. Les résultats obtenus lors des tests nous emmènent à croire que l'adaptation d'un tel outil au secondaire s'avère pertinent tant au niveau de l'intérêt que portent les apprenants à ce type d'environnement que de l'impact bénéfique que peut avoir l'utilisation de celui-ci sur le processus d'enseignement/ apprentissage, et ainsi favoriser où contribuer à favoriser la mise en œuvre d'une pédagogie active. Au moment où nous rendons ce travail, nous cherchons à prendre en compte les résultats des différentes mises à l'essai et à étendre sa diffusion auprès d'autres enseignants et leurs élèves dans des cadres plus institutionnelles, de manière à valoriser le DICOM_3 et acquérir d'autres informations auprès d'un public différent.

De manière à concevoir un environnement adapté au contexte didactique et utilisable par l'apprenant et l'enseignant, nous nous sommes intéressés à une méthodologie de développement qui permet de prendre en compte les besoins des acteurs tout au long du processus de développement, en adoptant le modèle ADDIE de l'ingénierie pédagogique. Cette prise en compte permanente des besoins s'est concrétisée d'une part par l'instauration d'un cycle de production basé sur le prototypage incrémental, d'autre part, par une intégration, en tant qu'acteur, des enseignants de Chimie, dans le processus de création et ceci, dès la phase de conception. Cette collaboration a été difficile, mais fructueuse.

En terme d'évolution du DICOM_3, plusieurs points peuvent être envisagés selon deux axes de travail : l'intégration des enseignants disciplinaires d'une part et la couverture du domaine d'apprentissage d'autre part. Dans sa version actuelle, DICOM_3 existe en version locale sous Windows et sur androïde, et ne couvre qu'un seul chapitre du programme de l'enseignement de la chimie en classe de 3^{ème} ; son élargissement vers tous les chapitres du programme doit être une perspective d'évolution du logiciel à plus ou moins long terme. Toutefois, cette évolution doit être elle-même corrélée à l'évolution des technologies disponibles : nous pensons en particulier aux autres plates-formes mobiles et aux contenus distribués (évolution de l'outil vers une plate-forme conforme aux normes SCORM).

A plus long terme et de façon progressive mais continue, le développement de tels outils et systèmes d'apprentissage pour couvrir l'ensemble des programmes du secondaire par classe et par matière doit être envisagée. Cette perspective dynamique obéit aux exigences d'une économie numérique à l'éducation.

En conclusion, nous voudrions souligner le renforcement personnel apporté par cette expérience, en particulier la collaboration avec les enseignants de Chimie et le développement d'un prototype opérationnel en adéquation avec les objectifs du programme et facilement transposable aux pratiques pédagogiques personnelles des enseignants. Au-delà de l'apport personnel, l'intégration des enseignants disciplinaires dans la création des logiciels pédagogiques nous semble être la seule, sinon, la meilleure voie amenant à l'intégration effective des TIC dans le système éducatif camerounais.

Bibliographie

- ALTET M. (2006) Les pédagogies de l'apprentissage. Paris, PUF, 231p.
- Astolfi, Jean-Pierre et coll. (1998) Mots-clés de la didactique des sciences. Bruxelles, De Boeck, 195 p.
- Balacheff N. (1994) La transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique. Grenoble, La Pensée Sauvage, 438p.
- Basque J., Maphy I. (1983) Guide de création de didacticiels, Graficor.
- Bruillard E., Vivet M. (1994) Concevoir des EIAO pour des situations scolaires, approche méthodologique. Recherche en Didactique des Mathématiques, 12(1-2) : 275-302.
- Cabrol D., Perche A. (1985), Recherche en didactique de la chimie, ReCoDic.
- Curvat F.(2004) Méthodologie de conception d'environnements informatiques pour l'apprentissage humain à partir d'exemples, mémoire de maîtrise, Faculté des sciences et de génie, Université Laval.
- De Landsheere, Gilbert. (1985) Introduction à la recherche en éducation. Liège, Thone, 311 p.
- Emmanuel J. (2007) Modélisation d'un outil d'acquisition de connaissances destiné à l'enseignant. mémoire de maîtrise, Faculté des sciences et de génie, Université Laval.
- Kabo M.A.B. (2010) Conception et réalisation d'un environnement numérique de travail collaboratif au Département d'Informatique et des Technologies Educatives de l'Ecole Normale Supérieur de Yaoundé. Mémoire DIPES II, Université de Yaoundé I, Ecole Normale Supérieur, Cameroun.
- Kay. (2000) Accretion Representation for Scrutable Student Modelling, Intelligent Tutoring Systems. Montréal, Springer, 2000, 286p.
- Loiselle, Jean et Sylvie Harvey. (2007) La recherche développement et éducation: fondements, apports et limites. Recherche qualitative, vol. 17, no 1, p40-59.
- 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, 369-383.

