

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I



ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE YAOUNDÉ
HIGHER TEACHERS' TRAINING COLLEGE OF YAOUNDE

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE ET DES TECHNOLOGIES EDUCATIVES
DEPARTMENT OF COMPUTING SCIENCE AND INSTRUCTIONAL TECHNOLOGY

Année académique 2015-2016
2015-2016 Academic year

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN DIDACTICIEL SUR LA POUSSEE
D'ARCHIMEDE EN CLASSE DE 3^{EME}**

Présenté par :

ALANG France

Licencié en Chimie Appliqué

NEMI ELADA Joseph

Licencié en informatique

YONTCHOU KWANANG Onésime

Licencié en informatique

Soutenu le 24-06-2016

Devant le jury

Examineur
Dr MOTO Serges

Président du jury
Pr ATSA ETOUNDI

Rapporteur
Dr PRISO NDEDI

En vue de l'obtention du diplôme de :
Professeur de l'enseignement secondaire général second grade spécialité :
Informatique

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I



ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE YAOUNDE
HIGHER TEACHERS' TRAINING COLLEGE OF YAOUNDE

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE ET DES TECHNOLOGIES EDUCATIVES
DEPARTMENT OF COMPUTING SCIENCE AND INSTRUCTIONAL TECHNOLOGY

Année académique 2015-2016
2015-2016 Academic year

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN DIDACTICIEL SUR LA POUSSEE
D'ARCHIMEDE EN CLASSE DE 3^{EME}**

Présenté par :

ALANG France

Licencié en Chimie Appliqué

NEMI ELADA Joseph

Licencié en informatique

YONTCHOU KWANANG Onésime

Licencié en informatique

Soutenu le 24-06-2016

Devant le jury

Examineur
Dr MOTO Serges

Président du jury
Pr ATSA ETOUNDI

Rapporteur
Dr PRISO NDEDI

En vue de l'obtention du diplôme de :
Professeur de l'enseignement secondaire général second grade spécialité :
Informatique

DEDICACES

Ce mémoire est dédié à nos parents qui n'ont ménagé le moindre effort tout au long de nos études. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre reconnaissance éternelle. Un merci serait insuffisant pour signifier notre gratitude à leurs égards.

REMERCIEMENTS

Le présent travail est le fruit de plusieurs années d'apprentissage où plusieurs personnes ont participé de près ou de loin. Au terme de ce travail il nous semble de notre devoir de remercier :

- ❖ Le bon **DIEU** qui donne sans mesure
- ❖ **Pr ANDJIGA GABRIEL Nicolas**, Directeur de l'Ecole Normale Supérieure, qui nous offre un cadre propice aux études ;
- ❖ **Pr FOUDA NDJODO Marcel**, chef de département d'informatique et des technologies éducatives pour sa qualité de formation. Merci infiniment.
- ❖ **Dr PRISO NDEDI** pour son encadrement et pour avoir suivi ce travail de bout en bout.
- ❖ Tous les enseignants du DITE : **Pr. ATSA, Dr. AYISSI, Dr. AMOUGOU, Dr. NNGOULAYE, Dr KWENTI, M. EBODE, M. KABO, Mme KABO, M. KAMENI, M NDONGO** pour la qualité des enseignements et pour leur disponibilité ;
- ❖ Aux enseignants d'informatique présents dans les lycées lors de notre passage pour le stage pratique.
- ❖ Aux enseignants de Physique-Chimie qui nous ont fournis les statistiques de PCT de la classe de troisième.
- ❖ Tous les camarades de la promotion, pour leur esprit d'équipe et de solidarité au sein du Département.

A nos familles respectives.

Table des matières

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
ABSTRACT	vii
LISTE DES ABBREVIATIONS	viii
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	x
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	11
I.1 HISTORICITE DES DIDACTIELS DE SCIENCES PHYSIQUES ET TECHNOLOGIQUES	11
I.2 LES THEORIES D'APPRENTISSAGES.....	13
I.2.1 Le cognitivisme	13
I.2.2 Le constructivisme	14
I.2.3 Le modèle allostérique	15
I.2.3.1 L'acte d'apprendre	15
I.2.3.2 Les obstacles à l'apprentissage	16
I.2.3.3 Les conceptions	16
I.3 LES MODELES D'INGENIERIE PEDAGOGIQUE.....	17
I.3.1 Le modèle de Dick et Carey (Dick and Carey Instructional Design Model)	17
I.3.2 Le modèle ADDIE	19
I.4 LES MODELES D'INGENIERIE LOGICIELLE	21
I.4.1 Modèle en cascade.....	21
I.4.2 Le modèle en spirale	21
I.5 INGENIERIE ERGONOMIQUE	22

TABLE DES MATIERES

I.5.1 Analyse ergonomique du travail	23
I.5.2 Evaluation ergonomique	24
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	27
II.1 MATERIEL.....	27
II.1.1 Matériels utilisés.....	27
II.1.2 Logiciels utilisés	27
II.1.3 Langages de programmation:	28
II.2 METHODES	28
II.2.1 Théorie d'apprentissage.....	28
II.2.2 Ingénierie logicielle	28
II.2.3 Ingénierie pédagogique.....	28
II.2.4 Méthodes pour l'analyse et la conception ergonomique	29
II.2.4.1 Analyse ergonomique	29
II.2.4.2 Conception ergonomique	29
II.2.4.3 Evaluation ergonomique	29
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	30
III.1 RESULTATS ANALYSE ET CONCEPTION LOGICIELLE.....	30
III.1.1 Analyse logicielle.....	30
III.1.1.1 Etude de faisabilité	30
III.1.1.2 Analyse des besoins fonctionnels	31
III.1.1.3 Analyse des besoins non fonctionnels	31
III.1.1.4 Analyse des besoins système	31
III.1.2 Conception logicielle.....	32
III.1.2.1 Découpage en sous-système	32
III.1.2.2 Découpage des sous-systèmes en modules.....	32

TABLE DES MATIERES

III.1.2.3 Système de traitement.....	33
III.1.2.4 Architecture du système	33
III.2. RESULTATS DE L'INGENIERIE PEDAGOGIQUE	33
III.2.1 Analyse pédagogique	33
III.2.1.1 Besoins de formation.....	33
III.2.1.2 Public cible.....	36
III.2.1.3 Opportunité multimédia.....	37
III.2.1.4 Les ressources existantes pour le système d'apprentissage	37
III.2.2 Conception pédagogique	37
III.2.2.1 Choix des stratégies pédagogiques	38
III.2.2.2 Sélection des médias à utiliser.....	38
III.2.2.3 Compétences générales à développer.....	38
III.2.2.4 Scénarisation des activités	38
III.2.2.5 Elaboration des contenus à enseigner	39
III.3. RESULTATS DE L'INGENIERIE ERGONOMIQUE	41
III.3.1 Analyse ergonomique	41
III.3.1.1 Analyse de la demande	41
III.3.1.2 Analyse de la situation.....	41
III.3.1.3 Analyse de la tâche	41
III.3.1.4 Analyse de l'activité	42
III.3.2 Conception ergonomique de NAY-LAB.....	42
III.3.2.1 Structuration des pages	42
III.3.2.2 Diagramme des tâches	43
III.3.2.3 Charte graphique.....	44
III.4 RESULTAT DE LA PHASE DE REALISATION	45

TABLE DES MATIERES

III.4.1 TP sur la mise en évidence de la poussée d'Archimède, des caractéristiques et des facteurs dont dépend le phénomène	46
III.4.2 Un TP sur les effets de la Poussée d'Archimède.....	46
III.4.3 TP 3 : Etude de la poussée d'Archimède dans la vie courante.	47
III.5 RESULTAT DE LA PHASE EVALUATION	48
III.5.1 Sur le plan logiciel.....	48
III.5 .1.1 Test unitaire	48
III.5 .1.2 Test d'acceptation.....	48
III.5 .1.3 Test d'intégration.....	49
III.5 .2 Sur le plan pédagogique et ergonomique	49
III.5.3 DISCUSSION	50
CHAPITRE IV : IMPLICATION SUR LE SYSTEME EDUCATIF	52
IV.1 CARACTERISATION DU DIDACTICIEL REALISE.....	52
IV.2 INTERET DIDACTIQUE	53
IV.2.1 Nature du didacticiel	53
IV.2.2 Rôle de l'enseignant avant, pendant, après l'utilisation du didacticiel.	53
IV.2.3 Contenus conforme au programme de PCT	54
IV.2.4 Rédaction de documents joints au didacticiel (notices explicatives ; brochures ; formulaire).....	54
IV.3 INTERET POUR LE SYSTEME EDUCATIF	54
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	56
BIBLIOGRAPHIE	57
ANNEXES DE NOTRE DOCUMENT	61
ANNEXE 1 : Epreuve d'Evaluation des compétences	61
ANNEXE 2 : Questionnaire pour l'intérêt de l'étude	62

ABSTRACT

The teaching of physics-chemistry-technology in the first cycle of high school in general and in "troisième" in particular, has an average success rate of 29.11% (survey conducted in five high school in Yaoundé: 2014-2015 school year). The causes of these bad statistics are of various kinds. Considering the learning difficulties of students on one hand and the lack of suitable infrastructure for teachings on the other hand. The solutions encounter to these various problems has given birth to a tutorial: NAY-LAB. A curriculum analysis of the physics program of the first cycle of secondary education first and conducted surveys have circumscribed the theme of NAY-LAB on the study of the phenomenon of buoyancy. The desire to develop a learning support tool in accord with the objectives of the reform of January 13, 2013 of the MINESEC has led us to design a virtual laboratory. NAY-LAB does not include theoretical courses, it aims to accompany the student to discover and experiment the theoretical knowledge that he received in the classroom and to improve student success rates in this discipline. Thus understood, and with the help of tools and design methods of instructional design and software engineering, NAY- LAB allows students to develop skills in the mastery and use of the principle of buoyancy by introducing him in life situations. NAY-LAB is therefore an interactive, ergonomic environment which allows an easier and effective self-learning for the student. Finally, NAY-LAB offer solutions to several problems, namely the lack of textbooks, workshops and libraries, it is also a training tool which can be use in classroom and at distance. It is therefore an indispensable tool for the Cameroonian education system.

KEYWORDS: Tutorial, virtual laboratory, skills, buoyancy, "troisieme".

LISTE DES ABBREVIATIONS

MINESEC : Ministère des enseignements secondaire.

APC : Approche par compétence.

PCT : Physique chimie technologie.

TIC : Technologie de l'information et de la communication

DIPES II : Diplôme de professeur de l'enseignement secondaire deuxième grade.

EAO : Enseignement assisté par ordinateur

EIAH : Environnements informatiques pour l'apprentissage humain

EIAO : Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur

ENS : Ecole normale supérieure

ADDIE : Analyse Design Development Implantation Evaluation

TP : Travaux Pratiques

IGE : Inspecteur General des enseignements.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Dick and Carey Instructional Design Model	18
Figure 2 : Le modèle générique ADDIE.....	19
Figure 3 : Modèle en Cascade.....	21
Figure 4 : Modèle en spirale	22
Figure 5 : Architecture Générale de NAY-LAB.....	33
Figure 6 : Maquette de la page d'accueil de NAY-LAB	42
Figure 7 : Diagramme des Tâches de NAY-LAB.....	43
Figure 8 : Module 1.....	43
Figure 9 : Module 2.....	43
Figure 10 : Module 3.....	44
Figure 11 : Interface d'Accueil de NAY-LAB	45
Figure 12 : Mise en évidence de la poussée d'Archimède.....	46
Figure 13 : Module 2 : EFFETS de la Poussée d'Archimède	47
Figure 14 : Module 3 : Etude de la poussée d'Archimède dans la vie courante.....	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Statistiques des élèves de la classe de troisième pour l'année 2014-2015.....	5
Tableau 2 : Grille d'Evaluation des didacticiels de Claude Mermoux	26
Tableau 3 : Membres de l'équipe projet.....	30
Tableau 4 : Système de traitement	33
Tableau 5 : Grille d'évaluation de NAY-LAB.....	50
Tableau 6 : significations des couleurs	63

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, tous les secteurs d'activités veulent sans cesse s'améliorer ; sont toujours à la quête de la façon la plus idoine qui soit d'offrir des meilleurs services à la société. Le domaine de l'éducation ne reste pas en marge pour garantir et toujours accomplir sa mission première. C'est la raison pour laquelle toutes les disciplines intervenant dans le processus enseignement -apprentissage connaissent des aménagements notoires au fil du temps. Le MINESEC a ainsi entrepris une réforme en vue d'accroître le rendement interne et l'efficacité du système éducatif. Pour conduire sa réforme curriculaire, il a choisi l'Approche Par Compétence (APC), avec l'entrée par les situations de vie comme approche de développement de ses programmes d'enseignement.

Parallèlement, la didactique avait commencé à analyser les conceptions (représentations) et raisonnements des élèves dans différents domaines et mis en avant l'importance des tâches de résolution de problèmes dans l'apprentissage. L'hypothèse d'une intersection constructive entre les attentes didactiques et les potentialités de l'informatique a donc naturellement germé. De plus l'environnement scolaire du Cameroun est marqué par la rareté des matériels pédagogiques tels notamment les manuels scolaires, laboratoires, etc (Siakeu, 2000). Ainsi, Comment placer les élèves dans les situations de vies en l'absence de matériels ou d'infrastructures ?

Selon la feuille de route 2012 du MINESEC prescrivant l'élaboration et la mise en œuvre du nouveau curriculum pour les sous cycles d'observation (Mpoudi, 2013) L'enseignement des sciences physiques et technologiques débutent dès la classe de sixième et la classe de troisième est un cycle d'orientation et l'indicateur de compétence de tous les apprentissages du premier cycle de l'enseignement secondaire général. Une analyse de la performance générale des élèves dans cette discipline montre que celle-ci est relativement basse soit un taux réussite de 29,11% (statistiques annuelles dans cinq lycée et collège de la ville de Yaoundé, 2014-2015)¹.

Se situant dans la continuité des travaux déjà réalisés sur la thématique de l'enseignement de la physique au secondaire (DUREY *et al*, 1991) ; le présent travail se propose d'apporter des ébauches de solution à l'apprentissage de la physique en classe de troisième par la mise sur pied d'un didacticiel.

¹ Voir tableau 1 : Statistiques des élèves de la classe de troisième pour l'année 2014-2015

INTRODUCTION GENERALE

Ce travail se fonde sur le fait que l'ordinateur est considéré comme un intermédiaire entre la théorie et l'expérience (SMYRNAIOU, 2003) et que l'enseignement de la physique au premier cycle a pour objectif de structurer des connaissances sur lesquelles s'appuiera l'enseignement scientifique ultérieur et de permettre à chaque élève de découvrir ses goûts et ses aptitudes afin de l'aider à préparer son choix d'orientation à l'issue du premier cycle.

CONTEXTE D'ETUDE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES

Les sciences physiques se proposent au départ d'expliquer les phénomènes naturels (DUREY *et al*, 1996) et elles ont évolué depuis l'Antiquité jusqu'à permettre la construction de machines qui ont changé la face du monde. Mais pour en comprendre les vertus pédagogiques il faut aller plus loin. Les sciences physiques sont aussi une explication du monde basée sur quelques principes fondamentaux et sur des outils mathématiques. Les sciences physiques contemporaines ont cependant un champ d'application si étendu qu'il est nécessaire d'en limiter l'exposé aux fondamentaux dans le cadre du lycée.

D'après la répartition horaire définie dans le curriculum du sous-cycle d'observation et de l'enseignement secondaire, l'enseignement des sciences et technologiques occupent 13% de la répartition horaire hebdomadaire depuis la classe de sixième et la physique occupe la part belle de cette répartition. Ce contexte est marqué par le manque d'infrastructure, l'insuffisance de laboratoire, une inadéquation entre l'enseignement et le contexte de vie des apprenants qui ont des difficultés d'apprentissage (données mondiales de l'éducation, UNESCO 2010-2011)

Le domaine de l'enseignement des sciences physiques dans le secondaire a fait l'objet de nombreux travaux didactiques sur les conceptions et raisonnements des élèves ainsi que sur la résolution de problèmes (DEBOER, 1991). Ceux-ci ont montré que l'apprentissage de la physique pouvait "s'accommoder" chez l'élève de conceptions pourtant incompatibles avec la connaissance scientifique : citons l'exemple des mauvaises représentations au niveau des changements de référentiels (SALTIEL E., 1978.) et les conceptions dynamiques associant force et vitesse (VIENNOT L., 1977). Mais ils ont également montré que ces conceptions résistaient à un simple enseignement des "bons modèles" et l'une des hypothèses fut qu'il convenait d'amener les élèves à découvrir les limites de leurs représentations, notamment en les confrontant à des activités de résolution de problèmes. De même, les statistiques des résultats et les enquêtes

INTRODUCTION GENERALE

menées dans plusieurs lycées montrent que les difficultés rencontrées par les élèves ont des causes dont on peut apporter des réponses (MAAROUF *et al*, 1997). Les travaux sur la résolution d'exercices classiques de physique en lycée montraient la très faible proportion d'élèves capables de performances satisfaisantes en la matière (DUMAS-CARRE A. 1987).

Selon PFUNDT ((PFUNDT *et al*, 1991) Les obstacles d'apprentissage des physiques sont de plusieurs ordres ; et par conséquent plusieurs facteurs influencent l'apprentissage. Les actions éducatives menées par l'enseignant de physiques, chimie et technologie ne sont pas toujours compatibles avec le style d'apprentissage de l'apprenant. Généralement, la logique des projets d'enseignement ne respecte pas la logique d'apprentissage des élèves. Il en découle une certaine inadéquation entre les activités proposées, plutôt imposées, et les styles d'apprentissage des élèves. Dans ce sens nous pouvons évoquer les présentations verbales dominantes du savoir alors que certains étudiants sont plus réceptifs vis-à-vis des présentations symboliques, mathématiques ou graphiques. Ceci est d'autant plus vrai pour les sciences physiques qui abordent le fonctionnement ou la description des systèmes naturels ou artificiels.

Ainsi pour faciliter l'enseignement-apprentissage de la physique, élaborer un projet d'enseignement il convient d'avoir une connaissance préalable des obstacles qui auraient des implications pédagogiques dans cette mesure.

