

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
ECOLE NORMALE SUPERIEURE

---

CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHE EN PHYSIQUE CHIMIE  
N° D'ORDRE : 357 / PC

---

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
EN VUE DE L'OBTENTION DU  
CERTIFICAT D'APTITUDE PEDAGOGIQUE DE L'ECOLE NORMALE  
C.A.P.E.N.

**CONCEPTION ET ELABORATION D'UN  
HYPERMEDIA POUR L'ENSEIGNEMENT DE CHIMIE :  
cas de la classe de seconde.**

Soutenu le : 09 juillet 2015  
par RAMAHANDRY Rovaniaina Nantenaina

Année universitaire : 2013-2014



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE NORMALE SUPERIEURE



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

C. E. R. PHYSIQUE-CHIMIE

N° d'ordre : 357 /PC

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU  
CERTIFICAT D'APTITUDE PEDAGOGIQUE DE L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE  
(C. A. P. E. N.)

**CONCEPTION ET ELABORATION D'UN  
HYPERMEDIA POUR L'ENSEIGNEMENT DE CHIMIE :  
cas de la classe de seconde.**

Présenté et soutenu publiquement le 09 juillet 2015  
par RAMAHANDRY Rovaniaina Nantenaina

**MEMBRES DE JURY :**

Président : ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer

Professeur titulaire

Juges : - RATOMPOMALALA Harinosy  
Maître de conférences  
- RAHARIJAONA Parsonnette  
Assistant

Directeur de mémoire : Mme RAZAFIMBELO Judith

Professeur titulaire



## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION .....	7
PREMIÈRE PARTIE : CADRAGE THÉORIQUE.....	10
Chapitre I : LA PEDAGOGIE DIFFERENCIEE.....	11
I.1.    Généralités sur la pédagogie différenciée .....	11
I.2.    3 Les outils didactiques et la différenciation.....	14
Chapitre II : Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC).....	20
II.1.    Les TIC et l'enseignement/apprentissages.....	20
II.2.    L'hypermédia .....	24
Chapitre III : LE CONCEPT « LA TRANSFORMATION DE LA MATIERE » .....	30
III.1.    La matière et ses transformations.....	30
III.2.    Le cuivre .....	35
DEUXIÈME PARTIE : CONCEPTION ET ÉLABORATION D'UN OUTIL HYPERMÉDIA	41
Chapitre IV : LA CONCEPTION ET LA RÉALISATION TECHNIQUE DE L'HYPERMÉDIA .....	42
IV.1.    La conception didactique.....	42
IV.2.    Réalisation technique.....	44
Chapitre V : LA PRÉSENTATION DE L'OUTIL ELABORE .....	48
V.1.    Mode d'utilisation élève.....	49
V.2.    Mode d'utilisation enseignant .....	68
Chapitre VI : L'EXPÉRIMENTATION DE L'OUTIL .....	79
VI.1.    Méthodologie de l'expérimentation.....	79
VI.2.    Déroulement de l'expérimentation .....	80
VI.3.    Résultats de l'expérimentation et leurs interprétations.....	85
VI.4.    Conclusion de l'expérimentation.....	92
CONCLUSION .....	94
ANNEXES .....	102

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principaux courants en informatique et éducation .....	21
Figure 2 : Principaux courants en informatique et éducation .....	22
Figure 3 : structure d'un atome .....	32
Figure 4: Architecture des liens.....	45
Figure 5: Interface de la page d'accueil.....	48
<u>Figure 6 : Interface décrivant le survol des liens de la page d'accueil</u> .....	
Figure 7: Interface affichant le sommaire.....	50
Figure 8: interface exposant la page d'un test de prérequis .....	51
Figure 9: boite de dialogue dans la page du test de prérequis .....	51
Figure 10 : boite de dialogue dans la page du test de prérequis .....	52
Figure 11 : boite de dialogue dans la page du test de prérequis .....	52
Figure 12 : boite de dialogue dans la page du test de prérequis. ....	52
Figure 13 : interface montrant la première page de la leçon .....	53
Figure 14 : interface de la page 2 .....	54
Figure 15 : interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 1 ».....	55
Figure 16 : interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 2 ».....	56
Figure 17: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 3 ».....	57
Figure 18: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 4 ».....	58
Figure 19: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 5 ».....	59
Figure 20: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 6 ».....	60
Figure 21: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 7 ».....	61
Figure 22 : interface montrant la page de la vidéo de la manipulation. ....	62
Figure 23: interfaces d'une page de questionnaire .....	63
Figure 24 : Un exemple de correction proposée pour l'évaluation formative.....	63
Figure 25: interface de la dixième page.....	64
Figure 26: interface de la dernière page de la leçon .....	65
Figure 27 : interface de l'évaluation finale .....	66
Figure 28: interface de la page des matériels de laboratoire .....	67
Figure 29: interface de la page du pictogramme de sécurité .....	67
Figure 30 : interface de la première page pour l'enseignant. ....	68
Figure 31 : interface pour une fiche didactique .....	69
Figure 32: interface de la fiche didactique .....	70
Figure 33: interface de la fiche didactique .....	71