- Neil Thomas. (2004) *The John Adair Handbook of management and leadership*. India, Replica Press, 232p.
- Nicaud J.F., Vivet M. (1988) *Les tuteurs intelligents : réalisation et tendances de recherches*. *Techniques et Sciences Informatiques* 7(1) : 21 – 45.
- Nonnon, Pierre. (1986) *Laboratoire d'initiation aux sciences assistés par ordinateur*. Montréal: Université de Montréal, 146 p.
- Nonnon, Pierre. (1993) *Proposition d'un modèle de recherche développement technologique en éducation. Regards sur la robotique pédagogique*. Liège: Université de Liège.
- Paquette G. (2002) *L'ingénierie pédagogique*. Quebec: PUQ.
- Paquette G. (2002). *L'ingénierie pédagogique, pour construire l'apprentissage en réseau*. Presses de l'Université du Québec, 457 pages.
- Preece J., Rogers Y., Sharp H., Benyon D., Holland S., Carey T. (1994) *Human-Computer Interaction*. Addison,Wesley, 192p.
- Unesco. (1999) *Rapport mondial sur la communication et l'information*. Disponible sur : <http://www.unesco.org/webworld/wcir/fr/report.html> (visité: 10/ 04/ 2016).
- Virvou M., Tsiriga V. (2000) *Involving Effectively Teachers and Students in the Life Cycle of an Intelligent Tutoring System*. *Educational Technology & Society* 3 (3): 511-521.
- Virvou, M., Manos. (2003) *The Individualizing a Cognitive Model of Students' Memory in Intelligent Tutoring Systems, Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*. Oxford, Springer, 197p.
- Virvou, Manos. (2003) *The Individualizing a Cognitive Model of Students' Memory in Intelligent Tutoring Systems, Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*. Oxford, Springer,397p.

Annexes A : Questionnaire avant et après conception du didacticiel

Le présent questionnaire est conçu à l'attention d'un échantillon suffisamment représentatif de 278 élèves de 3^{ième} des lycées d'EKOUNOU, de NGOA EKELE et d'ÉTOUG-EBE de la ville de Yaoundé. Il est érigé dans le but de mieux cerner les besoins des élèves en chimie sur les constituants de la matière. Soyez honnêtes.

PARTIE I

Cochez votre choix dans la case correspondante pour ce qui est du genre et de la tranche d'âge.

<i>Nom de l'établissement scolaire</i>								
<i>Genre</i>	Féminin				Masculin			
<i>Tranche d'âge</i>	10-12 ans		13-14ans		14-15 ans		Plus de 15 ans	

PARTIE II

Cochez la case correspondante à votre choix. PT : Pas du tout, P : un peu, A : assez et B : Beaucoup.