Le repérage et l'analyse approfondie des obstacles à l'apprentissage constitueraient une étape importante du fait qu'elle peut fournir des indicateurs précieux sur la façon de concevoir et d'élaborer les actions éducatives. Ces indicateurs seraient des ingrédients indispensables pour entreprendre des actions éducatives qui auraient des retombées pédagogiques. En effet, ces indicateurs sont susceptibles de baliser les itinéraires possibles vers un apprentissage efficace des savoirs disciplinaires présentés.

PROBLEMES LIES A L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE

La didactique des sciences tente de comprendre pourquoi, malgré un enseignement scientifique obligatoire ou professionnel conséquent, certaines erreurs systématiques persistent, comme si l'enseignement n'avait pas réussi à convaincre les apprenants. Selon DIRAND (COURTILLOT *et al*, 2001) les problèmes de l'enseignement de la physique sont de trois ordres :

INTRODUCTION GENERALE

- la nature de la relation qui s'instaure entre les élèves et l'enseignement ;
- les techniques pédagogiques ;
- la didactique de la discipline.

Au cours des trois dernières décennies plusieurs essais de rénovation de l'enseignement des sciences physiques ont vu le jour (MAAROUF *et al*, 1991). Ces rénovations orientées enseignant, comme élève, sont axés sur les résolutions suivantes :

- L'expérimentation pour répondre à des questions (à un questionnement ou à un problème) et le sens de l'utilisation des relations mathématiques (COURTILLOT *et al*, 2001).
- L'activité expérimentale est une partie importante du savoir-faire de la physique, elle fait appel à plusieurs compétences, par exemples : concevoir/suivre un protocole, communiquer/exploiter des résultats expérimentaux.

À la question "pourquoi les élèves rencontrent-ils des difficultés dans la compréhension des phénomènes en physique ?" MAAROUF (MAAROUF, 1994) répond : « qu'il semble que les élèves abordent l'apprentissage des phénomènes avec des représentations construites avant et/ ou pendant l'enseignement des sciences physiques. ».

ANALYSE DES DONNEES DE L'ENQUETE

Statistiques générales de réussite des apprenants

La recherche en didactique analyse les phénomènes liés à l'enseignement et l'apprentissage d'une discipline donnée. Il s'agit de proposer des outils didactiques permettant de prendre du recul par rapport aux pratiques usuelles d'enseignement en physique et en chimie au secondaire, plus précisément au premier cycle.

Les enquêtes menées nous ont permis d'apprécier le niveau général des élèves quant à la physique, la chimie et la technologie en classe de troisième. Dans le souci de rendre notre échantillon d'analyse représentatif, nous avons collectés les statistiques des élèves de la classe de troisième pour l'année 2014-2015 dans 5 collèges et lycées de la ville de Yaoundé. Le récapitulatif est consignés dans le tableau ci-après

Tableau 1 : Statistiques des élèves de la classe de troisième pour l'année 2014-2015

Etablissements	Lycée de BIYEM-ASSI	Collège Vogt	Lycée d'ETOUG-EBE	Lycée général Leclerc	Lycée d'EKOUNOU	Moyenne générale
Taux de réussite annuel	29,17%	48%	20%	18,38%	30%	29,11%

Les résultats obtenus révèlent un niveau moyen général des élèves inférieures à 50%. Ces résultats très médiocres nous emmène à considérer que l'enseignement de la physique bien qu'ayant fait l'objet de nombreux travaux didactiques, ne résout pas le problème de conceptions et raisonnements des élèves ainsi que sur la résolution des problèmes de physique.

L'enseignement/apprentissage de la physique en troisième

Les travaux sur la résolution d'exercices classiques de physique en collège montrent la très faible proportion d'élèves capables de performances satisfaisantes en la matière. Ceci ramène à considérer une orientation vers des "outils méthodologiques d'aide à la résolution" centrés sur la construction de représentations du système ou du phénomène. En visitant le programme officiel de physique pour la classe de troisième il ressort que les notions d'étude des forces représentent 2/3 du programme de physique où le chapitre sur la poussée d'Archimède est le carrefour car faisant appel à toutes les compétences de cette étude. En effet la poussée d'Archimède est une force cependant, elle fait appel aux notions d'inertie, équilibre et de mouvement qui sont présentés dans tous les chapitres du programme de physique de la classe de troisième. C'est d'ailleurs à dessein que la progression pédagogique place la poussée d'Archimède à la fin de la progression afin de permettre aux élèves réinvestir toutes les compétences développées précédemment. De plus la leçon sur la poussée d'Archimède plus qu'un résumé des leçons aide l'apprenant à apporter la solution à chaque problème par une des expériences prises dans son environnement.

Avis des apprenants et des enseignants sur la mise sur pieds d'un didacticiel

Un sondage a été réalisé par questionnaire (annexe 2) effectué sur une moyenne de 300 élèves dont la moyenne d'âge est située entre 13 et 16 ans de la classe de 3^e dans les lycées Leclerc, ETOUG-EBE et BIYEM- ASSI de la ville de Yaoundé au cours de l'année scolaire 2015-2016. Afin de s'assurer que la leçon sur la poussée d'Archimède ait déjà été faite, notre questionnaire a été réalisé au deuxième trimestre. Est résumé dans le tableau ci-dessous le résultat de l'enquête.

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats du questionnaire.

Avis des apprenants	Pourcentages des résultats		
	Chimie	Physique	Technologie
L'intérêt porté sur la PCT	80%	12%	8%
	Électricité	Mouvement	Les forces
Le niveau de difficultés des sous parties de la physique.	36%	24%	40%
	Cours vidéo	Travaux pratiques	Les jeux éducatifs sur la physique
La technique d'enseignement souhaité de la physique	31%	39%	30%
	Les styles d'apprentissage	Accommodateur	Divergent
La connaissance de notion de la poussée d'Archimède.	86%	3%	11%
	Aucune	Erroné	Exacte
	4%	78%	18%

Le questionnaire réalisé auprès des élèves montre que l'intérêt porté pour la partie physique est liée à la difficulté d'apprentissage des élèves dans cette partie. Les parties physiques et technologie sont les plus difficiles selon eux, les stratégies d'enseignement orale semblent être un frein à l'apprentissage. Les apprenants ont en général une connaissance erronée du phénomène de

INTRODUCTION GENERALE

la poussée d'Archimède. Parallèlement des interviews réalisées auprès des enseignants de cette discipline exposent le manque d'infrastructure et l'absence de laboratoire d'expérience. L'hypothèse d'une intersection constructive entre les attentes didactiques des élèves et le manque d'infrastructure a donc naturellement germé. Parmi celles-ci, nous développerons l'idée la construction d'un logiciel d'aide à l'enseignement/apprentissage. Cette solution dépendant entièrement d'un fait ; l'ordinateur est un outil de simulation.

L'éventualité de cette solution a été tout aussi bien accueillis tant par les élèves que par les enseignants, car elle est en accord avec les perspectives de la réforme curriculaire édicté par le MINESEC d'une part et l'environnement d'apprentissage des élèves marqué par une vraie révolution technologique qui donne une place considérable à l'ordinateur d'autre part.

PROBLEMATIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Lorsqu'on se rapporte au problème de l'enseignement des sciences expérimentales au secondaire, les physiques ont mauvaise presse auprès des apprenants (voir tableau 1) à cause des difficultés qu'éprouvent les élèves dans l'apprentissage de cette matière. Par ailleurs l'absence de laboratoire d'expérience ne favorise pas l'enseignement de la physique qui se veut une science expérimentale. Les travaux menés jusqu'ici par la pédagogie et la didactique pour restructurer l'approche enseignement/apprentissage (FREINET, MONTESSORI...) n'ont pas permis améliorer de façon satisfaisante le taux de réussite des apprenants qui restent inférieur à 50%.

Au regard de ce contexte d'enseignement/apprentissage de la physique au secondaire au Cameroun ; une question principale se pose : **Le développement et l'utilisation d'un didacticiel peut-t-il aider les apprenants à surmonter les difficultés d'apprentissage et améliorer leurs résultats en dépit de l'insuffisance ou de l'absence d'infrastructures ?**

Même si les causes de l'échec scolaire sont à rechercher aussi bien du côté de l'élève lui-même (de ses aptitudes ou de son comportement), et de son environnement, que du côté de l'enseignement qu'il reçoit, il va de soi que la première préoccupation d'un enseignant est de se poser la question de l'efficacité de son cours. En supposant que la part nouvelle d'intelligence, de compétence acquise par un élève pendant une leçon de physique s'appelle une plus-value, en supposant encore qu'on établisse la somme des plus-values pour l'ensemble des enseignements

INTRODUCTION GENERALE

de physique dans l'étude de la poussée d'Archimède, la question devient : « comment rendre cette plus-value optimale ? »

Avant de répondre à ces questions, soulignons qu'un travail a déjà été réalisé sur le problème d'aide à l'apprentissage de la physique en classe de 3^{ème} (conception et réalisation d'un laboratoire virtuel de physique pour la classe de 3^{ème} au Cameroun, mémoire fin d'étude pour l'obtention du DIPES II ; 2012) cependant les efforts menés jusqu'ici sont restés embryonnaire et n'ont pas permis de tester l'efficacité des solutions. D'autres part notons que pour prétendre apporter des solutions aux difficultés des élèves il faut tout d'abord analyser leurs difficultés, analyser le contexte d'apprentissage et l'apprenant afin de cibler une référence point de départ de la remédiation. Ce point de départ doit être choisi de façon judicieuse afin de juguler les difficultés d'apprentissage de façon efficace et éviter tous risques de rémanence,

L'enseignement des sciences expérimentales sont tributaires d'un environnement de vie réel. En effet la science physique s'emploie à expliquer aux apprenants des phénomènes naturels et à s'adapter à un raisonnement scientifique. Il est cependant avéré que cet enseignement ne favorise pas l'apprentissage s'il faut s'en tenir aux taux de réussite des élèves issus des enquêtes menées dans cinq collèges et lycées de la ville de Yaoundé. Une question de recherche découle de ces observations : L'utilisation des outils numérique de simulation et d'expérimentation peut-t- il plonger les apprenants dans les situations de vies en l'absence de laboratoire d'expérience ? Peuvent-t- ils aider les élèves à construire eux-mêmes leurs savoirs et à répondre aux questions qui persistent après l'enseignement reçu en classe ?

OBJECTIF DE L'ETUDE ET HYPOTHESES

Pour répondre à ces questions nous avons pour objectif général dans ce projet de produire un didacticiel de physique pour la classe de 3^e sur la notion de Poussée d'Archimède qui est un véritable croisement de toutes les notions relatives à l'étude des forces soit près de 70% du programme officiel de physique de cette classe. Plus spécifiquement il sera question de :

- ✚ Concevoir et réaliser trois modules permettant des simulations et des expérimentations sur les différents aspects de la poussée d'Archimède.
- ✚ Créer un environnement d'apprentissage interactif qui captive et implique l'élève.

INTRODUCTION GENERALE

- ✚ Permettre à l'apprenant de s'auto évaluer en lui proposant des exercices dans chaque module.

Les objectifs poursuivis sont basés sur les hypothèses suivantes :

- ✚ Les causes de l'échec scolaire sont à rechercher aussi bien du côté de l'élève lui-même (de ses aptitudes ou de son comportement), et de son environnement, que du côté de l'enseignement qu'il reçoit. DIRAND B (2002).
- ✚ L'utilisation de l'ordinateur à des fins pédagogiques en classe de physique-chimie permet aux apprenants de surmonter des difficultés d'apprentissage (DUREY 1998).

IMPORTANCE DE L'ETUDE ET CRITERES DE REUSSITE

Plusieurs travaux ont été réalisés sur la thématique des didacticiels de physique pour l'enseignement secondaire ; dans ce registre on retrouve notamment les laboratoires virtuelles LAVOX (voir mémoire « intégration des TIC pour l'apprentissage de la chimie en classe de 1ere scientifique : laboratoire virtuel pour l'enseignement d'oxydoréduction », 2015). LAV PHY (voir mémoire « **conception et réalisation d'un laboratoire virtuel de physique pour la classe de 3^e au Cameroun, 2012** ». Ces travaux restés pour la plupart aux stades embryonnaires et souffrent des mêmes maux que les cours magistraux faits en salles de cours. Les didacticiels précédemment élaborés abordent les programmes officiels dans leur totalité et restent par conséquent superficiels. Notre didacticiel se donne l'ambition de surmonter l'obstacle d'apprentissage des notions abordées en salles de classe en présentant un contenu qui aborde de fond en comble tous les aspects d'une notion en particulier (la poussée d'Archimède).

Importance de l'étude

Lorsqu'on se réfère aux statistiques des élèves de 3^{ème} sur les résultats annuels (année académique 2014-2015) en PCT présenté plus haut, le constat est clair qu'il y'a des efforts notoires à faire dans cette discipline afin d'améliorer les taux de réussite.

Par ailleurs, une enquête menée a montré que l'intérêt que portent les élèves sur la partie physique est faible et diminue considérablement le taux de réussite des élèves en PCT. C'est dans cette optique qu'il nous a semblé urgent et impératif de proposer une solution concrète

INTRODUCTION GENERALE

(NAY-LAB). Afin de rendre plus efficace notre solution nous nous appesantirons sur l'étude de la *poussée d'Archimède* qui représente en fait le carrefour des notions relatives à l'étude des forces et représente environ 70% du programme de physique de la classe de 3^e. Nous n'allons pas reprendre des enseignements sur la poussée d'Archimède aux apprenants, mais il sera question pour nous soulever et souligner des questions que l'enfant ne pourra pas toujours résoudre après son cours théorique qu'il aurait suivi en classe, ou dans un manuel scolaire.

Ce travail est important car sa réussite ne fournira pas simplement un didacticiel pour comprendre la notion de poussée d'Archimède mais servira de base à d'autres travaux de conception d'outil d'apprentissage de la physique pour les autres notions de la troisième et les autres classes afin de rehausser le faible taux de réussite dans cette discipline. Cette étude est toute aussi importante de par ses ambitions qui sont de réconcilier les élèves avec l'apprentissage des sciences physique en général, et améliorer grandement leurs résultats.

Critères de succès de notre travail

Notre didacticiel sera une réussite s'il remplit les critères suivants :

- ✚ **Permettre à l'élève d'expérimenter et de simuler les différents aspects de la poussée d'Archimède** : Ceci facilite la construction des savoirs et l'apprentissage.
- ✚ **Apprentissage interactif et effectué au moyen des situations de vie.** De cette façon l'élève voit directement en quoi les notions apprises le concernent, les intègre facilement et voit comment il peut les appliquer. Il comprend aussi mieux les phénomènes qui l'entourent dans sa vie quotidienne.
- ✚ **Amélioration des résultats des élèves qui l'utilise** : Ceci est la condition essentielle pour justifier son utilité.

Pour mener à bien ce travail nous nous proposons de faire un état de l'art de ce projet, cette analyse faite nous présenterons les matériels et les méthodes nécessaires pour la mise sur pied du didacticiel, les résultats attendus et discussion pour déboucher sur une conclusion et d'éventuelles perspectives.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans ce chapitre nous parlerons de l'historicité des didacticiels de sciences physiques et technologiques ; de quelques théories d'apprentissage ; des modèles d'ingénierie pédagogique et logicielle et enfin de l'analyse, la conception et l'évaluation ergonomique.

I.1 HISTORICITE DES DIDACTIELS DE SCIENCES PHYSIQUES ET TECHNOLOGIQUES

La réalisation d'un didacticiel doit pouvoir : *expliquer, modéliser* les processus complexes entrant en jeu dans l'enseignement et l'apprentissage d'une discipline donnée. Aussi, l'utilisation des TIC au service des pédagogies actives, est présentée comme un modèle efficient en matière d'intégration de ces technologies dans les pratiques d'enseignement et d'apprentissage (ABDERRAHIM *et al*, 2012). Un didacticiel peut designer deux choses :

- Un programme informatique relevant de l'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
- Un document (papier ou support numérique) visant à former à l'utilisation d'un logiciel ; on parle aussi de tutoriel.

C'est dans la première catégorie que s'inscrivent les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH). Les EIAH sont des applications informatiques qui sont centrés sur les interactions apprenant(s) machine(s) et sur la prise en compte de modèles de connaissances pour faciliter ces interactions. (M. Dominique LENNE, 2009). Par ailleurs, l'ordinateur constitue un outil pour « *construire un monde entre l'approche expérimentale et l'approche théorique* » (Séjourné et Tiberghien, 2001). C'est-à-dire permet de mieux asseoir les connaissances théoriques à travers des manipulations virtuelles.

C'est dans cette optique que s'inscrit le présent travail qui devra permettre de mettre sur pied un outil d'expérimentation assisté par ordinateur. Car dans un environnement où l'on décrit l'insuffisance du matériel expérimental (données mondiales de l'éducation, UNESCO 2010-2011), se pencher vers une solution d'Expérimentation Assistée par Ordinateur pourrait s'avérer bénéfique,

Jusqu'ici plusieurs réalisations ont déjà été faites en ce qui concerne l'enseignement de la physique à l'aide d'un ordinateur, Il s'agit entre autres de la liste non exhaustive suivante :

✚ Astronomie

- Celestia (Linux/Win) : voyage en 3D dans le Système Solaire et la Voie Lactée.
- Astronomie et logiciels libres : opus des logiciels pour la pratique de l'astronomie.

✚ Mécanique

- Mek (Linux) : simulation du mouvement des différentes interactions.
- Ondes (Win) : simulation de la propagation d'ondes le long d'un axe.

✚ Optique

- Lum (Linux) : tracé de rayons de construction des systèmes basés sur des lentilles et visualisation de l'image obtenue !
- Scripts pour Cabri géomètre : par yves Cortial.

✚ Electricité

- Crocodil Clip elementary (Win) : montage de circuits électriques interactifs ; il existe une version en français plus complète mais payante.
- Electric (Linux) : système de création de schémas électriques n langage de description du matériel, le ASICs et la simulation du fonctionnement.

✚ Radioactivité (TermS)

- RadioactiviteTS (Win) : simulation de désintégrations r
- Animations Flash du CEA (MacOS/Linux/Win) : belles animations sur les rayonnements.
- Etc.

✚ Hydrodynamique

- Animol (Win) : simulation d'agitation moléculaire.

Tous ces outils montrent que le besoin d'enseigner les sciences physiques à l'aide d'un ordinateur est bien à l'ordre du jour.