Figure 34: interface de la fiche didactique .....	72
Figure 35: interface de la fiche didactique .....	73
Figure 36: interface de la fiche didactique .....	74
Figure 37: interface de la fiche didactique .....	75
Figure 38: interface de la fiche didactique .....	76
Figure 39: interface de la fiche didactique .....	77
Figure 40: interface de la fiche didactique .....	78
Figure 41 : diagramme représentant le niveau informatique des élèves de la classe sujet.....	81
Figure 42: élèves de la classe témoin dans un cours frontal.....	83
Figure 43 : Cours outillé d'un système hypermédia avec la classe sujet .....	84
Figure 44 : la classe sujet durant l'évaluation finale.....	84
Figure 45 : comparaison de note des classes concernées .....	85
Figure 46: courbes représentatives des notes des élèves avant et après l'apprentissage .....	87
Figure 47: diagramme de notes des élèves de la classe sujet selon leur modalité d'apprentissage .....	87
Figure 48 : diagramme qui illustre l'avis des élèves sur le didacticiel .....	89
Figure 49: diagramme illustrant l'avis des élèves sur l'utilisation des TIC .....	91
Figure 50 : la représentation des élèves sur la forme expérimentale de la chimie .....	92

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification des didacticiels selon De Vries .....	24
Tableau 2 : L'historique du concept "réaction chimique" en deux registres.....	30
Tableau 3 : Le cuivre et ses composés dérivés.....	35
Tableau 4 : La répartition des groupes d'expérimentation.....	79
Tableau 5 : La répartition des élèves selon leur mode d'apprentissage dans l'expérimentation....	81
Tableau 6 : Les principaux résultats de l'expérimentation .....	93

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Aperçu de l'hétérogénéité de la classe de seconde.....	i
Annexe 2 : Les différentes modalités de travail et leurs avantages.....	iv
Annexe 3 : Quelques termes relatifs avec l'outil.....	v
Annexe 4 : Historique de l'hypermédia.....	vi
Annexe 5 : Utilisation technique du CD-Rom hypermédia.....	vii
Annexe 6 : Questionnaire 1.....	viii
Annexe 7 : Notes des élèves de la classe sujet avant et après l'apprentissage.....	ix
Annexe 8 : Evaluation finale.....	xi
Annexe 9 : Questionnaire 2.....	xii
Annexe 10 : Notes des élèves de la classe sujet avant et après l'apprentissage.....	xiii

## REMERCIEMENTS

« Remercions toujours la Sainte Trinité pour son amour éternel durant l'accomplissement de ce travail ».

La réalisation de ce mémoire n'aurait été possible sans l'intervention de certaines personnes. Qu'elles trouvent ici l'expression de mes plus sincères remerciements pour leurs précieuses aides.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma reconnaissance envers Monsieur ANDRIANARIMANANA Jean Claude Omer, professeur titulaire, pour l'honneur qu'il nous a fait de présider le jury de ce mémoire.

En second lieu, je remercie Madame RATOMPOMALALA Harinosy, Maitre de conférences, et Madame, RAHARIJAONA Parsonnette, Assistant, membre de Jurys. Mes vifs remerciements sont leur adressés pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Je tiens à remercier mon encadreur Mme Judith RAZAFIMBELO, Professeur titulaire, pour ses judicieux conseils. Quelques mots ne suffiront pas à exprimer ma profonde gratitude pour ses encouragements et ses qualités scientifiques exceptionnelles qu'elle a su mettre au service de mes apprentissages tout au long de notre travail.

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur le proviseur du lycée Miarinarivo, de m'avoir accueillie dans son établissement. Merci également à l'ensemble de ses personnels : je pense au proviseur adjoint, à l'enseignant titulaire de seconde, et aux élèves de la classe de l'expérimentation, ...

Je tiens à remercier également Monsieur le directeur du collège de référence de la région d'Itasy. Le tournage du film et les manipulations s'avèrent impossibles sans toutes ses collaborations.

Ensuite, j'adresse mes profondes reconnaissances à tous les professeurs et les personnels administratifs de l'Ecole Normale Supérieure pour toutes ses contributions durant tous ses 5 précieuses années d'étude.

Je tiens encore à remercier tout particulièrement ma famille qui m'a accordé la liberté d'action et la patience nécessaires pour réaliser ce travail ainsi que toutes les personnes qui m'ont soutenue.

Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## INTRODUCTION

Malgré les efforts de classification en une classe des élèves de compétences égales ; il existe toujours dans une même classe des élèves plus brillants que d'autres et également il y a ceux qui sont en difficulté. L'homogénéité d'une classe reste encore un cas hypothétique. Nombreuses sont les causes de ce phénomène. Les élèves sont différents en raison des paramètres non maîtrisables tels que:

- leur environnement socio-culturel
- leur classe socio-économique
- leur mode d'apprentissage (caractéristiques psychologiques, mode de communication,...)
- leurs acquis pédagogiques (niveau de connaissance antérieure)
- ...

Cette présence incontournable de l'hétérogénéité affecte l'efficience de l'enseignement dispensé aux élèves. Gérer ce phénomène devrait être une des préoccupations de l'enseignant. La pédagogie différenciée est une pédagogie qui se veut un des moyens pour mieux maîtriser cette hétérogénéité, elle propose plusieurs facteurs à mobiliser, notamment la différenciation au niveau des outils didactiques. La diversification et l'exploitation omnisciente des outils constituent effectivement une œuvre d'art pour l'enseignant.

Les nouvelles technologies de l'informatique et de la communication connaissent un grand exploit dans le domaine de l'enseignement. À travers des matériels informatiques performants, la conception et l'élaboration des outils comme le didacticiel, l'outil multimédiatisé, l'outil interactif ... sont facilitées. De nos jours, les outils numérisés font tendance dans la construction des savoirs. L'hypermédia en est une ; c'est une technique ou système permettant, dans un système documentaire multimédia, de passer d'un document à un autre selon des chemins préétablis ou élaborés lors de la consultation<sup>1</sup>. Elle permet d'un côté de répondre aux différents profils pédagogiques des élèves moyennant son aspect multimodal (car certains élèves sont plus sensibles à la parole qu'aux documents écrits, d'autres sont séduits par l'audiovisuel). Elle permet, de l'autre côté, d'individualiser le parcours d'apprentissage selon les besoins et ressources de l'utilisateur se servant de son système de navigation.