N°	Connaissances testées	PT	P	A	B
1	Je définis un atome.				
2	Je définis une molécule				
3	Je définis un ion				
4	Je cite les différents constituants de la matière.				
5	Je donne au moins 3 exemples d'atomes, molécules et ions				

6	Je distingue un anion d'un cation				
7	Je calcul le nombre de mole d'une molécule				
8	J'utilise le Tableau de Classification Périodique.				
9	Je dessine la structure d'un atome et ses composants				
10	Je dessine le modèle compact d'une molécule				

Annexe B : Notions fondamentales sur les constituants de la matière en classe de 3^{ème}

- Atome,
- Ion,
- Molécule,
- électron
- Proton,
- Neutron,
- Numéro atomique,
- Masse atomique,
- Nombre de masse,
- Nombre d'Avogadro,
- Mole,
- Liaison covalente,
- Formule brute
- Noyaux,
- Modèle atomique.

Annexe C : Fiche de présentation des constituants de la matière en classe de 3^{ème}

Objectif ou fonction de cette ULP :

Hierarchie des concepts associés à cette ULP :

Prérequis : aucun

Stratégie pédagogique :

Type de didacticiel : Tutoriel/ exerciceur (exercices sous forme de QCM aléatoire)

Type d'apprentissage : l'apprentissage sera adapté à la progression de l'apprenant tout au long des exercices.

Scénario associé :

- Si la réponse est juste,
- Si la réponse est fausse, l'apport des connaissances correspondantes est assuré par les pages de remise en forme des concepts.

Modèle didactique :

Annexe D : Fiche pédagogique

DEPARTEMENT DE PHYSIQUE – CHIMIE – TECHNOLOGIE FICHE PEDAGOGIQUE

LEÇON : Les constituants de la matière

DICIPLINE : Chimie

VOLUME HORAIRE : 03 heures

CLASSE : 3^{ème}

Enseignant :

Matériels : Des Modèles moléculaires ; un tableau de classification périodique, une balance, des échantillons de corps purs (eau, soufre, fer)

Contenus	Savoirs et savoir-faire théoriques	Savoir-faire expérimental	Activités	Evaluation	Durée (min)
I- Notion d'atome, d'élément chimique, 1- Atomes 2- Élément chimique 3- Numéro atomique	Définir Atome, Numéro atomique (Z) et élément chimique. Connaître la notion de symbole chimique		1- qu'est ce qui nous entoure ? R.A. : la matière 2- De quoi sommes-nous faits ? R.A. : de matière 3- Jusqu'à quel point peut-on réduire un bout de craie ? R.A. : pas de limite	1- Qu'est-ce qu'un atome ? 2- Quel est le numéro atomique d'un élément dont l'atome possède 6 électrons ?	35
II- Molécules et Ion 1- Notion de Liaison covalente 2- Notion de Molécule 3- Ions	Définir Liaison covalente, molécules, Ion, cation, anion, ion polyatomique, ion monoatomique. Donner des exemples d'ions ou de molécules avec formule brute Identifier les éléments contenu dans un composé connaissant la formule brute ; Ecrire une formule brute moléculaire ; Dédurre d'un modèle moléculaire la formule brute	Réaliser des modèles moléculaires	1- Comment peut-on aller de l'atome à une molécule ? R.A. : en associant des atomes 2- Une molécule peut-elle être constituée d'atomes différents ? 3- Un atome peut-il perdre des électrons ? ou en gagner ? R.A. : Non, peut-être ; pourquoi perdrait-il ces électrons ?...	1- Soit le composé NH_3 a) Combien de type d'atomes y a-t-il dans cette molécule ? b) Combien d'atomes y a-t-il dans cette molécule ? 2- L'élément de symbole Na perd un électron pour devenir un ion. a) Ecrire l'ion correspondant ? b) Est-ce un cation ou un anion ? c) Est-ce un ion polyatomique ou monoatomique ?	50
III- Classification Périodique des éléments 1- Règle de classification 2- Utilisation du TCP	Enoncé la règle de classification Utiliser le TCP pour retrouver des éléments chimiques			1- Deux éléments A et B ont pour numéro atomique respectif 6 et 11. Lequel apparaît avant dans le TCP ? 2- Trouver le Numéro atomique de l'élément de symbole O en utilisant le TCP	25
III- Notion de Mole 1- Définitions : Mole, masse molaire 2- Relation entre masse et quantité de matière 3- Application	Définir mole, masse molaire atomique ; masse molaire moléculaire ; Enoncer la relation entre masse et molaire ; Utiliser le TCP pour y retrouver les masse molaire ; Calculer la masse molaire d'une molécule connaissant celle des atomes qui le constituent	Peser des échantillons de corps purs.	Qu'est-ce que la masse d'un corps ? R.A. : grandeur qui caractérise la quantité de matière dans ce corps (pré requis de 4 ^{ème}) 2-	1- On considère l'élément de symbole N, trouver sa masse molaire en utilisant le TCP 2- Soit le composé NH_3 en Utilisant le TCP, calculer la masse molaire moléculaire du composé.	45