Par ailleurs, selon MPOUNDI (MPOUNDI, 2013) " l'enseignement des sciences physiques s'inscrit en droite ligne de la logique de la réforme du système éducatif camerounais et ce conformément la réforme du curriculum des enseignements secondaires et conséquemment du système d'évaluation". C'est dans cette optique qu'en 2012, un groupe d'étudiant du département d'informatique de l'ENS de Yaoundé avait pensé à la réalisation d'un didacticiel sur l'enseignement des sciences physiques en classe de troisième pour le compte des établissements secondaire d'enseignement général.

I.2 LES THEORIES D'APPRENTISSAGES

Les tâches proposées aux élèves, telles que lire, faire des exercices font partie des tâches qui demandent à un apprenant de s'investir sur la plan cognitif, affectif, émotionnel voir même s'associer avec des pairs. Ainsi, les principales théories d'apprentissage (non exhaustifs) pouvant être mise en exergue sont : le cognitivisme, le constructivisme et plus récent le modèle allostérique.

I.2.1 Le cognitivisme

Le terme vient du latin « *COGNITIO* », qui signifie « connaissance » le cognitivisme voit le jour avec Atkinson. Le point de départ du cognitivisme est la réintroduction de l'étude des phénomènes mentaux, qui avaient été exclus par les béhavioristes. Parmi les tenants de cette théorie nous pouvons citer Robert GAGNE, PIAGET, et bien d'autres encore. Le cognitivisme succède (chronologiquement) au néo-béhaviorisme en s'y opposant. Ce modèle part du principe que des facteurs internes à l'individu sont en cause dans l'apprentissage : il revendique l'accès aux processus cognitifs internes de l'individu.

Les conceptions préalables sont les connaissances antérieures que possède un apprenant, qui influencent son apprentissage dans tous les domaines. Le cognitivisme prend en compte ces conceptions préalables afin de rendre l'apprentissage performant.

Le style cognitif (La façon habituelle de traiter l'information et d'employer les ressources cognitives (« Ensemble des connaissances déclaratives et procédurales, des capacités fonctionnelles et structurales, des aptitudes relatives aux différentes composantes de la conduite, qui constituent le répertoire caractérisant les pouvoirs d'un sujet » BODA et RECOPE, 1991)) des individus est dépendant (entre autres) des conceptions préalables parce qu'elles influencent la manière dont l'apprenant aborde les choses, pouvant ainsi favoriser l'apprentissage ou au contraire la perturber. De ce fait, elles influencent les stratégies cognitives et métacognitives utilisées par l'apprenant pour aborder son apprentissage. Le style cognitif d'un individu va influencer les stratégies cognitives et métacognitives dont il fera preuve face à une situation donnée.

Dans le courant cognitiviste, l'apprentissage fait appel à des stratégies dont les stratégies cognitives. Stratégies qui peuvent, par exemple, faciliter l'encodage des informations en mémoire. Dans le courant cognitif, l'apprentissage fait appel à des stratégies dont les stratégies métacognitives. Celles-ci permettent un contrôle actif de la mise en œuvre des opérations que le sujet devrait mener à bien pour réaliser son apprentissage. Dans le cognitivisme, le concept d'apprentissage a donné lieu à trois modèles différents dont le traitement de l'information, qui met l'accent sur les étapes permettant la mémorisation :

- ✚ Représentation par récepteurs sensoriels
- ✚ Mémoire de travail
- ✚ Mémoire à long terme).

Le modèle du traitement de l'information considère que le cerveau fonctionne sur la base de représentations de la réalité propres à chacun, fruits de reconstructions personnelles de la réalité.

I.2.2 Le constructivisme

Le constructivisme a pour précurseur Piaget (1896-1980). Selon lui :« la pensée naît innée », et « sa construction pour l'enfant passe par une confrontation avec le monde ». De là, découle un certain nombre de concepts dits piagétiens. Dans le cognitivisme, le concept d'apprentissage a donné lieu à trois modèles différents dont le constructivisme, qui met l'accent sur les différents stades dans le développement cognitif des enfants : l'intelligence se développant par la construction de schèmes.

Dans le constructivisme, l'apprentissage est vu comme le résultat dynamique d'une recherche d'équilibre entre le sujet et son environnement. Lorsque cet équilibre n'est pas trouvé, l'apprenant est soumis à un conflit cognitif qu'il doit résoudre pour réussir son apprentissage.

Dans le constructivisme, il est possible qu'un conflit cognitif ne soit pas créé par une différence entre l'apprenant et son environnement, mais par une différence entre son point de vue et celui d'une tierce personne. On parle alors d'un conflit sociocognitif.

Un conflit sociocognitif est un conflit qui est déclenché par l'opposition de point de vue avec une tierce personne.

L'apprentissage collaboratif / coopératif est composé de conflits sociocognitifs pour que l'apprentissage puisse se construire.

Les micro mondes et les environnements d'exploitation sont des réalités artificielles qui offrent à l'apprenant de partir de ses connaissances intuitives pour arriver à une connaissance scientifique par l'activité et la construction d'une représentation appropriée. Ce qui les place dans le courant du constructivisme.

Les simulations sont des mises en situation d'actions dont les réponses vont permettre de construire l'apprentissage. De ce fait, elles se placent dans une perspective constructiviste.

Piaget a contribué au constructivisme par ses expériences sur les différents stades dans le développement cognitif des enfants. Dans ce courant, l'intelligence se développe grâce à la

construction de schèmes

I.2.3 Le modèle allostérique

Comment identifier les obstacles à l'apprentissage et comment les surmonter ? C'est à ces questions que le modèle allostérique de l'apprentissage proposé par Giordan tente de répondre. Car apprendre est un processus éminemment complexe, non réductible à une seule recette. C'est-à-dire un processus qui demande à ce que l'apprenant fasse des investigations suivant plusieurs angles (cognitif, introspection, socio-construction etc.)

L'évocation des limites respectives des modèles précédents et l'invocation de travaux célèbres tels que ceux de Bachelard, Barth, Gardner, etc. nous conduisent à déterminer un certain nombre de paramètres qu'il convient de prendre en compte pour intégrer les résultats expérimentaux récents et élaborer un modèle qui soit à la fois plus global et plus précis. En particulier, nous avons été amenés à considérer quatre éléments fondamentaux, trop souvent négligés dans les modèles classiques :

- ✚ L'importance de l'idée de déconstruction – reconstruction des idées (ou structures de pensée) préexistantes,
- ✚ L'influence de l'environnement dans lequel se déroule l'apprentissage,
- ✚ L'aspect dynamique et systémique de l'élaboration des savoirs,
- ✚ L'importance des différents niveaux auxquels l'apprendre se joue

C'est l'intégration de ces quatre éléments que propose le modèle allostérique de l'apprendre, développé par Giordan & al. Depuis 1987. En récusant la linéarité de l'acquisition des savoirs et en articulant cette acquisition autour du concept de conception, en portant une attention accrue au contexte pédagogique, il permet d'apporter de nouveaux éclairages sur l'apprendre et d'affiner notre compréhension de « ce qui se passe dans la tête de l'apprenant ». A ce titre, il est susceptible de conduire à une pédagogie dans laquelle l'enseignant retrouve une place centrale.

I.2.3.1 L'acte d'apprendre

André Giordan rappelle, avec beaucoup d'autres, qu'apprendre n'est pas un simple processus de stockage de l'information mais une élaboration, une construction de savoirs et de savoir-faire. Seul l'élève peut construire son savoir. C'est par une série de corrections et de rectifications successives des connaissances mobilisées qu'il pourra accéder à un certain niveau de formulation plus proche du savoir scientifique.

Ces mécanismes ne sont pas immédiats. Tout est affaire d'approximation, de concertation, de

confrontation, d'interconnexion, de rupture, d'alternance, d'émergence, de paliers, de recul et surtout de mobilisation. Se constituent alors chez l'élève des structures d'interaction entre les connaissances mobilisées et les informations nouvelles. C'est là que s'organisent les informations et s'élabore le nouveau réseau conceptuel.

Mais, l'apprentissage n'est pas automatique. L'élève peut se trouver dans une situation ou dans un état d'esprit qui fait obstacle à l'apprentissage.

I.2.3.2 Les obstacles à l'apprentissage

Pour Giordan, les principaux obstacles à l'apprentissage sont les suivants :

1. L'élève manque d'information ;
2. L'élève n'a pas envie de changer de conception :
 - Le problème abordé ne le concerne pas ;
 - Les questions posées par l'enseignant ne sont pas celles qu'il se pose ;
3. L'élève ne se pose pas de question car il croit déjà savoir :
 - Il pense avoir une explication ou il possède des mots qui lui donnent l'impression de connaître ;
 - Il possède un savoir qu'il a déjà expérimenté avec succès dans d'autres circonstances et il s'en satisfait ;
4. L'élève ne possède pas les outils nécessaires pour comprendre et intégrer les nouvelles données (opérations mentales, stratégies à utiliser, ...) ;
5. L'élève possède des conceptions qui l'empêchent de percevoir la réalité du phénomène ou d'intégrer une nouvelle information qui est en contradiction avec celles qu'il possède.

Remarquons que Giordan préfère le terme « **conception** » au terme « représentation » qu'il trouve trop polysémique et source de confusion avec les représentations graphiques d'objets, par exemple. Nous adopterons donc le terme « conception ». Les conceptions peuvent constituer un obstacle très important et méritent que l'on s'y attarde.

I.2.3.3 Les conceptions

Une définition généralement reçue des conceptions est la suivante : « *c'est un univers construit de significations, mettant en jeu des savoirs accumulés et plus ou moins structurés, proches ou éloignés des connaissances scientifiques qui leur servent de références* » (Clément dans Giordan A., Y. Girault et P. Clément, 1994). Les conceptions forment le modèle explicatif de l'élève, sa grille de lecture de la réalité, du monde. Elles interviennent dans l'identification de la

situation, dans la sélection des informations pertinentes, dans leur traitement et dans la production de sens. Elles forment un tout où se mêlent connaissances scientifiques, croyances, idéologies, dimensions émotionnelles, affectives et esthétiques, ... Elles ont une genèse à la fois individuelle et sociale.

L'élève a rarement conscience de ses conceptions surtout si « ça va de soi », s'il les utilise de façon routinière. Il s'interroge peu souvent à ce propos. **Comment peut-on faire face aux conceptions des élèves ?**

Différents comportements sont possibles. On peut ignorer les conceptions, juste permettre leur expression, ou encore, tenter de convaincre l'élève qu'il se trompe et puis lui transmettre le véritable savoir.

Giordan préconise de "**faire avec pour aller contre**". Il s'agit de transformer les conceptions en interférant avec elles. Un savoir neuf ne détruit pas le modèle préexistant, mais le plus souvent, l'oblige à s'adapter afin que la nouvelle structure puisse intégrer la connaissance supplémentaire.

La connaissance des conceptions de ses élèves donnera à l'enseignant la possibilité d'accroître son efficacité didactique en lui permettant :

1. D'adapter les finalités et le projet éducatif ;
2. De définir des objectifs adéquats ;
3. D'éviter de tenir un discours complètement déphasé par rapport à la réalité des élèves, puisqu'il connaît les domaines que l'élève maîtrise et les moyens qu'il a à sa disposition ;
4. De se modérer quant à la quantité de matière qu'il se propose de faire acquérir aux élèves ;
5. De déterminer dans une certaine mesure le choix des processus didactiques ;
6. D'adapter le rythme du cours.

I.3 LES MODELES D'INGENIERIE PEDAGOGIQUE

I.3.1 Le modèle de Dick et Carey (Dick and Carey Instructional Design Model)

D'après Christopher PAPPAS, DICK et CAREY défendent une vision systémique de l'instruction, par opposition à la visualisation de l'instruction comme une somme de parties isolées. Le modèle porte sur instruction comme un système entier, un tout, en se concentrant sur l'interaction entre le contexte, le contenu, l'apprentissage et l'enseignement. Selon Dick et Carey,

"Les composants tels que l'instructeur, les apprenants, les matériaux, les activités d'enseignement, le système de distribution, et les environnements d'apprentissage et de performance interagissent les uns avec les autres et travaillent ensemble pour apporter les résultats d'apprentissage souhaités chez les élèves".

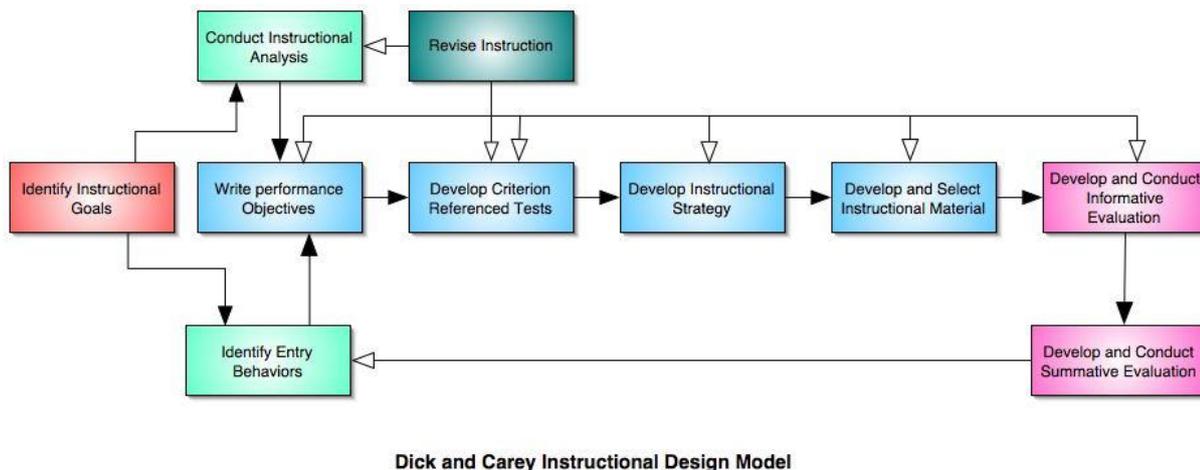


Figure 1 : Dick and Carey Instructional Design Model

La figure ci-dessus représente ce modèle qui comporte neuf étapes. D'après Hee- Sun Lee & Soo-Young Lee elle consiste à :

- ✚ **Identifier les objectifs de l'instruction** : il s'agit ici d'identifier, de définir le but général ou finalité, la posture que l'on souhaite que l'apprenant ait après l'instruction ou du didacticiel.
- ✚ **Analyse pédagogique** : elle a pour but de déterminer les aptitudes et compétences requises pour atteindre la finalité définie à la première étape. On effectue une analyse des tâches, du processus de traitement de l'information et des tâches d'apprentissage.
- ✚ **Identifier les comportements d'entrée et les caractéristiques des apprenants** : ici on identifie les prérequis à l'apprentissage de la notion à aborder que les apprenants possèdent déjà et on étudie les caractéristiques des apprenants (leur personnalité...).
- ✚ **Objectifs de performance** : Le but de cette phase est de traduire les besoins et les objectifs en objectifs spécifiques et détaillés de l'enseignement à donner.
- ✚ **Développer des instruments d'évaluation** : l'évaluation ici est selon des critères et ces instruments permettent de diagnostiquer les prérequis des apprenants, de vérifier les résultats de l'apprentissage, de voir les progrès des élèves et de jauger l'instruction.
- ✚ **Développer les stratégies pédagogiques** : ici on décrit comment les activités effectuées durant l'enseignement seront liés à l'atteinte des objectifs. On fait les choix des stratégies et

méthodes d'enseignement.

- ✚ **Développer et sélectionner le matériel didactique** : on crée ou on sélectionne les différents supports ou médias à utiliser pour véhiculer l'enseignement.
- ✚ **Conception et conduite de l'évaluation formative** : elle fournit à l'enseignant des données pour réviser et améliorer son enseignement puisqu'elle permet de détecter les erreurs et difficulté de l'apprenant.
- ✚ **Conception et conduite de l'évaluation sommative** : cette évaluation permettra de dresser un bilan des connaissances et compétences des apprenants.

I.3.2 Le modèle ADDIE

Le modèle ADDIE est un processus générique utilisé traditionnellement par les concepteurs pédagogiques et les développeurs de formation. Ce modèle représente une ligne directrice dynamique, flexible pour la construction d'outils de formation et de soutien de performance efficaces.

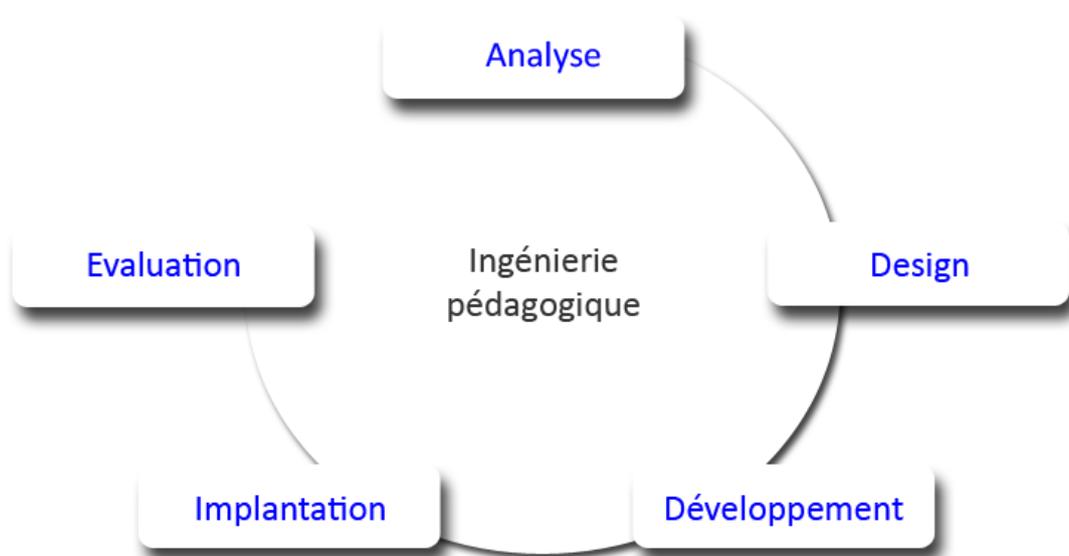


Figure 2 : Le modèle générique ADDIE

Ce modèle représenté sur la figure 2 comporte cinq phases (analyse, conception, développement, implantation et évaluation) qui seront présentés ici :

- ✚ **Phase d'analyse** : Selon Ed Forest, durant cette phase le problème à résoudre par l'instruction est clarifiée, les buts et les objectifs pédagogiques sont mis en place et de l'environnement d'apprentissage et les connaissances existantes de l'apprenant et les compétences sont identifiés. On apporte des réponses aux questions comme : Quel est le public cible et ses caractéristiques ? Quel est le comportement attendu à l'issue de

l'instruction ? Quels sont les types de contraintes d'apprentissage existant ? Quelles sont les considérations pédagogiques en jeu ?