---

<sup>1</sup> [www.larousse.fr/dictionnaires/français/hypertexte/41055](http://www.larousse.fr/dictionnaires/français/hypertexte/41055), consulté le 02-12-2014

Plusieurs auteurs ont déjà travaillé sur l'efficacité de l'hypermédia dans l'apprentissage. (Indrissi, et al., 2002). Ils affirment que l'outil a favorisé non seulement l'autoapprentissage des étudiants, mais il les a rendus également plus actifs. De plus, le recours à l'auto-évaluation interactive que présente l'hypermédia a aidé les étudiants à orienter la construction de leur savoir<sup>2</sup>.

Crane et Mylonas (1988) ont établi que l'environnement hypermédia développait non seulement une meilleure rétention des informations apprises mais également la créativité des étudiants dans leur secteur d'études

Tricot (1995) affirme : "...les hypermédias en tant que supports offrent une situation nouvelle pour l'étude des apprentissages de la compréhension de texte, de la lecture, de la résolution de problèmes...Mais surtout, ils devraient permettre le développement d'un nouveau champ, l'étude des stratégies de recherche d'informations."

Pour la Physique-chimie, notre discipline de spécialité, les données statistiques (annexe 1) relatives aux notes des élèves révèlent l'existence de l'hétérogénéité. Cette dernière est accrue au niveau de la classe seconde. Le fait que cette classe accueille des élèves de tous les collèges environnants peut expliquer cette acuité. Particulièrement pour la chimie (science qui étudie la matière et ses transformations), de la classe de seconde, est-ce qu'on peut espérer la même réussite de l'hypermédia que celle évoquée par les auteurs cités précédemment ?

Il nous semble donc pertinent de « concevoir et d'élaborer un système hypermédia pour l'enseignement de la chimie en classe de seconde ». Comment se servir d'un tel outil pour l'enseignement de la chimie ? Quels sont ses points forts et ses limites ? Est-ce qu'un tel outil répond vraiment à l'hétérogénéité d'une classe ? Telles sont les questions qui se posent aux enseignants qui veulent utiliser l'hypermédia dans leur pratique.

Pour ce présent mémoire, nous avons posé l'hypothèse suivante : l'utilisation d'un outil hypermédia lors d'un apprentissage du concept « la matière et ses transformations » améliore l'appropriation de ce concept pour les élèves de la classe de seconde.

L'objectif de ce mémoire est d'avancer une méthode d'enseignement outillé d'un système hypermédia pour mieux gérer l'hétérogénéité des élèves. Pour y parvenir, il est formé de deux parties.

La première partie est consacrée au cadrage théorique. Elle est répartie en trois chapitres ; le premier chapitre concerne la pédagogie différenciée, un état de l'art sur l'apprentissage avec les

---

<sup>2</sup> [www.epi.asso.fr/revue/articles/a0303b.html](http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0303b.html) consulté le 02-12-14

TIC constitue le second et le dernier porte sur les concepts évoqués dans la partie de la chimie intitulée « la matière et ses transformations » qui est l'objet du système hypermédia.

La seconde partie est faite pour la conception et l'élaboration d'un CD-Rom hypermédia. Les trois différentes phases du cycle de vie de didacticiel forment les trois chapitres de cette partie. La conception et la réalisation technique, une présentation de l'outil et la phase de suivi.

À l'issue de ce mémoire, un CD-Rom hypermédia sur « CHIMIE Seconde » est disponible auprès de l'École Normale Supérieure d'Antananarivo.

## PREMIÈRE PARTIE : CADRAGE THÉORIQUE

## Chapitre I : LA PEDAGOGIE DIFFERENCIEE

La pédagogie différenciée part du constat que dans une classe, un enseignant doit enseigner à des élèves ou des étudiants ayant des capacités et des modes d'apprentissage très différents. Elle tente de donner une réponse à cette hétérogénéité des classes par des pratiques adaptant à chaque élève les programmes d'étude, l'enseignement et le milieu scolaire.

### I.1. Généralités sur la pédagogie différenciée

Ce sous-chapitre donne l'idée de ce qu'est la pédagogie différenciée. Ses acceptations, ses objectifs, ses principes, ses domaines et ses moyens y sont développés.

#### I.1.1. Acceptations

Les paragraphes qui suivent relèvent de quelques acceptations à propos de la pédagogie différenciée. En 1991, Przesmycki affirme que la pédagogie différenciée peut se décliner à la fois :

- en « une pédagogie individualisée qui reconnaît l'élève comme une personne ayant ses représentations propres de la situation de formation,
- et en une pédagogie variée qui propose un éventail de démarches, s'opposant ainsi au mythe identitaire de l'uniformité faussement démocratique, selon lequel tous doivent travailler au même rythme, dans la même durée et par les mêmes itinéraires. »

Selon Raymond (1989), la pédagogie différenciée est « une démarche qui cherche à mettre en œuvre un ensemble diversifié de moyens, de procédures d'enseignement et d'apprentissage, afin de permettre à des élèves d'âge, d'aptitudes, de comportements, de savoir-faire hétérogènes, mais regroupés dans une division, d'atteindre, par des voies différentes, des objectifs communs ou en partie communs. »<sup>3</sup>

Pour Peretti (1992), « la pédagogie différenciée est une méthodologie d'enseignement et non une pédagogie... face à des élèves très hétérogènes, il est indispensable de mettre une pédagogie à la fois variée, diversifiée, concertée et compréhensive... Il n'y a pas de méthode unique, il doit y avoir une variété de réponses au moins égale à la variété des attentes »<sup>4</sup>. Ce même auteur veut dire par « pédagogie diversifiée » la forme de pédagogie qui consiste à développer la diversité des procédures mentales en fonction des motivations et des stratégies propres à chacun.