Annexe E : Extrait du cours proposé par les EM

CHAPITRE 1: LES CONSTITUANTS DE LA MATIERE

Objectifs :

- Définir : atome molécule ion.
- Introduire la notion de mole.
- Entraîner à l'utilisation de la classification périodique des éléments.

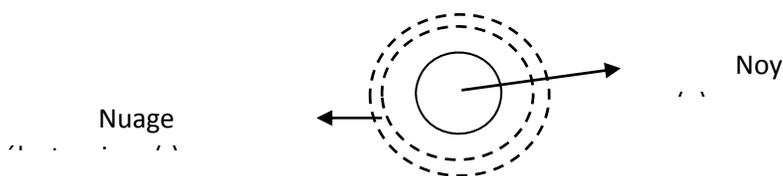
1. Notions d'atome et d'élément Chimique

1.1 les atomes.

L'atome est la plus petite entité représentative de la matière.

L'atome est constitué d'un noyau chargé positivement autour duquel gravitent des électrons chargés négativement.

L'espace autour du noyau dans lequel se déplacent les électrons est appelé nuage électronique ou cortège électronique.



Dans un atome, la charge positive du noyau est toujours compensée par la charge négative des électrons du cortège électronique : On dit que l'atome est électriquement neutre.

1.2 Elément Chimique

Un élément représente tous les entités chimiques ayant le même nombre de charge positive dans le noyau. Il est symboliquement représenté par UN SYMBOLE CHIMIQUE qui est une Lettre majuscule parfois associé à une lettre minuscule.

Exemple de Symbole d'élément chimique :

élément	Symbole
Hydrogène	H
Azote	N
Oxygène	O
Chlore	Cl

Soufre	S
Carbone	C

1.3 Numéro Atomique

Il correspond au nombre d'électron dans l'atome pris à l'état fondamental et est noté Z .

Dans l'écriture symbolique d'un noyau atomique, le nombre Z noté à gauche en indice du symbole d'élément c'est Z

Notation d'un noyau atomique : ${}_Z X$ avec X le symbole et Z le numéro atomique

II- Ions et Molécules

2.1 : Notion de Liaison covalente

La matière est obtenue par assemblage des atomes. Les atomes se rassemblent en établissant entre eux des interactions au niveau de leurs nuages électroniques.

L'interaction entre les nuages électroniques de deux atomes est appelé liaison covalente.

2.2 : Notion de molécule

Les atomes par des liaisons covalentes forment des assemblages de taille diverses qui constitue la matière.

Une molécule est un assemblage d'atomes liée entre eux par des liaisons covalentes.

L'on peut représenter une molécule soit par le modèle moléculaire, soit par sa formule brute. Le modèle moléculaire est un assemblage de maquettes ou de boules colorées symbolisant les atomes.

La formule brute est une formule de composition qui met en exergue les symboles des atomes constituant la molécule, en indiquant (en indice, en bas et à droite) le nombre d'atome correspondant à chaque élément dans la structure de la molécule.

Exemple de formule brute : CO_2 (dioxyde de carbone), H_2 (dihydrogène), Cl_2 (dichlore), SO_2 (dioxyde de soufre), N_2 (diazote), O_2 (dioxygène).

- La molécule d'eau a deux atomes d'hydrogènes et un atome d'oxygène écrire sa formule brute : H_2O .
- La molécule d'ammoniaque a un atome d'azote et 3 atome d'hydrogènes, écrire sa formule brute : NH_3 .