- ✚ **Phase de conception :** Selon Ed Forest, Elle traite des objectifs d'apprentissage, des instruments d'évaluation, des exercices, du contenu, de la planification des leçons et de la sélection des médias. C'est durant cette étape qu'on détermine les différents types de médias à utiliser, les diverses ressources nécessaires disponible et celle à créer, le niveau et types d'activités à générer ou à mener, les stratégies pédagogiques, les différents processus mentaux nécessaires chez les apprenants pour atteindre les objectifs, les connaissances et compétences développées après chaque tâche, le délai pour chaque activité, le mécanisme de rétroaction à utiliser pour déterminer si les participants sont capables de digérer les leçons et le type d'interface utilisateur à utiliser (pour les projet web et didacticiel).
- ✚ **Phase de développement :** C'est ici que l'on crée ou assemble les contenus conçus durant la phase précédente. Les programmeurs travaillent à développer et / ou intégrer des technologies. Selon Ed Forest, les concepteurs utilisent les données collectées à partir des deux étapes précédentes et les utilisent pour créer un programme qui va relayer ce qui doit être enseigné aux participants. Les Testeurs effectuent le débogage.
- ✚ **Phase d'implantation :** Selon Wikipédia, cette phase consiste à diffuser le système d'apprentissage disponible aux apprenants. C'est à ce niveau qu'on couvre le programme du cours. On forme aussi les apprenants sur l'utilisation des nouveaux outils (logiciels ou matériels). C'est également la phase où le responsable veille à ce que les livres, les mains sur le matériel, les outils, les logiciels sont en place, et que l'application ou le site web d'apprentissage fonctionne correctement.
- ✚ **Phase d'évaluation :** Selon Ed Forest, cette phase permet d'évaluer le dispositif pédagogique. Elle se compose de deux parties : l'évaluation formative et sommative. L'évaluation formative est présente dans chaque étape du processus ADDIE et permet d'apporter des améliorations avant de rendre l'instruction ou le logiciel disponible auprès du public cible. L'évaluation sommative se compose de tests conçus pour le domaine spécifique et est lié aux critères référencés, elle s'effectue à la fin et permet de décider si le produit peut être lancés ou mis à la disposition des élèves.

I.4 LES MODELES D'INGENIERIE LOGICIELLE

L'ingénierie du logiciel propose un ensemble de modèles permettant de mener à bien un projet informatique. Ces modèles sont regroupés catégories : les modèles linéaires (cascade, en V) et ceux itératifs (spirale, incrémentale.)

I.4.1 Modèle en cascade.

Le *modèle en cascade* décrit cette succession d'étapes qui sont représentées ici (Six étapes fondamentales)

- ✚ Chaque phase se termine à une date précise par la production de certains documents ou logiciels.
- ✚ Les résultats sont définis sur la base des interactions entre étapes, ils sont soumis à une revue approfondie
- ✚ Le modèle original ne comporte pas de possibilité de retour en arrière. On ne passe à la phase suivante que si les précédentes sont jugés satisfaisantes
- ✚ Le schéma suivant illustre le modèle linéaire en Cascade

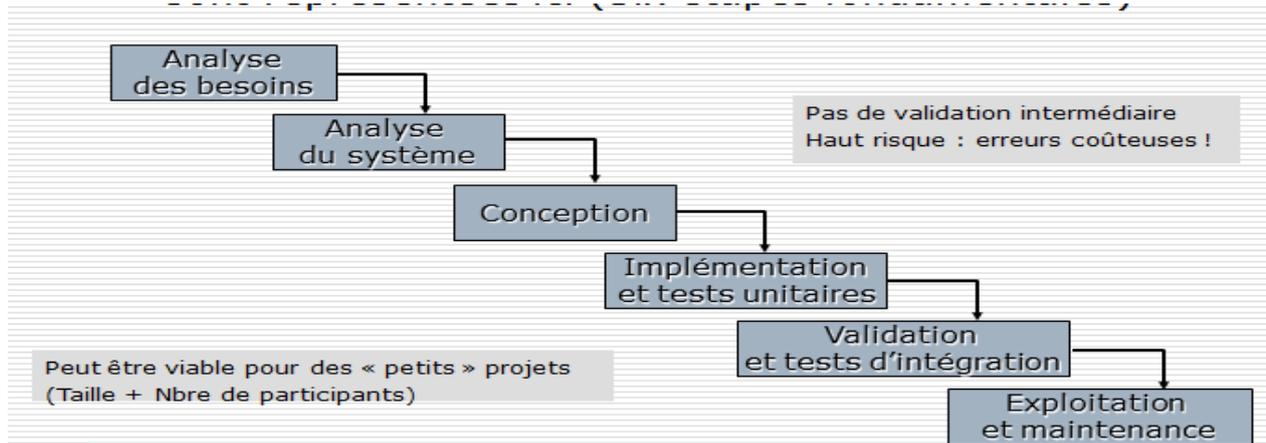


Figure 3 : Modèle en Cascade

I.4.2 Le modèle en spirale

Proposé par BARRY W en 1988, ce modèle est une amélioration du modèle en V. Il n'est pas le premier qui décrit le processus itératif, mais fut le premier à expliquer le pourquoi du processus itératif. (Barry W en 1988). On procède donc ici par itérations successives, l'idée étant que l'on analyse et l'on développe un sous ensemble de spécifications de départ puis on l'enrichit à chaque

tour de boucle. Les fonctionnalités abandonnées et écueils rencontrés sont utilisés pour les informations d'entrée du prochain cycle.

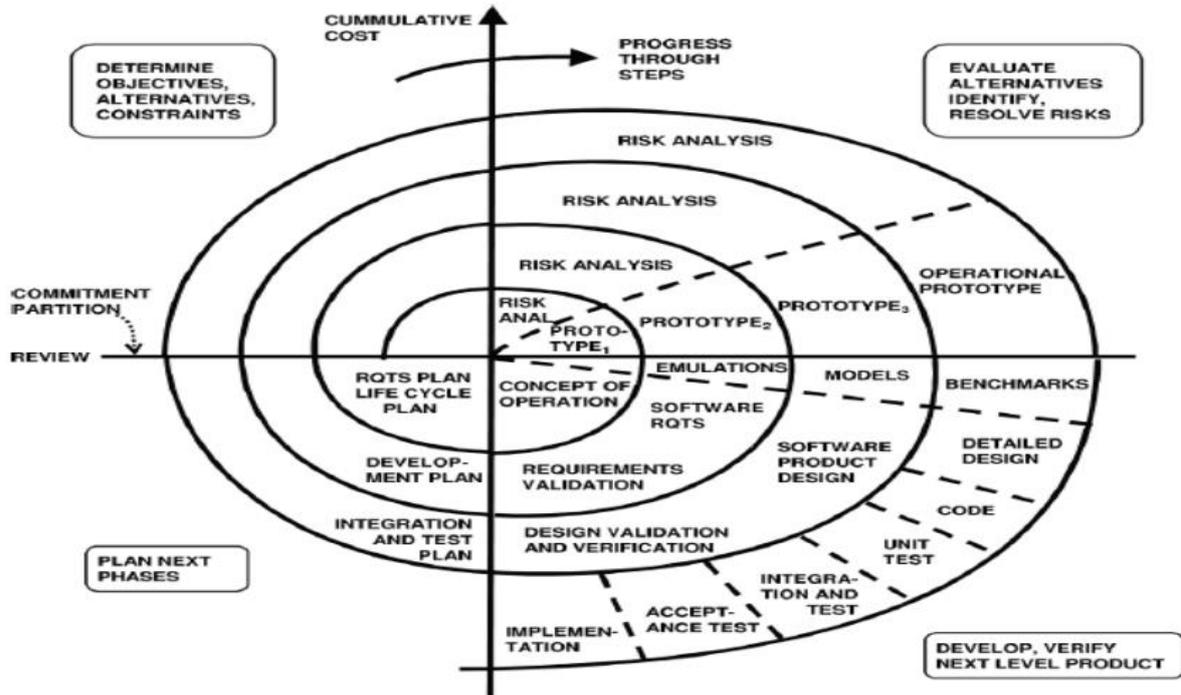


Figure 4 : Modèle en spirale

1.5 INGENIERIE ERGONOMIQUE

Selon Wikipédia, le terme Ergonomie vient des mots grecs : « ERGON » : le travail et « NOMOS » : la loi, la règle. Littéralement, elle désigne donc la science qui étudie les normes de travail. L'**ergonomie** peut donc être considérée comme « l'étude scientifique de la relation entre l'homme et ses moyens, méthodes et milieux de travail » et l'application de ces connaissances à la conception de systèmes « qui puissent être utilisés avec le maximum de confort, de sécurité et d'efficacité. »

Pour Agence Nationale française de l'Amélioration des Conditions de Travail (ANACT), l'ergonomie rassemble des connaissances sur le fonctionnement de l'homme en activité afin de l'appliquer à la conception des tâches, des machines, des outillages, des bâtiments et des systèmes de production.

De ces deux acceptations, on peut dire que l'ergonomie est une science qui permet d'adapter le travail. C'est-à-dire qu'elle permet de mettre sur pied un environnement de travail dans lequel le travailleur devra accomplir la tâche qui lui est confiée avec un maximum de confort, de sécurité et d'efficacité. En ce qui concerne le présent travail, il s'agira de construire un EIAH interactif qui permettra à l'apprenant de mettre en évidence le phénomène de poussée d'Archimède et ses contours (conséquences, application dans la vie courante).

En vue d'améliorer les interactions homme-machine, d'adapter le travail à l'homme, l'ergonomie porte un intérêt sur l'aménagement de l'environnement de travail dans lequel l'utilisateur va interagir avec le système (Ludivine MAS, 2007). L'ergonomie cognitive ou ergonomie des interfaces Hommes-Machines a pour objectif de :

- Diminuer les erreurs d'apprentissage des systèmes Hommes-Machines ;
- Diminuer les temps d'apprentissage des systèmes Hommes-Machines ;
- Rendre tout système Hommes-Machines plus facile à utiliser pour l'utilisateur

I.5.1 Analyse ergonomique du travail

Afin d'atteindre ces objectifs suscités, certains auteurs tel que Jacques LEPLAT (J LEPLAT, 1997) met un accent sur le fait que l'analyse ergonomique du travail est l'outil principal de l'intervention ergonomique en vue de la mise sur pied d'un système interactif. Elle peut contribuer à régler divers problèmes liés au travail. Pour F. GUERIN (F. GUERIN et al, 1991) ; WISNER, 1995), la démarche d'analyse du travail qui utilise des méthodes tel que les observations, les enquêtes, les questionnaires pour le recueil de données et s'articule autour de six étapes qui sont :

- 1) **L'analyse de la demande** qui vise tout d'abord à évaluer jusqu'à quel point le besoin correspond au problème réel qui semble se manifester. On peut faire une distinction entre la demande officielle et le besoin réel. Car une demande officielle peut dissimuler un autre problème ou des enjeux plus profonds que l'organisation (qui exprime le besoin) n'est prête à l'admettre dans un premier temps. Par ailleurs, il importe aussi de se tourner du côté des travailleurs (utilisateurs d'un système) afin de jauger comment ils comprennent la demande. Les techniques utilisées peuvent être : le questionnaire ; l'entretien.
- 2) **L'analyse de la situation**, vise à observer l'environnement, à prendre connaissance de la situation, du contexte dans lequel le travail effectué est réalisé. Ici on utilise principalement L'observation, la verbalisation.
- 3) **L'analyse de la tâche** arrive en troisième lieu et permet d'identifier ce que doivent faire les opérateurs, ce qui est donné comme consigne, feuille de route, les procédures, les prescriptions.
- 4) **L'analyse de l'activité**, vise à dégager, en situation, ce que font réellement les acteurs. Ici on s'intéresse à comment l'opérateur effectue les tâches qui lui sont données. On procède toujours à l'observation, l'entretien.

- 5) **La formulation du diagnostic** peut dès lors suivre en tant qu'hypothèse sur la situation, hypothèse qui devra être validée par les partenaires, opérateurs et décideurs de l'entreprise.
- 6) Ce n'est qu'à la sixième étape, après la validation, que se retrouve la formulation des recommandations sous forme de pistes pour améliorer le travail ou résoudre le problème de départ.

En ce qui concerne la création des didacticiels, les interactions que l'apprenant effectue avec le système doivent être bien organisée, bien présentée de façon son apprentissage. C'est la raison pour laquelle une étude préalable doit être faite sur la façon donc les tâches (activités apprentissages) à accomplir seront présentées l'apprenant. Il s'agit de définir

- + La charte graphique ; D'après Wikipédia, c'est le **cahier des normes graphiques** est un document de travail qui contient l'ensemble des règles fondamentales d'utilisation des signes graphiques qui constituent l'identité graphique d'une organisation, d'un projet, d'une entreprise (typographie des éléments, couleurs, structures des pages, harmonisation des composants etc.)
- + Le diagramme des tâches : qui permet de voir comment est-ce que les tâches effectuées sont découpées et enchainées

1.5.2 Evaluation ergonomique

Pour SENACH, Analyser les résultats d'un logiciel éducatif sur le plan pédagogique et ergonomique revient à faire son évaluation sur principalement deux aspects : l'utilisabilité du système (la maniabilité, facilité de prise en main) et son utilité (adéquation entre les objectifs à atteindre en termes d'apprentissage et les services offert par le logiciel). Dans notre cas l'utilisateur final est l'apprenant (élève de la classe de 3^e), et le client est le système éducatif et les objectifs de haut niveau concernent l'apprentissage.

Le tableau suivant est une grille, d'évaluation proposée par Claude MERMOUX Yves. Il illustre ainsi l'ensemble des critères que doit respecter l'environnement d'apprentissage :

COMPETENCES	Adéquation avec les programmes de PCT en 3 ^{ème}	
	Nombre de compétences abordées	
	Informations valides	

ERGONOMIE	Qualités Graphique	Précision	
		Commandes facilement repérables	
		Nombre de touches à mémoriser	
		Images claires	
		Pas de surcharges inutiles	
		Couleurs utilisées lisible	
	Qualités Sonore	Sons et voix de qualité	
		Pas de surcharges inutiles	
		Textes et consignes lus par le logiciel	
MODE D'ORGANISATION	Elève en autonomie		
	Classe entière		
	Enseignant avec l'élève		
	Binôme		
TYPE D'ACTIVITÉS	Automatisation (réutilisation de procédure)		
	Mémorisation		
	Situation-problème		
	Evaluation		
MODULARITE	Contenu paramétrable par l'élève, par le maître (temps, difficulté, entrée des données)		
	Progression dans les apprentissages		
	Evaluation paramétrable intégrée au logiciel		
	Quantité des items		
	Impression des items		
	Présélection des items par le maître		
	Possibilité de reprendre plus tard un travail commencé		
GESTION DES ERREURS	Adaptation du niveau de difficulté en fonction des erreurs		
	Analyse de l'erreur pour apporter une aide ciblée		
	Nombre d'erreurs comptabilisées et limitées		
	Traçabilité de l'erreur		
	Proposition de remédiation		

REVUE DE LA LITTÉRATURE

	Justification des réponses	
	Résultats enregistrés	
GESTION DES BILANS	Gestion individuelle	
	Gestion collective du groupe classe	
	Impression des résultats	
Remarques et impressions générales :		

Tableau 2 : Grille d'Evaluation des didacticiels de Claude Mermoux

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Dans ce chapitre nous parlerons des différentes méthodes choisies pour le développement de notre logiciel en termes d'ingénierie pédagogique, logicielle, des théories d'apprentissage et d'ergonomie. Mais avant cela, nous indiquerons le matériel nécessaire.

II.1 MATERIEL

Partant de l'idée à la mise sur pied de NAY-LAB, nous utiliserons les outils suivant :

II.1.1 Matériels utilisés

- ✚ Trois ordinateurs (laptop) : En moyenne un par membre de l'équipe projet, ceux-ci nous serviront de plateforme physique pour la réalisation de notre laboratoire virtuel.
- ✚ Une clé internet : Pour avoir en permanence accès à internet. Consulter la documentation, faire des recherches sur les contours du sujet.
- ✚ Deux téléphones Android qui serviront de modem pour la connexion internet : qui assurent la même fonction de la clé internet.
- ✚ Programme officiel de PCT troisième : C'est dans ce manuel que nous nous baserons pour élaborer les objectifs d'enseignement, les savoirs, savoir-faire et savoir-être qui résulteront d'un apprentissage avec NAY-LAB
- ✚ Projet pédagogique du lycée de BIYEM-ASSI 2015-2016 : C'est grâce à ce manuel que nous allons bien percevoir les acquis liés à l'apprentissage du phénomène de poussée d'Archimède.
- ✚ Physique chimie technologie en classe de troisième, Les classiques Africaines ; pour l'élaboration des contenus à enseigner.
- ✚ Une rame de papier, des stylos à billes et une salle de travail : Pour garder la trace des séances de réflexion sur le projet

II.1.2 Logiciels utilisés

- ✚ Windows 7, Windows 10 : Plateforme logicielle nécessaire pour mettre sur pied NA-LAB
- ✚ MS WORD : Édition des rapports des rencontres, cahiers de charge et toute autre documentation liée au projet.
- ✚ ADOBE FLASH PROFESSIONNEL CS6 : logiciel central utile pour la réalisation de notre laboratoire virtuel.
- ✚ ADOBE AUDITION CS6 : enregistrement du son

- ✚ ADOBE PHOTOSHOP CS6 et MICROSOFT PAINT pour le Traitement d'images
- ✚ ADOBE FLASH PLAYER v11.2 pour la lecture des animations swf
- ✚ Editeurs : NOTEPAD++ pour la réalisation de l'interface web de notre application,
- ✚ Editeur d'ADOBE FLASH CS6 : codage en Action script 3

II.1.3 Langages de programmation :

Ces langages nous permettrons de donner des instructions à la machine.

- ✚ Action Script 3.0 pour le codage des modules d'apprentissages de notre laboratoire virtuel.
- ✚ HTML5, JavaScript, CSS : Pour la mise sur pied de l'interface web qui va supporter notre application afin qu'elle puisse être accessible à distance.