Il découle de ces acceptations que la pédagogie différenciée est une méthodologie qui répond à l'hétérogénéité des élèves et qui leur permet d'atteindre un objectif commun à travers un parcours individualisé. Différencier consiste à mobiliser tous les moyens et procédures d'apprentissages convenables aux profils pédagogiques des élèves.

---

<sup>3</sup> <http://neo.snuipp.fr/prendre-en-compte-la-diversite-des,69> consulté le 17-10-14

<sup>4</sup> <http://francois.muller.free.fr/diversifier/peretti.htm> consulté le 25-09-15

Si telle est la pédagogie différenciée, les quelques paragraphes qui suivent répondent à la question quelle est la visée de la différenciation.

### I.1.2. La raison de la différenciation pédagogique

La différence entre les élèves persiste dans n'importe quelle classe. Burns (1972) l'a exprimé sous forme de sept postulats:

- Il n'y a pas deux élèves qui progressent à la même vitesse.
- Il n'y a pas deux élèves qui soient prêts à apprendre en un même temps.
- Il n'y a pas deux élèves qui utilisent les mêmes techniques d'étude.
- Il n'y a pas deux élèves qui résolvent les problèmes de la même manière.
- Il n'y a pas deux élèves qui possèdent le même répertoire de comportement.
- Il n'y a pas deux élèves qui possèdent le même profil d'intérêt.
- Il n'y a pas deux élèves qui sont motivés pour atteindre le même but.

Les diverses causes de ces différences sont toutes presque inévitables, il n'y a qu'à se tenir dans le phénomène d'hétérogénéité qu'il engendre. La pédagogie différenciée semble la plus appropriée à cette situation. Selon Rey (2003), « elle implique à un renversement de façon de penser l'école et l'apprentissage. Il ne s'agit plus de penser les élèves comme semblables, mais de reconnaître leurs différences ». En d'autres termes, elle est contre l'indifférence à la différence. En effet, la pédagogie différenciée se tient à gérer cette hétérogénéité.

Pour tenir ses défis, la pédagogie différenciée adopte quelques principes.

### I.1.3. Principes de la pédagogie différenciée

Parmi les différentes idéologies qui fondent cette pédagogie, il y a eu lieu de citer l'éducabilité de tous, l'égalité de tous et la diversification des itinéraires d'apprentissage.

Laurent (2001) atteste : « la pédagogie différenciée pose le principe de l'éducabilité de tous les élèves ». Ceci signifie que l'éducation peut réussir pour n'importe quel élève. Kant (1803) souligna bien avant que « l'homme est la seule créature qui soit susceptible d'éducation ». De ce fait, la pédagogie différenciée garde à l'esprit que chaque élève, peut apprendre, peut progresser, peut acquérir des savoirs. Przesmycki (1991) atteste : « la foi dans les potentialités de l'être humain qui permettent son éducabilité ». Ce postulat développe une attitude positive qui pousse l'enseignant à ne jamais renoncer à chercher le moyen convenable à chacun des élèves. Il y aura sûrement au moins un moyen qui permettra d'atteindre les objectifs d'apprentissage. « Rien ne garantit jamais au pédagogue qu'il ait épuisé toutes les ressources méthodologiques; rien ne l'assure qu'il ne restera pas un moyen encore inexploré, qui pourrait réussir là où, jusqu'ici tout a échoué »<sup>5</sup>. Ce

---

<sup>5</sup> Formulation de Meirieu reprise par Astofli (1992)

même auteur qui attribue une importance à ce principe ajoute que « si l'on ne postule pas que l'être que l'on veut éduquer soit éducable, il vaut mieux changer de métier »<sup>6</sup>.

La pédagogie différenciée est une pédagogie qui tient à respecter l'égalité de tous. L'être égalitaire qu'elle décrit n'est pas celui qui traite les élèves identiquement, mais celui qui satisfait le besoin de tous en traitant chacun convenablement. Elle adopte la discrimination positive, c'est-à-dire « donner plus à ce qui a moins ». Cette pédagogie favorise considérablement les élèves marginalisées par l'école voire par la société, puisqu'elle vise à soutenir les élèves en difficulté à atteindre le socle minimum de connaissance que décrit le curriculum. Pourtant différencier ne consiste pas à répondre aux besoins de certains au détriment des autres. La pédagogie différenciée est aussi salutaire aux élèves doués, car elle leur permet d'aller au plus haut qu'ils puissent atteindre. Cette pédagogie ne contrarie jamais leur capacité, c'est tout le contraire, elle se sert même de leur capacité pour leur permettre d'avancer selon leur profil pédagogique. En somme, elle veut rendre l'apprentissage accessible à tous, ou bien elle veut donner à tous une chance égale de réussir.

La pédagogie différenciée est plutôt une méthodologie qui mobilise tous les moyens possibles afin de répondre aux besoins de tous les élèves qui sont différents les uns des autres. Legrand (1984) soutenait : « la pédagogie différenciée veut désigner un effort de diversification méthodologique susceptible de répondre à la diversité des élèves ». Traiter les élèves différemment signifie « rompre avec la pédagogie frontale, la même leçon, les mêmes exercices pour tous, c'est surtout mettre en place une organisation du travail et des dispositifs didactiques qui placent régulièrement chacun dans une situation optimale » Perrenoud (2004). En 2004, Meirieu concluait : « le principe de base qui doit présider la mise en place de la différenciation pédagogique consiste à multiplier les itinéraires d'apprentissage en fonction des différences existantes entre les élèves ».