Remarque :

On peut déduire la formule brute d'une molécule à partir des modèles moléculaires.

(Prévoir une activité avec des modèles moléculaires pour déduire des formules brutes)

2.3 : Les ions.

On appelle ions, un atome ou un groupe d'atomes, ayant perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.

Un Cation est un ion positif (atome ou groupe d'atome ayant perdu un ou des électrons)

Un anion est un ion négatif (atome ou groupe d'atome ayant gagné un ou des électrons)

On écrit un ion en indiquant en exposant à droite du symbole de l'atome ou la formule du groupe d'atome le signe $-$ ou $+$. Ces signes sont précédé de chiffre indiquant le nombre d'électrons perdus (quand il s'agit de 1, on ne l'inscrit pas)

Exemple :

Lorsque l'atome de sodium perd un électron, il donne l'ion sodium (Na^+).

- Donner la formule de l'ion calcium sachant que l'atome de calcium (Ca) a perdu deux électrons. Ca^{2+} .

La formule de l'ion aluminium est Al^{3+} . L'atome dont provient cet ion a perdu combien d'électrons ?

L'atome de chlore gagne un électron pour devenir l'ion chlorure (Cl^-). L'atome d'oxygène gagne deux électrons, quelle est la formule de l'ion oxygène ? O^{2-} .

Ion hydronium H_3O^+ ; ion hydroxyde OH^-

Un ion est dit monoatomique lorsqu'il est formé d'un seul atome. Un ion est dit polyatomique lorsqu'il est formé de plusieurs atomes.

III. Classification des éléments.

3.1. Règle de classification

Les éléments chimiques sont regroupés dans un tableau appelé tableau de classification périodique.

Le TCP est un tableau de 18 colonnes et de 7 lignes. Les éléments dans le TCP sont rangés dans **l'ordre croissant de leur numéro atomique.**

3.2 : Activité : Utilisation du TCP

-rechercher le numéro atomique des quelques éléments

IV. La mole.

4.1. Définition.

Rappel : Définition de la masse

La masse est une grandeur physique qui caractérise la quantité de matière dans un corps

La mole est l'unité de mesure des quantités de matière notée mol. La quantité de matière d'un corps se note n.

Une mole d'un corps est la quantité de matière de ce corps qui contient autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atome dans 12g de carbone 12. Dans une mole ce nombre d'entité est appelé Nombre d'Avogadro et vaut $6,02 \times 10^{23}$ entités et est noté N

Exemple : une mole de Na contient $6,02 \times 10^{23}$ atomes de Na

Une mole de H_2O contient $6,02 \times 10^{23}$ molécules d'eau

Une mole de Cl^- contient $6,02 \times 10^{23}$ ions chlorure

- On appelle masse molaire la masse de N entités. Lorsque les entités sont des atomes, on parle de masse molaire atomique ; s'il s'agit de molécules, on parlera de masse molaire moléculaire.
- La masse molaire est noté M et s'exprime en g/mol.

On trouve les masses molaires atomiques dans le TCP.

La masse molaire moléculaire est calculée à partir les masses molaires atomiques des atomes contenu dans la molécule.

Activité : Calculer des masses molaires moléculaires de quelques molécules (H_2O ; NH_3 , CH_4 ; CO_2)

4.2. Relation masse et quantité de matière.

La quantité de matière n d'un échantillon s'obtient en divisant la masse m de cet échantillon par la masse molaire M de l'espèce chimique considérée.

$$n = m/M$$

où m est la masse en (g); M la masse molaire en (g/mol) et n la quantité de matière en (mol)

n (mol), m(g), M(g/mol).

Exemple:

- 1- Calculer la masse molaire moléculaire du composé de formule brute NaCl

2- Calculer la quantité de matière dans 12 g de sel de cuisine sachant que le sel de cuisine a pour formule NaCl.

On donne $M_{\text{Na}} = 23 \text{ g/mol}$ et $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g/mol}$