II.2 METHODES

Dans la suite de notre travail nous utiliserons un seul modèle par catégorie.

II.2.1 Théorie d'apprentissage

Le modèle allostérique est la théorie d'apprentissage qui porte le squelette de notre didacticiel à cause de son objectif principale qui est la déconstruction, la construction et la reconstruction des schèmes de l'apprenant. Méthode utilisée pour notre didacticiel.

II.2.2 Ingénierie logicielle

Dans la suite de ce travail, le modèle de développement que nous allons utiliser est le cycle en cascade pour les raisons suivantes :

- Simplicité dans la prise en main,
- Facilité de mise en œuvre
- Il est adapté pour des projets de petites tailles

C'est avec ce modèle que nous ferons l'analyse des besoins, l'analyse système, la conception, l'implémentation, les tests unitaires, la validation et les tests d'intégration.

II.2.3 Ingénierie pédagogique

NAY-LAB est un didacticiel multimédia et interactif pour l'apprentissage. Le choix du modèle que nous allons adopter est basé sur celui qui répond à ses attentes. Après une étude des différents modèles d'ingénierie pédagogique, il en ressort qu'il n'y a pas de différence majeure entre eux.

Nous avons donc opté pour le modèle ADDIE pour les raisons qui suivent :

- ✚ Son caractère à la fois linéaire et itératif fait qu'il soit conseillé pour la réalisation des grands et petits projets des systèmes d'apprentissage
- ✚ Il est un modèle générique ;
- ✚ Une analyse minutieuse des besoins est requise dès le début du développement
- ✚ Ce modèle évalue le dispositif pédagogique, afin d'obtenir les résultats escomptés.
- ✚ Ce modèle nous permet de diffuser le système d'apprentissage disponible aux apprenants
- ✚ Il est celui qui est plus proche du cycle de vie en génie logiciel et se révèle surtout moins complexe que les autres

Avec le modèle ADDIE nous ferons les étapes d'analyse, de conception et d'évaluation pédagogique.

II.2.4 Méthodes pour l'analyse et la conception ergonomique

II.2.4.1 Analyse ergonomique

L'analyse ergonomique de notre travail se fera donc suivant le modèle de F. GUERIN (F. GUERIN et al, 1991 ; WISNER, 1995) qui se décline en six parties. Notre intérêt à utiliser cette approche est qu'elle permet de modéliser un travail à faire à partir du besoin exprimé jusqu'à la définition explicite de comment chaque action sera menée, dans quel condition l'opérateur devra effectuer le travail qui lui est assigné.

II.2.4.2 Conception ergonomique

Lorsqu'on parle de mise sur pied d'un EIAH tel que NAY-LAB on doit inévitablement prendre en compte le critère d'acceptabilité de son logiciel par les utilisateurs terminaux. Ce qui nous emmènera sans doute à s'intéresser un temps soit peut à la charte graphique (choix des couleurs, éléments graphiques, disposition des éléments, etc.

II.2.4.3 Evaluation ergonomique

Pour évaluer notre didacticiel nous utiliserons la grille d'évaluation de Claude MERMOUX car elle a l'avantage d'être appliqué au didacticiel et de mêler l'évaluation ergonomique à l'évaluation pédagogique.

Nous utiliserons aussi un test utilisateur pour observer le comportement des élèves durant l'utilisation de NAY-LAB et jauger son utilité.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre nous parlerons des résultats obtenus de l'application des différentes étapes du processus de développement de notre didacticiel en termes d'ingénierie pédagogique, logicielle, et ergonomique. D'abord les phases d'analyse et de conception, ensuite la phase de réalisation et enfin la phase d'évaluation

III.1 RESULTATS ANALYSE ET CONCEPTION LOGICIELLE.

III.1.1 Analyse logicielle

III.1.1.1 Etude de faisabilité

En tant qu'étudiant d'informatique à l'ENS de Yaoundé, nous disposons pleinement des moyens dument nous permettre de mettre sur pied un environnement d'apprentissage assisté par ordinateur. Le groupe étant constitué d'un membre ayant un background en Sciences et Technologies, et de deux informaticiens, les moyens humains sont adéquats pour réaliser le didacticiel en question. Le récapitulatif des membres se présente comme suit :

	NOMS et PRENOMS	DIPLOME DE BASE
1	ALANG France	Licence en Chimie Appliqué
2	NEMI ELADA Joseph	Licence en Informatique
3	YONTCHOU KWANANG Onesime	Licence en Informatique
4	Dr PRISO NDEDI (encadreur)	

Tableau 3 : Membres de l'équipe projet

En considérant, et ce qui est bien le cas que chacun de nous a à sa disposition le matériel minimal et maîtrisant un ensemble de méthodes liées à la mise sur pied d'un outil d'autoapprentissage, on peut se prévaloir d'avoir un ensemble de moyens matériels et financiers requis pour faire naître NAY-LAB. Un travail de groupe requière une bonne organisation, un planning de réalisation des activités, une bonne répartition des tâches et un bilan permanent sur l'état d'avancement des travaux avec l'encadreur. Ce qui implique forcément une bonne gestion du temps et une stratégie de travail qui ne demande qu'à être respecté afin que tout aille bien.

III.1.1.2 Analyse des besoins fonctionnels

Notre logiciel à vocation éducative devra permettre à nos utilisateurs d'effectuer les opérations suivantes :

- ✚ **Réaliser une activité mettant en évidence le phénomène de Poussée d'Archimède** : Il s'agira de montrer que le phénomène de Poussée d'Archimède existe et le caractériser.
- ✚ **Réaliser une activité sur les effets de la poussée d'Archimède** : Dans cette activité, on soulèvera les conséquences de la poussée d'Archimède sur tout objet immergé dans un liquide : L'apprenant pour aussi prédire sur la flottabilité d'un corps.
- ✚ **Réaliser une activité portant sur l'implication de la poussée d'Archimède dans la vie courante** : Ici, on parlera des contextes dans lesquelles la poussée d'Archimède intervient. Les bateaux, les sous-marins...

III.1.1.3 Analyse des besoins non fonctionnels

Une étude faite sur l'analyse des besoins non fonctionnelle permet de faire ressortir l'ensemble des contraintes sur les besoins fonctionnels suscités. L'application baptisée NAY-LAB doit remplir les critères suivant :

- ✚ Facile à utiliser pour le client c'est-à-dire qu'elle doit obéir aux critères d'acceptation et de validation d'un EIAH, La prise en main et la maniabilité doivent être facile.
- ✚ Les fonctionnalités doivent être clairement visibles à l'utilisateur
- ✚ L'élève peut utiliser l'application autant de fois qu'il le désire.
- ✚ L'application peut être paramétrée (taille de l'écran, volume du son, muet ...)
- ✚ Une fois rendu sur l'interface web qui permet d'accéder à NAY-LAB le temps de réponse du système doit être raisonnable (l'ordre de quelques secondes).
- ✚ On doit pouvoir accéder à application via toute les plates formes sans risque d'avoir un problème d'incompatibilité avec les autres logiciels installés dans la machine cliente.
- ✚ Portabilité : aucune car le système ne fonctionnera pas en mode client/serveur

III.1.1.4 Analyse des besoins système

Besoins matériels : Pour qu'une machine puisse exécuter l'application (NAY-LAB), elle devra disposer des caractéristiques minimales suivantes :

RESULTATS ET DISCUSSION

- ✚ Mémoire Centrale d'une capacité : 512Mo ;
- ✚ Processeur : 1Ghz ;
- ✚ Carte graphique :512 Mo.
- ✚ Carte son intégrée et une sortie audio

Besoins logiciels : Pour exécuter l'application, en plus du système d'exploitation Windows, une distribution linux (Fedora, Symbian, Ubuntu, Kali-linux etc.), il faudrait disposer des utilitaires suivant :

- ✚ Navigateur récent (datant d'au moins 2012, intègre la lecture des médias
- ✚ Adobe Flash Player pour la lecture des animations/simulations (des fichiers au format .swf (Shockwave Flash)) sur notre navigateur

III.1.2 Conception logicielle

Notre travail de conception logicielle se fera suivant les étapes ci-après : découpage en sous-systèmes, Découpage des sous-systèmes en modules, Système de traitement, architecture du logiciel, Choix des technologies,

III.1.2.1 Découpage en sous-système

- ✚ Sous-système d'affichage : C'est ce sous système qui permet de gérer l'accès à nos différents modules qui seront décrits dans la suite.
- ✚ Sous-système d'apprentissage : C'est ici que nous implémenterons les différents modules

III.1.2.2 Découpage des sous-systèmes en modules

En ce qui concerne le système d'affichage, on aura principalement deux modules

- ✚ Le module de définition du socle/support de l'application : Ici nous allons construire une page web dynamique qui nous permettra présenter l'ensemble du système à l'utilisateur.
- ✚ Le module de communication : Qui s'occupera de la synchronisation et les appels lorsque l'utilisateur demandera à accéder à un autre module.

En ce qui concerne le système d'apprentissage, on aura principalement trois 03 modules

RESULTATS ET DISCUSSION

MODULE 1 : Introduction à la notion de la Poussée d'Archimède qui parlera de la poussée d'Archimède, ses caractéristiques et des paramètres dont elle dépend.

MODULE 2 : Effets de la poussée d'Archimède : flottabilité négative, positive et neutre

MODULE 3 : La poussée d'Archimède dans la vie courante

III.1.2.3 Système de traitement

Entrée	Traitement	Sortie
- Clic sur la souris - Survol de la souris - Lecture au clavier - Clic glissé	- Aller sur une autre interface - Evaluation des données entrées - Changement d'interface - simulation	Résultat d'un calcul Nouvelle fenêtre Présentation graphique (image, textuelle, iconographique etc.)

Tableau 4 : Système de traitement

III.1.2.4 Architecture du système

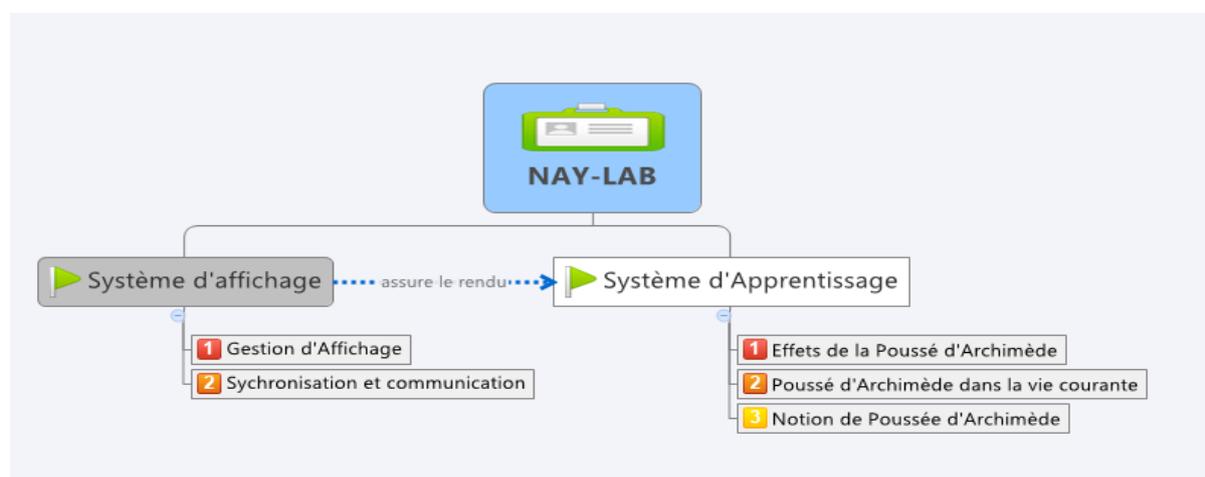


Figure 5 : Architecture Générale de NAY-LAB

III.2. RESULTATS DE L'INGENIERIE PEDAGOGIQUE

III.2.1 Analyse pédagogique

III.2.1.1 Besoins de formation

La définition des besoins de formation sera faite en trois parties (nos modules)

MODULE 1 : La Poussée d'Archimède et ses paramètres

Objectifs : A la fin de cette séquence d'enseignement, l'apprenant sera capable de :

RESULTATS ET DISCUSSION

- ✚ Définir en moins de 100 mots la poussée d'Archimède.
- ✚ Donner précisément sa direction, son sens et son intensité.
- ✚ Présenter en moins de 200 mots l'expérience permettant de mettre en évidence la poussée d'Archimède.
- ✚ Déterminer expérimentalement son intensité.
- ✚ Citer les paramètres dont dépend la poussée d'Archimède.

Prérequis

- ✚ Savoir lire et comprendre le français
- ✚ Avoir une bonne maîtrise de l'utilisation de la souris et du clavier
- ✚ Avoir une bonne maîtrise des calculs arithmétiques (division, multiplication)
- ✚ Pouvoir faire une comparaison de valeurs

Types d'Evaluation : Auto-évaluation formative

Matériel expérimental

Dans le but d'atteindre les objectifs précisés ci-haut, On se servira dans cette séquence d'enseignement du matériel expérimental suivant :

- ✚ Un pot de billes et un pot vide de 100ml
- ✚ Un dynamomètre
- ✚ De l'éthanol, de la glycérine, de l'eau.
- ✚ Un bécher contenant 200ml d'eau
- ✚ Des pierres (cailloux)
- ✚ Des cubes en métal, des petits cylindres de bois

MODULE 2 : Effets de la Poussée d'Archimède

Objectifs : A la fin de cette séquence d'enseignement, l'apprenant sera capable de :

- ✚ De Lister avec 100% de précision les trois 03 effets de la poussée d'Archimède sur un objet immergé dans un liquide.
- ✚ Identifier avec certitude un de ces effets sur un objet immergé dans un liquide.
- ✚ Indiquer avec précision dans quelle condition on parle de flottabilité positive, de flottabilité négative et de flottabilité neutre.

RESULTATS ET DISCUSSION

- + Donner avec 100% de précision le facteur déterminant dans la flottabilité d'un corps
- + Prédire à 100% sur la flottabilité d'un corps s'il était immergé dans un liquide donné.
- + Expliquer avec 70% de précision le phénomène de flottaison des corps immergés.

Prérequis

- + Savoir lire et comprendre le français
- + Avoir une bonne maîtrise de l'utilisation de la souris et du clavier
- + Avoir une bonne maîtrise des calculs arithmétiques (division, multiplication)
- + Pouvoir faire une comparaison de valeurs

Matériel expérimental

Dans le but d'atteindre les objectifs précisés ci-haut, On se servira dans cette séquence d'enseignement du matériel expérimental suivant :

- + Une balle de ping-pong,
- + Un pot de sable,
- + Un objet_x
- + Une sphère, un cube et une pyramide
- + Une cuve d'eau,
- + Trois cuves d'huile de palme,
- + Une table

Module 3 :

Objectifs : A la fin de cette séquence d'enseignement, l'apprenant sera capable de :

- + Maîtriser avec 100% de précision le calcul du poids, à partir de la masse
- + Maîtriser avec 100% de précision le calcul du poids, à partir du volume
- + Comprendre que la poussée d'Archimède est une force et s'exprime en Newton
- + Comprendre que la poussée d'Archimède est le poids du liquide déplacé par l'objet immergé
- + Comprendre que la flottabilité est un phénomène prédictible
- + Attester avec 100% de fiabilité que le volume d'un objet quelconque déterminé expérimentalement est son volume exact.
- + Réinvestir les compétences acquises tout au long des TP précédents

Prérequis

- + Savoir lire et comprendre le français

RESULTATS ET DISCUSSION

- ✚ Avoir une bonne maîtrise de l'utilisation de la souris et du clavier
- ✚ Avoir une bonne maîtrise des calculs arithmétiques (division, multiplication)
- ✚ Pouvoir faire une comparaison de valeurs

Types d'Evaluation : Auto-évaluation formative

Matériel expérimental

Dans le but d'atteindre les objectifs précisés ci-haut, On se servira dans cette séquence d'enseignement du matériel expérimental suivant :

- ✚ Un bateau,
- ✚ Un cube,
- ✚ Une couronne
- ✚ Une cuve d'eau,

III.2.1.2 Public cible

Un aspect non négligeable du développement d'un programme informatique c'est l'identification claire du public cible. Car il s'agit là des utilisateurs terminaux, des personnes qui devons recevoir et acquérir des connaissances véhiculées par ce logiciel. Dans notre cas, il s'agit des élèves des lycées et collèges d'enseignement secondaire général. Une analyse du public cible concerne se focalise sur les informations d'ordre Général et tient compte de certaines caractéristiques tels que :

- ✚ **L'âge** : En effet, nous avons constaté que la plupart des enfants de 3^{ème} sont dans la tranche d'âge de 12 à 16 ans, et qu'ils sont attirés par des nouveaux produits et surtout par un matériel attrayant. Ils sont aussi curieux en ce qui concerne un apprentissage qui s'effectue à travers un ordinateur. Donc, il s'avère que dans cette tranche d'âge, les élèves s'adonnent encore à un apprentissage ludique.
- ✚ **Le genre** : conformément à ce que prône le gouvernement Camerounais, il n'y a pas de distinctions entre les deux genres. Mais il faut noter que chaque sexe a ses spécificités, ses goûts et ses préférences. La plupart des filles par exemple sont réticentes en ce qui concerne les jeux, et sont aussi peu curieuses.
- ✚ **La langue** : les classes peuvent être diversifiées en termes de langue maternelle, par contre, le milieu ne l'est pas car c'est dans tous les établissements d'enseignement secondaire général au Cameroun. On retrouve plusieurs langues dans une salle de

classe. Aussi, il est préférable d'employer une langue officielle pour communiquer dans le didacticiel. C'est pourquoi nous avons utilisé le français.

III.2.1.3 Opportunité multimédia

L'atout majeur de l'enseignement assisté par ordinateur repose sur le fait qu'il intègre très souvent l'utilisation de différentes ressources multimédia. Ainsi, la construction d'un didacticiel tel que NAY-LAB ne saurait être en marge de cette opportunité. Il est clair qu'un didacticiel en lui seul peut constituer une ressource pédagogique ; mais l'intérêt serait donc d'ajouter l'aspect multimédia (images, sons, animations etc.) dans notre environnement d'apprentissage.