En adoptant ses principes, divers moyens sont exploitables.

#### I.1.4. Les différents moyens de différenciation

De nombreux domaines peuvent être cités pour la différenciation pédagogique : le temps, la situation d'apprentissage, l'outil...

- La différenciation liée à l'approche temps se fait en deux modes.

*La différenciation successive* (ou alternative) qu'on appellera pédagogie diversifiée ou variée : il s'agit d'utiliser successivement diverses méthodes, nombreux supports, différentes situations et démarches d'apprentissage pour que chacun ait un maximum de chance de trouver, au moins régulièrement, une méthode qui lui convient.

---

<sup>6</sup> <http://www.meirieu.com/DICTIONNAIRE/educabilite.htm>

*La différenciation simultanée* est plus difficile à mettre en place, car elle implique que tous les élèves ne travaillent pas de la même façon en même temps et aient même des tâches différentes à effectuer.

- La situation d'apprentissage est aussi un procédé auquel la différenciation peut porter. Travailler seul ou travailler en groupe constitue une large diversité de situation d'apprentissage. « Si certains élèves se mettent facilement seuls au travail par simple incitation d'un professeur, d'autres ne peuvent le faire qu'en groupe » Frère (1997). Ce domaine de différenciation est mieux développé dans l'annexe 2.

- La différenciation au niveau des outils est particulièrement intéressante pour ce mémoire. Gilleds (1978) affirme qu' « un outil n'est pas seulement le matériau adéquat ramassé ici ou là, dans la forme que lui a donnée la nature et les circonstances. C'est une matière préparée pour l'usage qu'on veut en faire, une forme raisonnée ».

### **I.2.3 Les outils didactiques et la différenciation**

Ce sous-chapitre délimite une classification des outils puis, particularise les contributions des TIC à la diversification des outils.

Un outil didactique est un outil rattaché à l'enseignement d'une discipline. Ce dernier a pour but de développer l'attitude intellectuelle des élèves en les faisant acquérir des connaissances. L'enseignement requiert donc une tâche. De ce fait, un outil pédagogique est un moyen d'ordre humain et/ou matériel permettant de favoriser la transmission, l'acquisition et la construction de connaissance. Selon Meirieu (1985) « les outils didactiques est l'ensemble des médiations utilisé par le maître » ce peut être à la fois la parole, le geste, le tableau....

Quelques termes autour de l'outil méritent d'être distingués, ils sont rapportés à l'annexe 3.

En s'appuyant sur l'acception de Meirieu sur l'outil, le maître (l'enseignant) est celui qui assure la médiation entre le savoir et l'élève par l'intermédiaire des outils. Il est donc le premier et principal médiateur, et l'outil n'intervient qu'à améliorer son efficacité. L'outil vise à faire passer du savoir enseigné au savoir appris par l'élève. Jusqu'ici, il n'y a que deux ordres d'outil : ordre humain et l'ordre matériel. Une autre classification de l'ordre matériel est explicitée dans les paragraphes suivants.

#### **I.2.1. Une classification des outils**

Ce qui caractérise l'homme, ce n'est pas tant le fait de faire des plans, de recourir à la pensée symbolique, que d'extérioriser, de communiquer ces plans, d'opérer des transactions portant sur ces produits de la pensée symbolique (Goody, 1979). Et c'est précisément ce genre d'activité qu'encourage la classification de suivre un paramètre de médiation.

Les outils peuvent être classifiés selon la nature perceptuelle et sémiotique de la transmission du savoir en trois : ceux qui utilisent la voie textuelle, ceux qui usent la manipulation et ceux qui se servent de l'audio-visuel.

- Les outils qui utilisent la voie textuelle

Un proverbe latin disait que « La parole s'envole mais l'écrit reste ». Comme l'écriture donne à la parole une forme permanente, les mots ne sont plus des signaux auditifs évanescents mais des objets durables. Les écrits peuvent désormais être examinés, manipulés et réordonnés de façons très diverses. Dès 1882, Nietzsche est déjà convaincu que « nos outils d'écriture participent à former nos pensées ». Haberl (2010) ajoute que l'écriture est « la condition du progrès des connaissances ».

- Les outils qui usent la manipulation

Les outils manipulables sont aussi importants dans la transmission des savoir-faire. En se servant des matériels du laboratoire lors d'un travail pratique, l'apprentissage et la compréhension semblent favorisés. Ainsi la manipulation apprend réellement les techniques adoptées dans l'expérience aux élèves. Elle les conduit à observer le fonctionnement des principes scientifiques naturels à l'œuvre, et les rend plus aptes à comprendre les concepts scientifiques sous-jacents.

Les modèles moléculaires, à titre d'exemple de modèle correspondent à un instrument de pensée que l'enseignant ou mieux l'apprenant pourra produire et faire fonctionner dans le but de rendre signifiant un phénomène ou une situation (c'est à dire comprendre ce phénomène) ainsi que pour faire des prévisions (Giordan et De Vecchi , 1987 ) . Les modèles moléculaires donnent la possibilité de visualiser et décrire des propriétés des entités ainsi que les processus impliquant ces entités. En effet, les trois fonctions essentielles d'un modèle sont de représenter, d'expliquer, et de prévoir.

- Les outils qui se servent de l'audio-visuel

La langue parlée est la première technologie de l'intelligence humaine, elle a contribué de façon décisive à nous arracher à l'animalité, à faire de nous des êtres de culture plus que des êtres de nature. Au plus intime de chacun de nous, notre pensée est indissociable de notre « parole intérieure ». L'oral est indéniablement le support pédagogique le plus courant.

L'image est un autre transmetteur d'information très précieux. « Une image vaut mille mots. » comme citait Confucius. Le fait de voir ce qui est décrit semble être un moyen plus efficace pour retenir ce qu'on a appris. Selon la pyramide des apprentissages de Dale (1975), l'homme retient 10% de ce qu'il lit, 20% de ce qu'il entend et 30% de ce qu'il voit. Observer à travers une image peut apporter plus de détails que d'imaginer à partir d'un texte. « Observer n'est pas agir, mais ce n'est pas non plus regarder passivement. Le sujet peut extraire des informations sur l'activité

d'autrui, les transformer, les assimiler à ses propres schèmes opératoires » (Winnykamen, 1982). Les premières réflexions sur l'intégration d'images comme composants de l'enseignement sont attribuées à Comenius en 1658.

L'audio-visuel est un hybride entre image et son, il donne un maximum d'apprentissage avec un minimum d'effort, tant de la part des étudiants que des enseignants (Frager, 1975). L'image animée facilite l'accès au sens. Elle permet l'apprentissage simultané avec l'ouïe et avec la vue. L'expérience montre qu'une personne apprend d'autant mieux que l'on sait stimuler chez elle plusieurs sens et pas uniquement un seul. Le sujet est plus réceptif à ce qu'il voit et entend en même temps. Selon les neurosciences, l'assimilation est nettement facilitée quand l'audition est liée à l'image.

Robles (1997) a affirmé que l'audiovisuel a été utilisé à cause de sa capacité supposée à faciliter les apprentissages. Il pense que les documents audiovisuels permettent de présenter et d'expliquer les phénomènes ou les situations pour lesquelles les éléments dynamiques jouent un rôle fondamental, quand les mots sont inefficaces ou quand ils ne peuvent donner seuls qu'une idée vague et imprécise de la situation.

En 1993, Peraya a soutenu que l'audiovisuel est sollicité pour sa fonction psychologique de motivation et son pouvoir de conviction importants, sa faculté de visualisation des phénomènes imperceptibles et d'aide à la mémorisation. Il considère que les moyens audiovisuels sont au service de l'enseignement d'une discipline.

Duchastel *et al.* (1988) ont signalé trois rôles que doit tenir l'audiovisuel en pédagogie :

- a) rôle attentionnel (il peut motiver) ;
- b) rôle explicatif (il peut faciliter la compréhension) ;
- c) rôle rétentionnel (il peut aider à la mémorisation).

Le film est une forme d'outil utilisant l'audio-visuel. En 1977, Jacquinot révèle qu'un film à "intention didactique" favorise chez l'élève une auto-construction du savoir en jeu.

Le film est considéré par Astolfi (1989) comme une aide pédagogique, dans la mesure où il se réfère à un apprentissage conceptuel particulier. Il ne remplit ce rôle que si son rythme est contrôlé par ceux qui le regardent.

La justification de l'utilisation du film est soutenue par Martins (1990). Il a signalé que l'utilisation du film peut provoquer chez l'apprenant l'activation de l'attention, l'aide à la mémorisation, la facilitation de la compréhension de concepts, la sensibilisation au thème et l'implication plus intense de l'individu. Pour cet auteur, le film peut faciliter la compréhension des concepts grâce à l'illustration de l'abstrait.

Robles (1997) a expliqué les multiples intérêts de l'utilisation des films :

- a) montrer un phénomène avec facilité ;
- b) suppléer aux limites de nos sens dans l'observation de phénomènes qui, eu égard à leur vitesse, sont trop rapides ou trop lents pour être observables ;
- c) faciliter l'accès et l'expression d'éléments difficilement exposés par le seul langage verbal ;
- d) permettre aux élèves de voir ce qui est expliqué oralement par l'enseignant.

Ce même auteur a également mentionné que le film favorise la compréhension des élèves puisqu'il leur permet de voir en même temps ce qui est expliqué et ce qui les amène à se concentrer sur la compréhension du contenu. Elle pense que les principaux apports du film ciblent souvent l'illustration et l'aide à la motivation ou à la mémorisation.

Ces différents outils rendent service à la différenciation pédagogique de manière très remarquable. Ce présent mémoire s'y intéresse.

### I.2.2. La différenciation pédagogique avec l'outil didactique

Quelques paragraphes sont consacrés dans ce présent travail pour souligner l'importance des outils didactiques dans la pratique de la pédagogie différenciée. Multiples sont les raisons qui encouragent la diversification des outils d'apprentissage. La réussite de la pédagogie différenciée est l'essence de cette diversification. Mais en outre il y a des profits qu'elle offre nettement.

Parmi les différents outils, l'enseignant choisit à bon escient l'outil le plus adapté au profil de ses élèves. Ne serait-ce qu'en disant la mémorisation –réception des savoirs appris-. On distingue des élèves dits « visuels » aux élèves « auditifs ». Les premières, mémorisent plus facilement ce qu'ils voient et le visualisent dans leur tête. Ainsi, ils s'approprient rapidement un schéma. Quant aux auditifs ils intègrent plutôt ce qu'ils entendent. Pour mémoriser, ils font appel à la chronologie, au déroulement des choses. Dans ces deux cas, il semble que la coprésence des différents médiateurs renforce l'efficacité de chaque média selon les principes suivants :

Il a premièrement le principe de contiguïté spatiale : l'apprentissage est plus efficace lorsque les images et les mots correspondants sont présentés de manière rapprochée.