III.2.1.4 Les ressources existantes pour le système d'apprentissage

Depuis les années 2000, L'état Camerounais a lancé une vaste campagne de dotation des établissements scolaires en centre de ressources multimédia. Aussi, avoir à sa disposition un ordinateur personnel est un défi que plusieurs familles tentent de relever. Ce qui implique et confirme l'existence des supports pouvant nous permettre de d'utiliser nos ressources multimédia. Par ailleurs, plusieurs ressources transversales sur les concepts tels que la pression, la force, le poids disponible sur <https://phet.colorado.edu/sims/>.

III.2.2 Conception pédagogique

Etant donnée une spécification (ce que doit faire le produit), qui répond à la question « QUOI », il est question dans cette étape de répondre à la question du « COMMENT », c'est-à-dire les moyens, méthodes, outils et procédés à mettre en œuvre pour parvenir à une architecture solide, gage d'une réalisation adéquate. La conception pédagogique élabore des contenus et les moyens d'évaluations des élèves. Cela passe par une définition claire des objectifs à atteindre à travers le logiciel.

Pour cette phase de conception pédagogique nous allons définir pour chaque module les contenus à enseigner, le scénario de chaque activité pratique.

III.2.2.1 Choix des stratégies pédagogiques

Les didacticiels entre dans le cadre des outils d'autoapprentissage intégrale. En ce qui nous concerne particulièrement, nous avons opté à mettre sur pied un laboratoire virtuel. Ce qui nous conduit à l'usage des stratégies d'enseignants suivantes :

- ✚ **Enseignement** assisté par ordinateur : car l'apprenant sera seul face à l'outil et devra donc s'auto-former.
- ✚ La **méthode expérimentale** : car l'apprenant acquiert une habileté en manipulant
- ✚ **Simulations** : Qui permettront d'exploiter la mémoire visuelle pour faire assoir les connaissances à transmettre
- ✚ **Evaluation formative** : Pendant que l'apprenant avance dans son apprentissage il est soumis à une évaluation.

III.2.2.2 Sélection des médias à utiliser

Nous avons choisi les médias suivants pour NAY-LAB :

- ✚ Une interface web : ce qui rendra les contenus d'apprentissage de NAY-LAB disponible dans tout le Cameroun et le monde entier.
- ✚ Des animations/simulations : qui sont des expériences que l'apprenant réalisera

III.2.2.3 Compétences générales à développer

Les compétences à développer par NAY-LAB sont :

- ✚ Mettre en évidence et calculer expérimentalement la poussée d'Archimède.
- ✚ Présenter les paramètres dont dépend la poussée d'Archimède.
- ✚ Expliquer et prévoir la flottabilité des objets immergés dans un liquide quelconque.
- ✚ Expliquer la flottaison des bateaux
- ✚ Déterminer expérimentalement le volume d'un objet de forme quelconque.

III.2.2.4 Scénarisation des activités

Les trois modules de NAY-LAB ont été scénarisés et nous présentons ici les grandes étapes de chaque module.

Module 1 :

1. Mise en évidence de la poussée d'Archimède et de ses caractéristiques
2. Mise en évidence du premier paramètre de la poussée d'Archimède (Le volume du corps immergé)
3. Mise en évidence du deuxième paramètre de la poussée d'Archimède (La masse volumique du liquide dans lequel le corps est immergé)

Module 2 :

1. Mise en évidence de la flottabilité positive
2. Mise en évidence de la flottabilité négative
3. Mise en évidence de la flottabilité neutre
4. Prédiction de la flottabilité d'un corps.

Module 3 :

1. Pourquoi les bateaux flottent (Volume, Poids du bateau)
2. Détermination expérimental du volume d'un objet de forme irrégulière
3. Enigme de SYRACUSE

III.2.2.5 Elaboration des contenus à enseigner

Module 1 :

Le but de ce module est de faire savoir à l'enfant que tout corps immergé dans un fluide subit de la part de ce fluide l'action d'une force verticale, vers le haut et égale au poids du volume de fluide déplacé. Il s'agit ici de mettre en évidence et de calculer expérimentalement la poussée d'Archimède.

- ✚ L'expérience consiste à mesurer le poids d'un pot de bille à l'air libre au moyen d'un dynamomètre (On relève cette valeur), puis de plonger le pot dans 200ml d'eau et relever le poids apparent du pot dans l'eau. La différence de valeur entre le poids et le poids apparent met en exergue la poussée d'Archimède.
- ✚ L'intensité de la poussée correspond à la valeur du poids moins celle du poids apparent.

RESULTATS ET DISCUSSION

- ✚ On effectue ensuite la pesée du volume de liquide déplacé et on obtient la même valeur, ce qui permet de confirmer que la poussée est égale au poids du liquide déplacé.
- ✚ La poussée d'Archimède dépend du volume de l'objet et de la masse volumique du liquide.
- ✚ Les objets de grand volume génèrent une plus grande poussée chez les liquides que ceux de plus petit volume.
- ✚ Les liquides de grande masse volumique produisent une plus grande poussée que ceux ayant une petite masse volumique.

Module 2 :

Le but de ce module est non seulement de faire savoir à l'enfant que tout corps immergé dans un liquide peut avoir trois états, mais aussi de lui donner les outils lui permettant de prédire sur la flottabilité d'un corps dans un liquide.

- ✚ Un corps flotte sur un liquide si la force montante que l'eau exerce sur ce liquide est plus grande que son poids. Ou encore lorsque sa masse volumique est plus faible que celle du liquide
- ✚ Un corps coule lorsque son poids est plus important que sa poussée d'Archimède ou encore si sa masse volumique est plus importante que celle du liquide
- ✚ Lorsqu'il y'a égalité de forces ou de masses volumiques, on dit qu'il y'a équilibre ou encore l'objet coule entre deux eaux.
- ✚ En comparant les densités d'un corps et de l'eau, on peut prédire si ce corps va flotter ou pas.

Module 3

Le but de ce module est de permettre à l'élève de rapprocher l'étude du phénomène de la poussée d'Archimède avec les situations concrètes de vies. Nous nous proposons au début de l'expérience d'emmener par l'expérience l'élève à prédire si un bateau peut flotter ou pas. Nous allons également dans ce module, permettre à l'élève de déterminer le volume d'un objet de forme irrégulière en utilisant le principe de la poussée d'Archimède.

- ✚ Le bateau flotte si sa poussée est supérieure à son poids

- ✚ Le volume d'un corps complètement immergé dans l'eau est égale au volume d'eau déplacé par cet objet.

III.3. RESULTATS DE L'INGENIERIE ERGONOMIQUE

III.3.1 Analyse ergonomique

III.3.1.1 Analyse de la demande

Dans le cas de la réalisation d'un didacticiel sur la poussée d'Archimède en classe de troisième, la demande a été formulée à partir des statistiques des résultats des élèves de 3^{ème} en PCT et de l'enquête qui a été menée dans 4 établissements scolaire d'enseignements secondaire général de la ville de Yaoundé. Les pourcentages de réussite en PCT sont relativement bas 29,11% en moyenne. Le sondage révèle que la physique est l'une des parties qui contribuent énormément à ramener ce taux vers le bas. Le besoin d'apporter un coup de pouce à la compréhension de cette discipline en classe de troisième est donc réel d'autant plus que le Poussée d'Archimède en fait partie.

III.3.1.2 Analyse de la situation

Le contexte dans lequel la solution d'aide à la compréhension du phénomène de poussée d'Archimède sera utilisée est celui d'un apprentissage assisté par ordinateur. L'apprenant sera donc face à une application informatique accessible par ordinateur. L'interface de NAY-LAB devra être élaboré suivant certains principes ergonomiques tels que définis dans la partie de conception ergonomique de NAY-LAB.

III.3.1.3 Analyse de la tâche

Dans le cadre de NAY-LAB, l'utilisateur pourra accomplir des taches telles que :

- ✚ Démarrer l'application NAY-LAB
- ✚ Suivre l'activité sur la mise en évidence de la poussée d'Archimède et ses caractéristiques.
- ✚ Expérimenter le TP sur les effets de la poussée d'Archimède et la prédiction de la flottabilité des corps.
- ✚ Mener une activité d'intégration portant sur la poussée d'Archimède dans la vie courante.

III.3.1.4 Analyse de l'activité

Nous indiquons ici ce que l'élève de 3^{ème} fera exactement afin d'accomplir les tâches suscitées dans la rubrique précédente. Cela suppose bien sûr que l'ordinateur complet donc disposera l'apprenant sera préalablement en service et que l'application NAY-LAB sera préalablement installé dans cette machine. Cf. Partie de la conception pédagogique sur la scénarisation des TP.

III.3.2 Conception ergonomique de NAY-LAB

III.3.2.1 Structuration des pages

La disposition des éléments sur les différentes vues du logiciel renvoie à la façon dont les composants graphiques sont répartis sur les pages de notre logiciel. Il s'agit entre autre de:

Structuration de la page d'accueil.

Celle de NAY-LAB est représentée par la figure ci-après

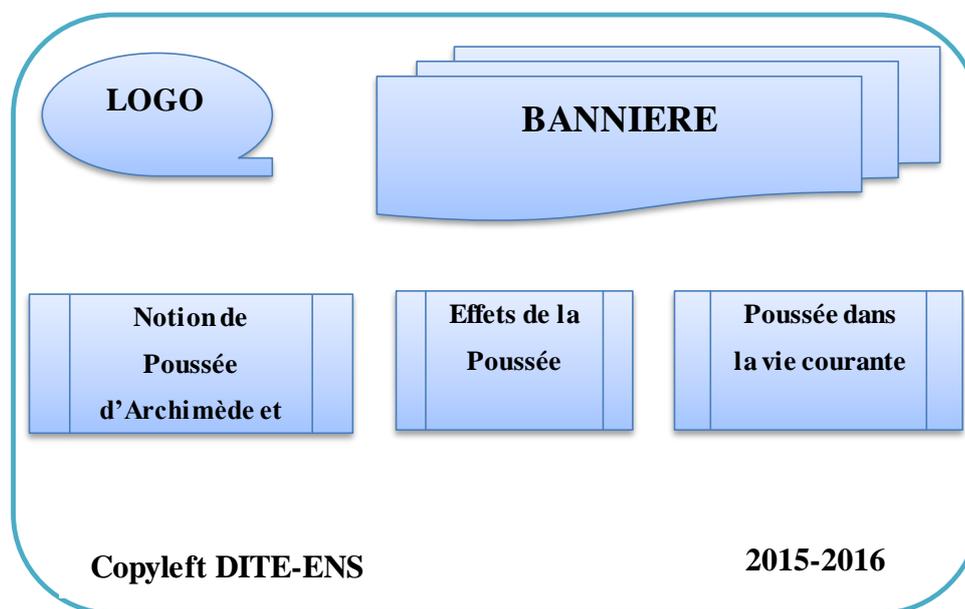


Figure 6 : Maquette de la page d'accueil de NAY-LAB

III.3.2.2 Diagramme des tâches



Figure 7 : Diagramme des Tâches de NAY-LAB

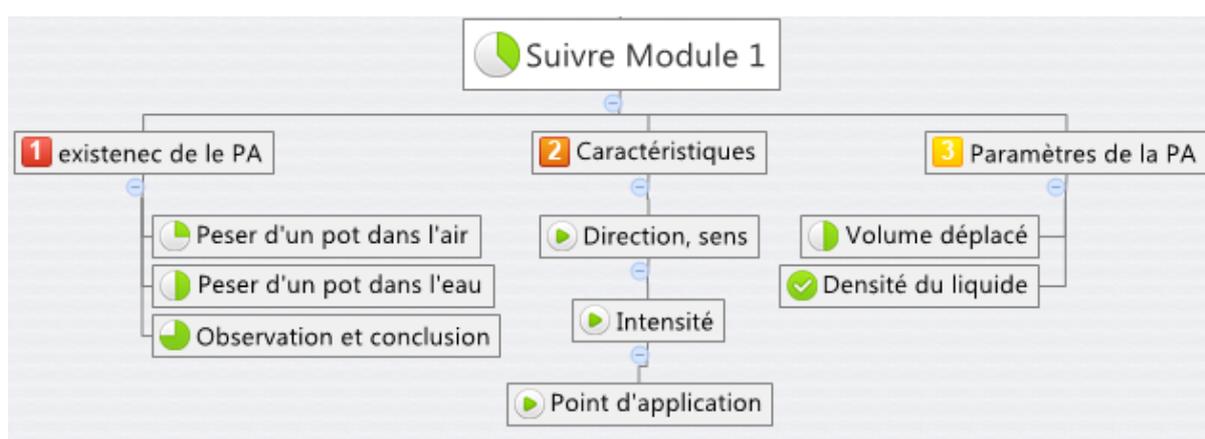


Figure 8 : Module 1

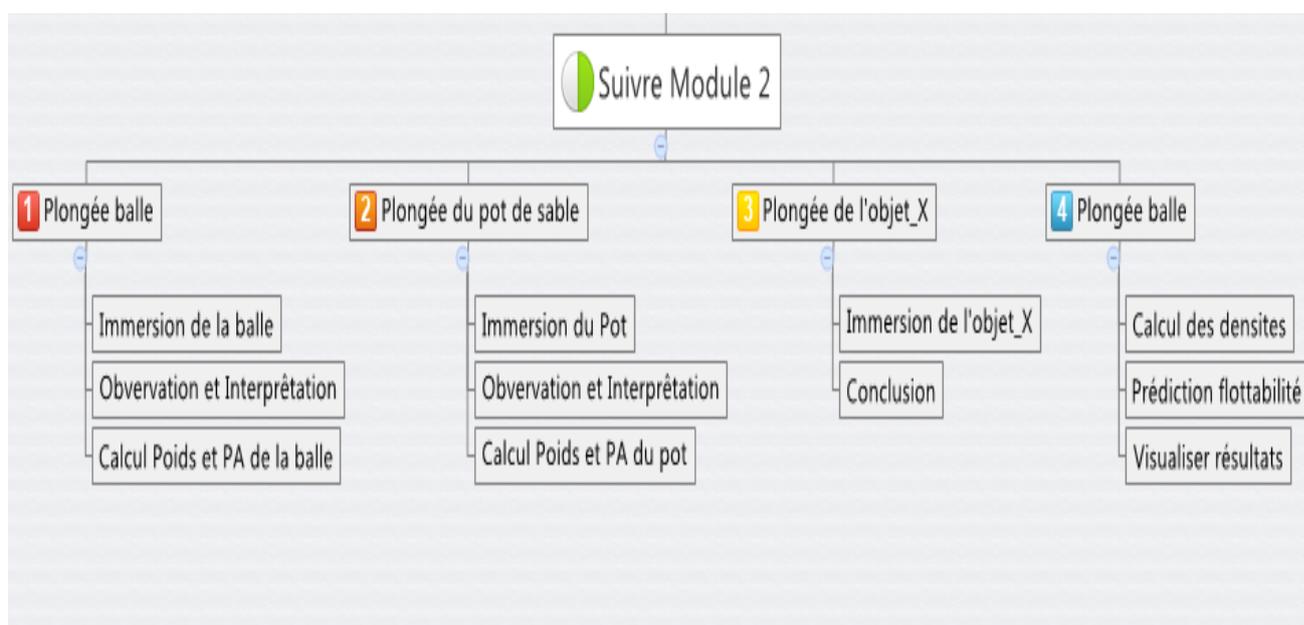


Figure 9 : Module 2

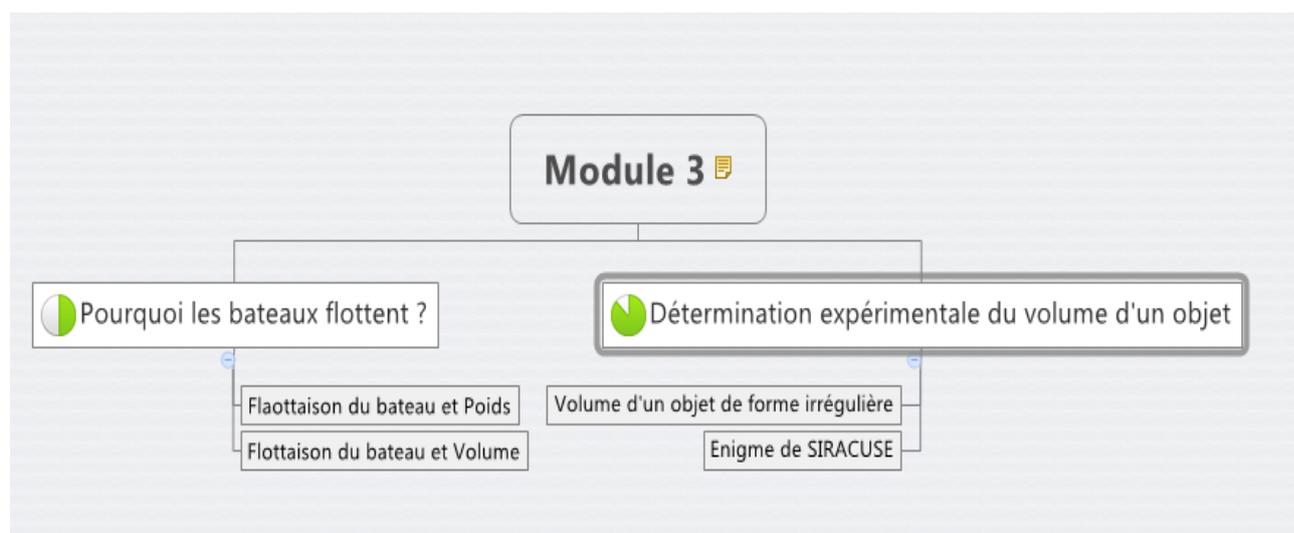


Figure 10 : Module 3

III.3.2.3 Charte graphique

La charte graphique définit et regroupe l'ensemble des règles fondamentales d'utilisation des signes qui constituent l'identité graphique d'une organisation, d'un projet, d'une entreprise. Ainsi les éléments suivants sont utilisés dans la conception de NAY-LAB.