Deuxièmement il existe le principe de contiguïté temporelle : les performances d'apprentissage sont plus hautes lorsque les éléments verbaux et visuels sont présents en même temps.

Troisièmement, il s'ajoute le principe de cohérence : l'apprentissage est meilleur lorsque les mots, images et sons, qui ne sont pas directement utiles à l'apprentissage sont absents.

Et dernièrement, le principe de modalité : présenter des animations accompagnées d'un commentaire audio conduit à des meilleurs résultats que des animations accompagnées d'un texte à l'écran. De ces faits l'enseignant ne doit jamais renoncer à utiliser -successivement ou simultanément- les différents outils.

Les outils utilisés sont étroitement liés à la situation d'apprentissage et à la méthode d'enseignement mobilisée. Enfin, c'est l'outil qui est au service de la méthode voulue. Même s'il arrive parfois que l'outil disponible dicte la méthode d'enseignement adoptée. Ainsi à titre d'exemple ; dans une situation collective où l'enseignant adopte la méthode expositive, les outils correspondants sont ceux qui ont une surface large pour la visualisation telle que le tableau ou un écran de projecteur,... Par contre, dans une situation individuelle ou en petit groupe, l'enseignant choisit la méthode active. L'outil manipulable devient salutaire, l'enseignant fait appel à un TP ou à une exploration d'un document. La diversification des outils se traduit parfois à la différenciation des méthodes. L'alternance et confrontation de ces deux méthodes sont très avantageuses pour les élèves. De l'un ces derniers retrouvent la méthode qui leur convient et de l'autre les savoirs sont plus claires et mieux acquis avec le renforcement de l'autre méthode.

Le recours à différents outils optimise les ressources dispensées aux élèves. En d'autres termes chaque outil a ses capacités et ses limites et sa participation harmonieuse assure un apprentissage réussi. Prenons le cas du tableau, il n'est plus commode pour représenter la géométrie spatiale d'une molécule. Mais les modèles moléculaires accomplissent entièrement ce rôle. Pourtant il est aberrant de se servir d'un modèle moléculaire à la place du tableau pour être un support textuel. Il paraît que la complétude des rôles de chaque outil enrichit considérablement la transmission des savoirs aux élèves.

L'ensemble des outils d'apprentissage constituent l'environnement didactique des élèves. L'appropriation de cet environnement s'avère indispensable puisque la construction de leur savoir se fait avec. L'usage de ces outils exige parfois des compétences transversales. Ces compétences transversales relatives à la maîtrise des outils sont déterminantes aux choix des outils. En d'autres termes, l'outil est plus efficace s'il est adapté ou au moins adaptable aux ressources des élèves. « Le choix de l'outil n'est jamais innocent » disait Philippe Meirieu, il sélectionne. La mobilisation des différents outils devraient se faire afin d'identifier le médiateur privilégié par les élèves pour que ces compétences transversales ne soient pas un obstacle pour leur apprentissage. Au contraire, l'enseignant sait s'en servir pour individualiser leur parcours.

L'usage d'un même outil d'apprentissage donne aux élèves une certaine impression de monotonie. Une activité identique avec, le même outil chaque jour possède un caractère habituel et lassant et risque fort d'être désinvestie. Chez les élèves, la démotivation peut naître des activités d'apprentissage proposées par l'enseignant, et ce pour plusieurs raisons, dont la monotonie. Pour la briser, mieux vaut varier les outils employés d'un cours à l'autre, mais également à l'intérieur d'une même leçon. Cette idée peut rendre le cours plus dynamique et plus stimulante. D'après Comenius (1685), pour être efficace l'enseignement doit éveiller l'intérêt, pour ce faire, tous les

sens doivent être mis à profit et stimulés. En effet, la diversification des outils est perçue comme un moyen pratique pour susciter la motivation des élèves.

Avec les divers outils, les élèves sont beaucoup plus ouverts au monde réel. De ce fait ils se rendent compte que leur environnement leur est utile et leur fournit des savoirs. Quand les élèves confrontent les informations qu'ils trouvent eux-mêmes à celles que l'enseignant leur donnent. Ils deviendront très rassurés. D'un côté, ils apprécieront leur enseignant comme un véritable générateur de savoir et de l'autre au moment où ils s'aperçoivent qu'ils sont capables de trouver des informations sans interventions capitales de l'enseignant, ils acquièrent et développent leur confiance en eux. Ainsi, la dépendance absolue envers l'enseignant se dissout progressivement. Dans ce cas l'enseignant n'est ni le seul débiteur des savoirs ni le centre de l'apprentissage. Petit à petit l'apprentissage bien outillé aboutit à l'autonomisation des élèves.

En bref, les outils réduisent la tâche de l'enseignant et rendent l'apprentissage plus efficace et plus enrichissant.

Etroitement lié à cette diversification des outils, la nouvelle technologie est actuellement intégrée dans le domaine d'enseignement. Le second chapitre traitera de la contribution de la nouvelle technologie en tant qu'outil d'apprentissage.

## Chapitre II : Les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)

Actuellement, les TIC connaissent un développement vertigineux, ce qui concerne presque tous les domaines de notre société, dont l'enseignement. La relation entre les TIC et l'enseignement revêt deux aspects : d'un côté, les élèves se voient contraints d'apprendre l'usage des TIC ; de l'autre côté, les TIC s'intègrent au processus d'enseignement. Cette présente étude se place dans le second aspect. L'enseignant s'intéresse à l'informatique pour sa pratique d'enseignement.