- ✚ Le texte : texte est défini par la police Times New Roman, la taille de la police est différente selon qu'on soit en titre ; sous-titre, et contenu.
- ✚ Les couleurs : Comme couleur principale nous avons choisi le bleu ciel. En effet selon les critères ergonomiques de choix de couleur, celle-ci, sur le plan psychologique « Inspire la paix et l'introspection, calme, joie, favorise la créativité », et du point de vue effet physiologique elle abaisse la tension musculaire, la pression sanguine, ralentissement des fonctions psychologiques. La couleur blanche a été aussi choisie grâce à ces mêmes critères ergonomiques : c'est le symbole de la clarté.
- ✚ La navigation : En ce qui concerne la navigation, nous avons choisi une organisation hiérarchisée partant d'une page principale. Les trois 03 modules sont disponibles depuis la page d'accueil. Un menu sera tout de même disponible. On y trouvera un appendis (cours vidéo sur la Poussée d'Archimède, L'aide sur l'utilisation de NAY-LAB, et les profils des auteurs de ce laboratoire virtuel). Les boutons de navigation auront ainsi la couleur rouge lorsque l'apprenant aurait mal fait une interprétation et en vert lorsqu'il est dans le droit chemin.
- ✚ Les formes graphiques : Les contenus de chaque page sont organisés de sorte que, lorsqu'on ouvre une page, on voit directement le contenu s'y trouvant dans cette page.

Dans la partie centrale de la page, on a le contenu de la page. Les pages ont été conçues pour être consultées en plein écran dans un navigateur web.

III.4 RESULTAT DE LA PHASE DE REALISATION

Ici nous présentons le produit fini (NAYLAB) qui constitue le livrable de la phase de développement. D'après l'analyse faite plus haut, NAY-LAB devait offrir trois grandes fonctionnalités. Il s'agit des différentes activités pratiques que l'apprenant manipulera. Il s'agit d'un TP sur la mise en évidence de la poussée d'Archimède, un TP sur les effets de la poussée d'Archimède et un TP qui parle de la flottabilité des bateaux. La figure suivante illustre la page d'accueil de notre laboratoire virtuel :

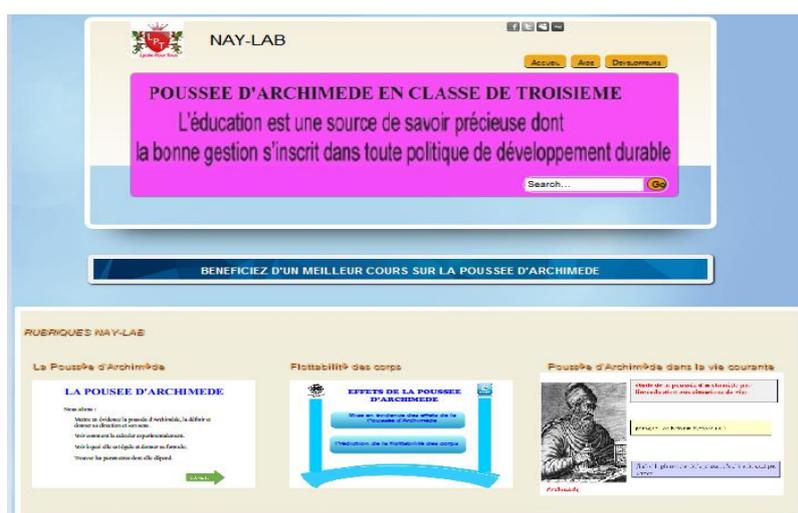
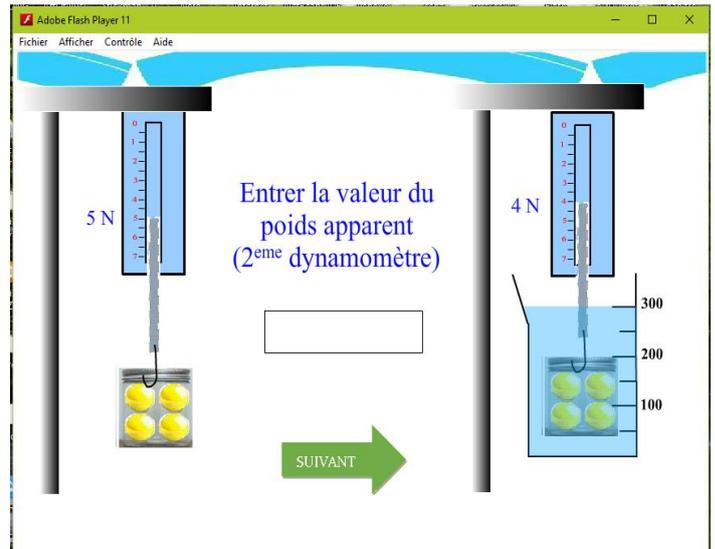
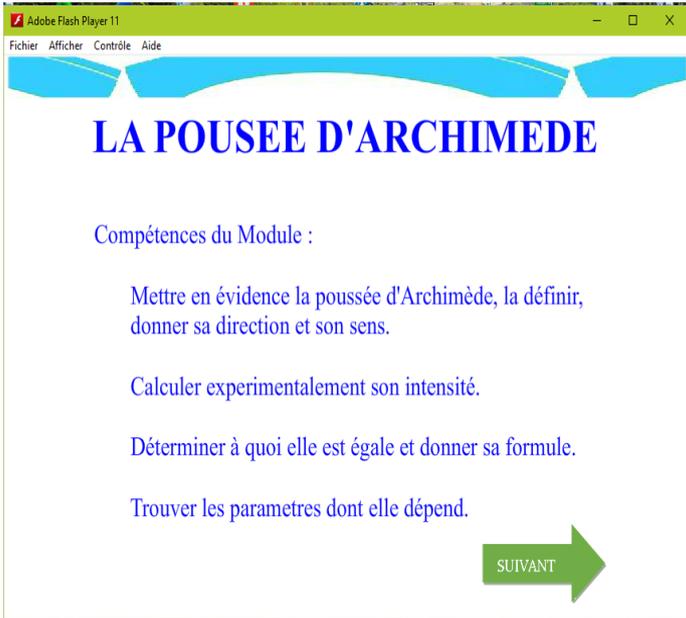


Figure 11 : Interface d'Accueil de NAY-LAB

On voit bien qu'il y'a principalement trois rubriques comme suscité ci-haut.

RESULTATS ET DISCUSSION

III.4.1 TP sur la mise en évidence de la poussée d'Archimède, des caractéristiques et des facteurs dont dépend le phénomène

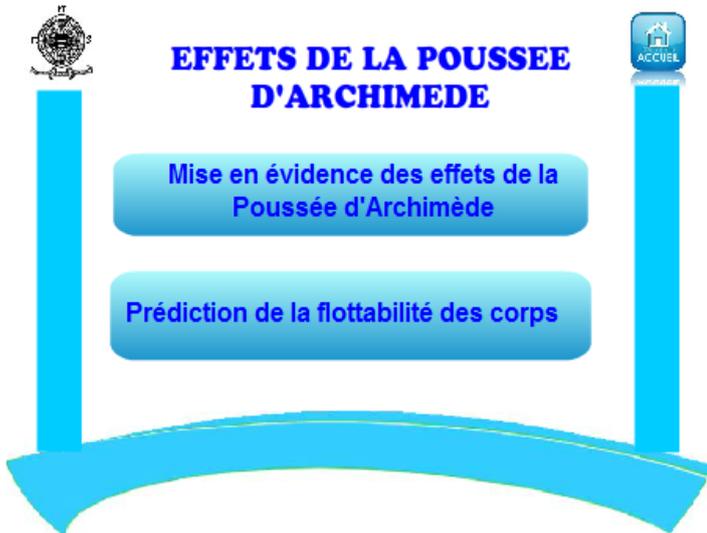


Mise en évidence de la poussée d'Archimède

Page d'accueil du premier module.

Figure 12 : Mise en évidence de la poussée d'Archimède

III.4.2 Un TP sur les effets de la Poussée d'Archimède



RESULTATS ET DISCUSSION

Plongée du pot de sable dans la cuve d'eau

Activité : Portez le pot et lâchez le à la surface de la cuve

Pourquoi le pot ne remonte pas aussi ?



Flottabilité Positive

Figure 13 : Module 2 : EFFETS de la Poussée d'Archimède

III.4.3 TP 3 : Etude de la poussée d'Archimède dans la vie courante.

étude de la poussée d'archimède par l'introduction aux situations de vies

pourquoi les bateaux flottent-ils?

exp2 exp1 exp3

détermination expérimentale du volume d'un objet

exp2 exp1

Archimède

Accueil du module 3

V=10L V=22.5L V=15L

Si ces 03 objets ont même masse $m = 18 \text{ kg}$, calculez leurs masses volumiques

$\mu_1 = 1.8$ ✓ $\mu_2 = .8$ ✓ $\mu_3 = 1.2$ ✓

suivant

Prédire la flottabilité d'un corps immergé

$PA < P$ $PA > P$

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Coulée et flottaison d'un bateau

Coulée et flottaison d'un bateau

soit le cube suivant d'arête (a) 2m, calcule le volume $V_c = a^3$

$V_c =$ m^3

on considère le volume d'eau (V_e) suivant relève le volume que tu lis

$V_e =$ m^3



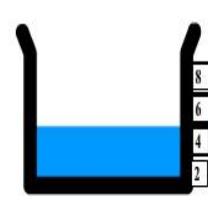
lire le volume avant et après

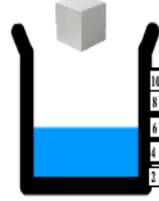
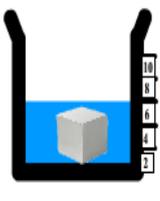
$V_{lu} =$ m^3

$V_{lu} =$ m^3

calcul à présent la différence de volume d'eau (vdif) entre le récipient initial et celui qui contient le cube

$V_{diff} =$ m^3




Détermination mathématique du Volume d'un objet

Détermination expérimentalement du Volume d'un objet

Figure 14 : Module 3 : Etude de la poussée d'Archimède dans la vie courante

III.5 RESULTAT DE LA PHASE EVALUATION

III.5.1 Sur le plan logiciel

III.5 .1.1 Test unitaire

Dans cette phase de test, nous nous sommes rassuré que chacun de nos modules fonctionne normalement tout en respectant les contraintes établies lors de la définition des Besoins non fonctionnels. Ainsi, de façon indépendante, La mise en évidence de la poussée d'Archimède, les effets de la poussée d'Archimède et la flottabilité des bateaux.

III.5 .1.2 Test d'acceptation

Dans cette phase, il s'agissait de s'assurer que le didacticiel est conforme aux spécifications. A cet effet, le système a été testé sur plusieurs catégories de sujet qui donnent une impression sur les aspects positifs et négatifs du système dans son ensemble et suivant les modules de théorie et de pratique.

-  Ceux ayant une connaissance moyenne des systèmes informatiques et multimédia
-  Ceux utilisant un peu l'outil informatique, et essentiellement des Smartphones.
-  Ceux utilisant les TIC pour apprendre

RESULTATS ET DISCUSSION

Dans les trois cas, les résultats seront présentés dans la partie de l'évaluation pédagogique de notre didacticiel baptisé NAY-LAB puisqu'il s'agit d'un logiciel éducatif.

III.5 .1.3 Test d'intégration

En ce qui concerne l'intégration des composants de notre application, la mise en commun n'a nullement posé un problème car depuis la phase de conception, nous avons opté pour l'utilisation des technologies web qui est fortement compatible avec tout type de ressources multimédia telles que : les vidéos, animations flash.

III.5 .2 Sur le plan pédagogique et ergonomique

Pour évaluer NAY-LAB sur le plan pédagogique et ergonomique nous avons utilisé la grille d'évaluation des didacticiels proposée par Claude MERMOUX Yves

Le tableau suivant est une copie de cette grille remplie en fonction de NAY-LAB. Il illustre ainsi l'ensemble des critères que respecte notre environnement d'apprentissage :

COMPETENCES	Adéquation avec les programmes de PCT en 3 ^{ème}		Oui
	Nombre de compétences abordées		04
	Informations valides		70%
ERGONOMIE	Qualités Graphique	Précision	90%
		Commandes facilement repérables	100%
		Nombre de touches à mémoriser	
		Images claires	90%
		Pas de surcharges inutiles	Oui
		Couleurs utilisées lisible	Oui
	Qualités Sonore	Sons et voix de qualité	Oui
		Pas de surcharges inutiles	Non
		Textes et consignes lus par le logiciel	Non
MODE D'ORGANISATION	Elève en autonomie		100%
	Classe entière		Non
	Enseignant avec l'élève		Non
	Binôme		Oui Non
	Automatisation (réutilisation de procédure)		Oui

RESULTATS ET DISCUSSION

TYPE D'ACTIVITÉS	Mémorisation	Oui
	Situation-problème	Non
	Evaluation	Oui
MODULARITE	Contenu paramétrable par l'élève, par le maître (temps, difficulté, entrée des données)	Non
	Progression dans les apprentissages	Oui
	Evaluation paramétrable intégrée au logiciel	Non
	Quantité des items	Bonne
	Impression des items	Bonne
	Présélection des items par le maître	Non
	Possibilité de reprendre plus tard un travail commencé	Non
GESTION DES ERREURS	Adaptation du niveau de difficulté en fonction des erreurs	Oui
	Analyse de l'erreur pour apporter une aide ciblée	Oui
	Nombre d'erreurs comptabilisées et limitées	RAS
	Traçabilité de l'erreur	Aucune
	Proposition de remédiation	Oui
	Justification des réponses	Oui
	Résultats enregistrés	Non
GESTION DES BILANS	Gestion individuelle	Non
	Gestion collective du groupe classe	RAS
	Impression des résultats	RAS
Remarques et impressions générales : NAY-LAB est satisfaisant au niveau des compétences et de l'ergonomie mais des efforts reste à faire sur la gestion des erreurs et des bilans.		

Tableau 5 : Grille d'évaluation de NAY-LAB

III.5.3 DISCUSSION

Les résultats des tests effectués montrent que le didacticiel NAY-LAB peut être mis à la disposition des élèves car il est utile, utilisable et acceptable. Il répond de façon satisfaisante aux besoins de formation, contient des informations valides, aborde les compétences prévues par le programme officiel avec l'atout de traiter des compétences expérimentales, permet d'atteindre les objectifs et améliore les résultats des élèves sur le sujet

RESULTATS ET DISCUSSION

de la poussée d'Archimède. En effet 80 % des élèves donnent de bonnes réponses aux questions de révisions dès la première tentative, et une évaluation réalisée auprès de 10 élèves de classe de troisième montre une évolution des résultats de l'ordre de 40 %. Le questionnaire de cette évaluation se trouve en annexe.

CHAPITRE IV : IMPLICATION SUR LE SYSTEME EDUCATIF

Selon Jacques FISZER, l'utilisation d'un ordinateur dans le domaine de l'enseignement, peut se faire suivant trois angles :

- ✚ L'emploi de l'ordinateur pour des tâches simples ou contraignantes, répétitives, etc.
Lecture des cours, suivi des formations en ligne, usage des ressources multimédias...
- ✚ L'emploi de l'ordinateur pour stimuler l'activité réflexive et créatrice chez l'apprenant
- ✚ L'emploi de l'ordinateur en tant qu'instrument de calcul, de simulation, ou pour d'autres types d'utilisations courantes (Exploitation des ressources documentaires, banques de données, pilotage, appareillage ; traitement de texte, etc.).

C'est dans cette dernière considération que nous nous inscrivons pour réaliser un outil d'enseignement assisté par ordinateur. Dans cette partie, nous montrons l'apport de notre produit dans le système éducatif. Spécifiquement son apport dans l'enseignement de la poussée d'Archimède en classe de troisième.

IV.1 CARACTERISATION DU DIDACTICIEL REALISE

NAY-LAB regorge d'un ensemble d'atouts destiné à favoriser la transmission des connaissances relative à la notion de poussée d'Archimède en classe de troisième.

- ✚ **Compréhension** : Afin de favoriser la compréhension du cours portant sur la poussée d'Archimède, nous avons d'abord réalisé une série d'expériences qui ont permis de :
 - Montrer à l'apprenant que le phénomène de poussée d'Archimède existe, le caractériser et voir de quoi il dépend.
 - Montrer que la poussée produit des effets sur les objets immergés
 - Parler de la poussée d'Archimède dans la vie courante. Chaque expérience étant essentiellement basée sur l'interaction, nous estimons que cette organisation et mise en œuvre permettra une bonne compréhension de la notion.
- ✚ **Interprétation** : A chaque fois que l'apprenant réalise une activité dans un TP, il est invité à interpréter le ou les résultats obtenus. Ce qui soulève en lui un esprit critique et d'analyse.

- ✚ **Acquisition de connaissances** : Par expérimentation et interprétation des résultats expérimentaux, l'élève peut mieux tirer des conséquences ; ce qui lui permettra très facilement d'acquérir des connaissances relatives à la poussée d'Archimède
- ✚ **Acquisition de concepts**. Les manipulations que l'apprenant effectuera lui permettront de mieux s'approprier des concepts portant sur :
 - Poussée d'Archimède : définition et caractéristiques.
 - Flottabilité négative, flottabilité négative, flottabilité nulle
 - Flottabilité d'un corps dans un liquide donné
 - Flottaison des bateaux.
- ✚ **Raisonnement déductif** : L'approche que nous avons adoptée est telle que l'apprenant part d'une expérimentation, d'une manipulation pour tirer des conclusions qui sont des connaissances, des habiletés, des concepts à maîtriser.
- ✚ **Application de règles ; de théorèmes. Calcul** : Lors des manipulations, l'apprenant est appelé à calculer les valeurs d'intensité du poids, de la poussée d'Archimède, les masses volumiques des corps.
- ✚ Par ailleurs, l'apprenant est appelé à mener des **activités psychomotrices** telles que l'usage de la souris, la saisie des données au clavier. Des **activités cognitives** telles que le calcul des intensités, interprétation des résultats.

IV.2 INTERET DIDACTIQUE

IV.2.1 Nature du didacticiel

Le didacticiel NAY-LAB que nous avons mis sur pied tend à favoriser la transmission des connaissances par la méthode expérimentale. C'est la raison pour laquelle on peut sans risque de se tromper affirmer qu'il s'agit d'un « **laboratoire virtuel** ».

Puisqu'il s'agit d'un laboratoire virtuel, les expérimentations seront exclusivement des simulations.

IV.2.2 Rôle de l'enseignant avant, pendant, après l'utilisation du didacticiel.

L'application d'aide à l'apprentissage que nous avons mis sur pied étant un laboratoire virtuel, le rôle de l'enseignant est plus ou moins indirecte dans la mesure où l'apprenant est supposé avoir assisté au cours théorique. Ce rôle trouve sa place dans la mesure où, l'élève devra avoir un ensemble d'acquis lui permettant d'engager son auto-formation avec NAY-LAB.

IV.2.3 Contenus conforme au programme de PCT

Etant donné que nous avons mis sur un laboratoire virtuel et si on se réfère aux objectifs et compétences à développer dans nos différents modules d'apprentissage, On voit bien que cela correspond bel et bien aux savoir-faire expérimentaux définis par le programme officiel de Physique Chimie Technologie en classe de Troisième et que les contenus sont bien structurés. Ces savoir-faire expérimentaux sont les suivant :

- ✚ Mettre en évidence la poussée subie par un corps immergé dans l'eau.
- ✚ Mettre en évidence les paramètres dont dépend la poussée d'Archimède.
- ✚ Déterminer expérimentalement l'intensité de la poussée d'Archimède subie par un objet.

IV.2.4 Rédaction de documents joints au didacticiel (notices explicatives ; brochures; formulaires).

La documentation que nous allons mettre à la disposition des utilisateurs terminaux de NAY-LAB sera de trois ordre :

- ✚ Une notice Pour l'alphabétisation du public cible sur l'existence de l'application
- ✚ Une aide intégrée pour l'assistance directe à l'utilisation de NAY-LAB
- ✚ Un formulaire : Pour l'évaluation de NAY-LAB sur le plan logiciel, pédagogique et ergonomique

IV.3 INTERET POUR LE SYSTEME EDUCATIF

L'objectif qui est le nôtre dans cette démarche de mise sur pied d'un environnement virtuel d'aide à l'apprentissage du phénomène de la poussée d'Archimède trahi toute l'implication pédagogique et didactique de ce projet dans le système éducatif.

Dans le domaine de l'éducation en général, un projet aurait un intérêt pédagogique lorsque comme l'indique DEWEY et KILPATRICK il définit des activités intentionnelles dans lesquelles l'apprenant s'implique sans réserve (« wholehearted purposeful activity »). Proulx (2004) précise que Kilpatrick « préconisait une pédagogie centrée sur les apprenants, sur leurs buts et sur leurs besoins. De là, il fallait développer pour eux des activités utiles, orientées vers des buts concrets et faisant appel aux habiletés à résoudre des problèmes. La voie de l'ingénierie pédagogique [...] lui semblait la voie royale pour y parvenir. »

Il existe plusieurs types de projets qu'on pourrait attribuer une implication majeure dans un système éducatif. Selon Kilpatrick en 1921, il existerait quatre types de projets au sens large : le premier est de matérialiser une idée sous une forme concrète, le deuxième de s'approprier une expérience vécue, le troisième de résoudre un problème et le dernier (« the Learning Project ») est d'acquérir des connaissances à travers une expérience.

Se situant dans chacune de ces catégories, le NAY-LAB propose par sa conception une approche active qui répond amplement aux objectifs d'enseignement décrit dans la réforme 13 janv. 2014. En effet de l'avis de l'inspecteur général des enseignements (IGE), Evelyne MPOUDI NGOLLE, la recherche-action est au centre des différentes réformes engagées par le MINESEC il est évident que des ressources telles que le NAY-LAB apportent des solutions à plusieurs problèmes, à savoir l'insuffisance des manuels scolaires, des ateliers et des bibliothèques. Le NAY-LAB est aussi un outil de formation en classe et à distance et donc l'importance dans le système éducatif est avérée.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Arriver au terme de notre investigation, où il était question pour nous de mettre sur pied un laboratoire virtuel sur la poussée d'Archimède en classe de troisième ; on peut se prévaloir d'avoir fait naître NAY-LAB. Nous sommes ainsi partis des savoirs faibles définis par le programme officiel pour réaliser trois 03 activités pratiques. Une activité qui met en évidence la poussée d'Archimède ; une autre qui parle de la flottabilité des objets et de la prédiction de la flottabilité des corps immergés et une dernière qui parle de la poussée dans la vie courante.

Cette application qui s'inscrit en ligne droite dans la rédaction de notre mémoire en vue de l'obtention du DIPES II va sans doute au regard des résultats obtenus permettre aux apprenants du niveau 3^{ème} de mieux comprendre le phénomène de poussée d'ARCHIMEDE. Afin de réaliser ce travail, notre réflexion s'est orientée sur trois axes. Une ingénierie logicielle, une ingénierie pédagogique et une ingénierie ergonomique. Et pour chaque axe, nous avons procédé à une analyse, une conception, une implémentation et une évaluation.

Compte tenu des contraintes de temps liées à la réalisation de NAY-LAB, notre laboratoire virtuel, malgré l'apport indéniable qu'il peut apporter dans la maîtrise du phénomène de poussée d'Archimède, présente tout de même des imperfections. Des améliorations sont sans doute nécessaires sur le plan pédagogique avec la formulation des contenus s'adaptant à tous les profils d'utilisateurs (catégories d'apprenants), sur le plan ergonomique avec une meilleure articulation des tâches à effectuer dans notre laboratoire virtuel et sur le plan logiciel en offrant une interaction plus réelle à l'apprenant. Des versions ultérieures à NAY-LAB vont sans doute nous permettre de faire un avancé considérable dans ce sens.

BIBLIOGRAPHIE

Dictionnaires

- Encyclopédie universelle, Dictionnaire des dictionnaires, 1886

Ouvrages en ligne

- **Dominique COURTILOT et Mathieu RUFFENACH**, Enseigner les sciences physiques, collège et classe de 2nde, Bordas pédagogie.
- **DUMAS-CARRE A. et al.**, Deux approches pour modifier les activités de résolution de problèmes en physique dans l'enseignement secondaire : une tentative de synthèse, Expérimenter-Modéliser, Aster, n°8, 1989, 135-160.
- **DUMAS-CARRE A. et GOFFARD M.**, Rénover les activités de résolution de problèmes en physique, Armand Colin, 1997, 134p.
- **DUREY A.**, L'intégration des outils informatiques dans les programmes d'enseignement des sciences physiques, in actes des 7e Journées Nationales Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques, UdP-INRP, 1996, 99-104
- **DUREY A.**, L'informatique dans l'enseignement des sciences physiques, Didactique appliquée de la physique-chimie, Nathan, 1996, 195-222.
- **DUREY, A., & WINTHER, J. (1991)**. Didactique de l'utilisation de l'ordinateur en sciences physiques. Bulletin de l'Union des physiciens, n° 731.
- **FOUREZ G.**, La construction des sciences, Bruxelles : De Boeck Université, Coll. Le Point philosophique, 1988, 235p.
- **A. GIORDAN et JL. MARTINAND** (éd), Modèles et simulation, Actes JIES 9,1987
- **F. GUERIN, A. LAVILLE, F. DANIELLOU, J. DURRAFOURG, A. KERGUÉLEN**, Comprendre le travail pour le transformer. La pratique de l'ergonomie. Edition ANACT 1991.
- **Abdeljami MAAROUF et Salah BENYAMNA**, La construction des sciences physiques par les représentations et les erreurs : cas des phénomènes magnétiques, Didaskalia n°11 1997 pages 103-120
- **MAAROUF A. (1994)**. Étude didactique de quelques phénomènes magnétiques : Représentations et Analogies. Thèse de troisième cycle non publiée, Rabat, École Normale Supérieure

- **C. KOLSKI** : Ingénierie des interfaces Hommes –Machine. Conception et Evaluation. Traité des nouvelles technologies, séries automatiques. Edition Hermès 1993.
- **M. BARTHE**, Ergonomie des Logiciels. Une nouvelle approche des méthodes d'informatisation. Edition Masson 1995.
- **Corinne RATIER**, sensibilisation à la démarche d'analyse du travail.CNRS/DSI/BQSD/ERGONOMIE/ANATRAVAIL.doc 2000
- **Zacharoula SMYRNAIOU**, 2003 modélisation : l'apport des logiciels éducatifs, université Rene Descartes Paris V articles google Scholar
- **SMYRNAIOU Z., FERRET S., WEIL-BARAIS A. (2003)**. « L'enseignement scientifique ne peut-il être que virtuel ? ». In Les Technologies de l'information et de la communication : mutations dans la formation scientifique universitaire (CIRUISEF), Colloque, Dakar, 17-21 Mars.
- **WISNER A.**, (1995) « Understanding problem building : Ergonomic Work Analysis, And Analytical Approach » , *Ergonomics*, 38, pp.596-606, Réédition française(1995), « La constitution de problèmes, sa description par l'analyse ergonomique du travail » , in **WISNER ALAIN**, *Reflexions sur l'ergonomie*, Toulouse, Octarès, pp.129-140

Articles en ligne

- **ABDERRAHIM et al**, la première rencontre des jeunes chercheurs » de l'Association Abdelmalek Essaâdi Pour la Recherche Scientifique (ASSARS), à Tétouan, Maroc, le 23 juin 2012.
- **Alain DUREY** (coordination) École Normale Supérieure de Cachan 61 av du président Wilson, 94235 CACHAN CEDEX durey@lirest.ens-cachan.fr
- **BODA B et RECOPE M** (1991), Instruments d'analyse et de traitement de l'APS à des fins d'enseignement de l'EPS. Revue EPS n°231
- **BEAUFILS D.**, Construction d'activités scientifiques en classe de lycée : à propos de l'ordinateur outil de laboratoire, in actes du colloque Recherches en didactiques des disciplines : contribution à la formation des maîtres, Paris : INRP, 1992, 183-199.
- **GIORDAN A**, Le modèle allostérique et les théories contemporaines sur l'apprentissage in Giordan A., Girault Y. et Clément P., eds, 1994, Conceptions et connaissance, Peter Lang.
- **J LEPLAT** (1997), Regards sur l'activité en situation de travail, Paris : PUF

- **Ludivine MAS**, (2007) Les objectifs de l'ergonomie en question(s) : résultats d'une enquête sur la pratique ergonomique, article publié au Congrès self 2007
- **Paul Dieudonné MBOCK**, « Nouvelles orientations de l'informatique pédagogique au Cameroun », EpiNet n° 134 d'avril 2011.
- **Paul Dieudonné MBOCK**, « Les laboratoires virtuels au service de la pédagogie », EpiNet n° 115 de mars 2005
- **PFUNDT H. & DUIT R.** (1991). Bibliography : Students' alternative frameworks and science education. Kiel, Institute of Science Education.
- **SEJOURNE et TIBERGHIE**, (2001) : Différentes formes de l'utilisation des TICE dans l'enseignement http://www.memoireonline.com/11/06/272/m_la-simulation-en-sciences-physiques1.html

Mémoires :

- **Conception et réalisation d'un laboratoire virtuel de physique pour la classe de 3ieme au Cameroun**, mémoire fin d'étude pour l'obtention du DIPES II ; ENS 2012
- **Intégration des tics pour l'apprentissage de la chimie en classe de 1ere scientifique : laboratoire virtuel pour l'enseignement d'oxydoréduction**, mémoire fin d'étude pour l'obtention du DIPES II ; ENS 2015
- **Modélisation des connaissances et de l'interaction : Application aux Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain.** M. Dominique Lenne, (2009)

Textes administratifs et juridiques :

- **ARRÊTÉ N° 337 / D / 80 MINEDUC/ SG/ IGP/ ESG** portant définition des programmes de chimie, de physique et de technologie pour le premier cycle de l'Enseignement Secondaire Général.
- **Décret N° 2012/267 du 11 juin 2012**
- **Loi n° 98/004 du 14 avril 1998** d'orientation de l'éducation au Cameroun.

Site web :

- https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne_de_flottaison (accessed: 02/06/2016)
- Hee- Sun Lee & Soo- Young Lee une présentation du model de Dick et Carey, http://www.umich.edu/~ed626/Dick_Carey/dc.html (accès : 05/04/2016)

- https://en.wikipedia.org/wiki/ADDIE_Model (accès : 05/04/2016)
- **C. PAPPAS**, accessibilité : <https://elearningindustry.com/9-steps-to-apply-the-dick-and-carey-model-in-elearning> (accès: 03/03/2016)
- **Ed Forest**, accessibilité : <http://www.educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/> (accès : 03/03/2016).
- **Evelyne MPOUDI NGOLLE (2013) bilan des activités pédagogiques et perspectives 2012-2013** Available from :
http://www.minesec.cm/index.php?mact=News,cntnt01,detail,0&cntnt01articleid=118&cntnt01returnid=55&hl=fr_FR (accès 22/12/2015)
- **Gabriel SIAKEU (2000) les enfants en déperdition scolaire au Cameroun** from :
<http://portail-eip.org/SNC/eipafrique/cameroun/deperdition.html> (accessed 7/6/2016)
- <http://www.futura-sciences.com/magazines/matiere/infos/dico/d/physique-flottabilite-13184> (accessed: 02/06/2016)
- **Claude MERMOUX, Yves HOUIN, Groupe TICE Haute-Savoie avril 2008** Available from [http:// www.acgrenable.fr/tice74/IMG/PD_ grille](http://www.acgrenable.fr/tice74/IMG/PD_grille) (accessed: 10/11/2015)
- **Ed Forest (2015)** Available from <http://educationaltechnology.net/dick-and-carey-instructional-model/> (accessed: --/03/2015)
- **Données mondiales de l'éducation VII édition 2010-2011** from http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/Publications/WDE/2010/pdf-versions/Cameroon.pdf (accessed 08/06/2016)
- **Jacques FISZER (1985)** Available from http://www.epi.asso.fr/fic_pdf/b39p090.pdf (accessed: 27/05/2016)

Thèse :

- **DUMAS-CARRE A. 1987.** La résolution de problèmes en physique au lycée. Le procédural : apprentissage et évaluation, Thèse, Paris VII. **GOFFARD M., 1990.** Modes de travail pédagogique et résolution de problèmes de physique, Thèse, Paris VII
- **SALTIEL E., 1978.** Concepts cinématiques et raisonnements naturels : études de la compréhension des changements référentiels galiléens par les étudiants en science, Thèse, Paris VII
- **VIENNOT L., 1977.** Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire, Thèse : Paris VII

ANNEXES DE NOTRE DOCUMENT

ANNEXE 1 : Epreuve d'Evaluation des compétences

- 1) Qu'est-ce que la poussée d'Archimède ?
- 2) Décrire une expérience permettant de mettre en évidence la poussée subie par un corps dans l'eau.
- 3) Comment calcule-t-on l'intensité de la poussée d'Archimède de façon expérimentale ?
- 4) Donner sa direction, son sens et son intensité ?
- 5) Un Dynamomètre Affiche 4N lorsqu'on accroche une bille en fer à l'air libre et 2.7N lorsque le même objet est immergé dans l'eau. Calculer la poussée subie par la bille.
- 6) Décrire une expérience permettant de vérifier que la poussée est égale au poids du liquide déplacé.
- 7) Un corps de masse $m=500g$ et de volume $v=0.3L$ flottera-t-il s'il est immergé dans l'eau. $\rho_{eau} = 1Kg/L$ et $g = 10 N/Kg$. Même question si $m=350g$ et $v=0.2L$.
- 8) Quels sont les paramètres donc dépend la poussée d'Archimède ?
- 9) Soit les 2 liquides suivant donc on donne les masses volumiques : $\rho_{essence} = 0.7Kg/L$ et $\rho_{huile} = 0.8 Kg/L$. Lequel des deux génère une plus grande poussée.
- 10) Expliquer le principe de flottaison des bateaux ?

ANNEXE 2 : Questionnaire pour l'intérêt de l'étude

1. Donnez le nom de votre établissement
2. Dans vos enseignements de physique-chimie-technologique, comment trouvez-vous la partie physique ? Facile difficile très difficile
3. Laquelle des notions ci-dessous vous semble la plus difficile, entourez une proposition ?
 - a. Le mouvement (vitesse, distance parcourue...)
 - b. Les forces (forces, poids, poussée d'Archimède)
 - c. L'électricité
4. les difficultés rencontrées dans la leçon cochez ci-dessous sont dues à quoi d'après vous cochez la bonne réponse ?
 - a. La façon d'enseigner de l'enseignant
 - b. Le cours est difficile à comprendre
 - c. la leçon devrait être enseignée dans les prochaines classes
5. À supposer que vous devriez choisir une façon de faire le cours de la partie physique, quelle méthode choisiriez-vous ? Cocher une proposition
 - a- les cours vidéo
 - b- les travaux pratiques
 - c- les jeux éducatifs sur la physique
6. soit l'expérience suivante : vous plonger une balle dans l'eau mais dès que vous la lâchez elle remonte en surface. A votre avis que s'est-il passé ? entourer la bonne réponse
 - a- la balle remonte car elle est légère
 - b- la balle remonte car elle est repoussée en surface par une force
 - c- la balle remonte parce qu'elle est imperméable
 - d- aucune idée

7. pendant que vous préparez les évaluations, vous apprenez la partie physique de quelle façon ? entourez la bonne proposition

a- en lisant les cours

b- en se rappelant les explications de l'enseignant

c- en expérimentant les expériences abordées en classe

ANNEXE 3 : Signification des couleurs (Duplessis Y. 1984)

Le tableau ci-dessous donne la signification des couleurs, selon Duplessis Y. (1984)

Couleurs	Caractère Psychologique	Effet psychologique	Effet physiologique
Rouge	Alerte, impulsif, sympathique	Couleur de la vitalité, de l'action, stimule l'agressivité, grande influence sur l'humeur des hommes, crée des réactions émotionnelles	Accroissement des fonctions physiologiques : augmente la tension musculaire, la pression sanguine, stimule l'activité mentale
Orange	Sociable, aimable,	Stimulant, porte à la joie, stimule la créativité, donne l'impression de bien être	Stimule l'appétit, la digestion, l'émotivité
Jaune	Idéaliste, philosophe	Gaieté, bonne humeur, stimulant intellectuel	Stimule l'œil, peu calmer certains nerveux, stimule l'émotivité
Vert	Compréhensif, confiant, tolérant	Reposant, calme l'esprit, donne de la patience	Abaisse la pression sanguine, efficace dans les insomnies
Bleu	Conservateur, sérieux, apaisant	Inspire la paix et l'introspection, calme, joie, favorise la créativité	Abaisse la tension musculaire, la pression sanguine, ralentissement des fonctions psychologiques, plus apaisant que le vert.
Violet	Calme, frais, couleur digne et profonde	Deuil, dignité, tristesse	Agit sur le cœur, les poumons
Noir	Tristesse, deuil, mort	Ténèbres, mystère, mal	
Blanc	Pureté, joie	Communion, mariage, clarté, propreté, sobriété	Sobriété, clarté

Tableau 6 : significations des couleurs