### II.1. Les TIC et l'enseignement/apprentissages

L'historique de l'enseignement/apprentissage moyennant les TIC, une classification des didacticiels et l'apport de ses outils précèdent les états de lieux des TIC à Madagascar.

#### II.1.1. Historique de l'enseignement/apprentissage avec les TIC

Au fil des années, l'enseignement connaît différents emplois des TIC, quelques paragraphes décrivent brièvement les divers outils qui exploitent les TIC dans l'ordre chronologique de leur invention.

La première *machine à enseigner* datait de 1920, son invention est attribuée à Sidney Pressey. Ce professeur de philosophie développe la machine automatisée pour corriger les questions à choix multiples (QCM). Le but de cette machine est de donner une correction immédiate aux réponses données par l'apprenant.

Puis ce fut l'enseignement programmé qui utilise la machine à enseigner en 1956.

Selon De Montmollin (1971), l'enseignement programmé est « une méthode pédagogique qui permet de transmettre des connaissances sans l'intermédiaire directe d'un professeur ou d'un moniteur, ceci tout en respectant les caractéristiques de chaque élève pris individuellement ».

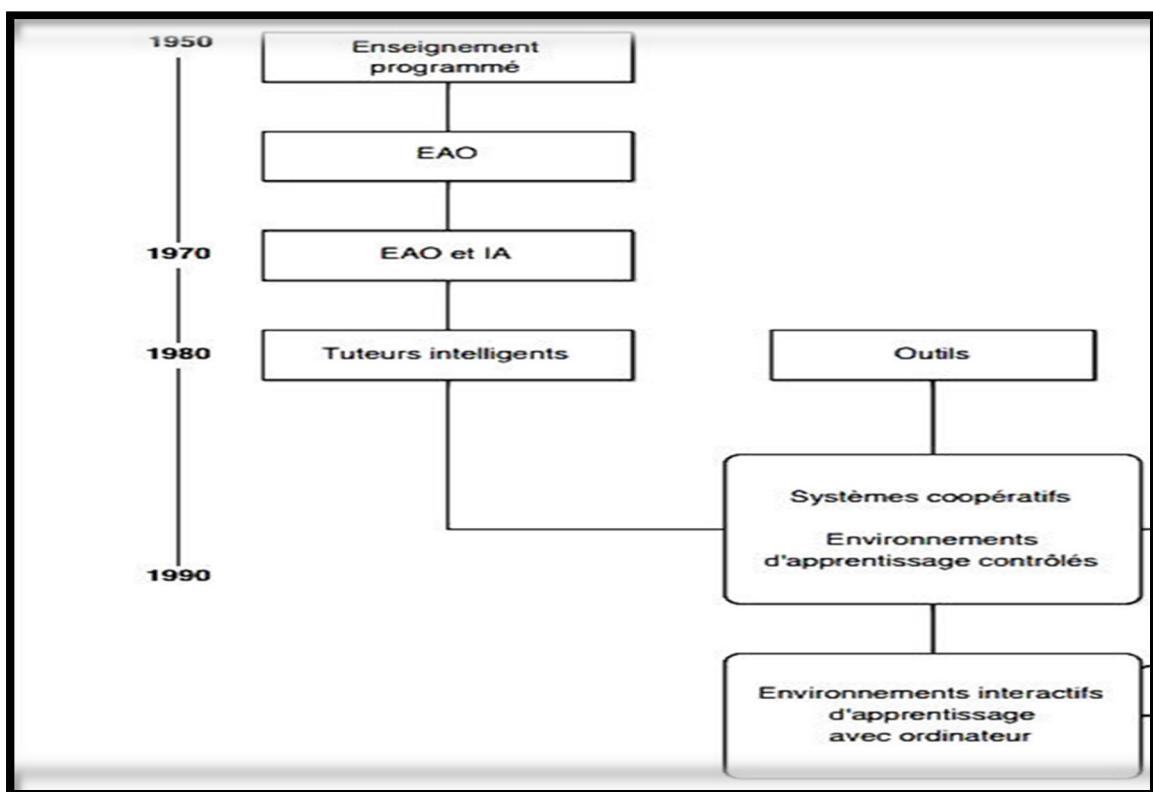
Après l'invention de l'ordinateur par Alan Turing, l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) apparaît dans les années 1960. Ce dernier utilise un programme (logiciel éducatif, didacticiel) qui tente de simuler les échanges entre le maître et l'élève.

En sciences expérimentales, le discours n'est pas suffisant pour développer l'esprit scientifique, il faut permettre aux apprenants de construire leurs connaissances en répondant à leurs propres questionnements et en validant leurs propres hypothèses et préventions dans une situation réelle au laboratoire (Kolb & Fry, 1975), c'est pour cette raison que cette forme d'EAO qui est relatif à l'expérimentation devient intéressante. L'Expérience Assistée par Ordinateur (Nonnon, 1972) ne diffère pas fondamentalement de l'expérimentation telle qu'elle était menée classiquement avec divers instruments de mesure et appareils de laboratoire.

L'EAO devient Enseignement Intelligemment Assisté par Ordinateur (EIAO) depuis que l'intelligence artificielle<sup>7</sup> a vu le jour. « Ce courant de l'EIAO, est axé sur les interactions de type tutoriel, il porte à son paroxysme le principe d'individualisation de l'enseignement en séparant le matériel de cours et les stratégies d'enseignement, afin que les problèmes et les commentaires de remédiation puissent être gérés de manière différente pour chaque étudiant » (Baron et Bruillard, 1996).

L'environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH) est « intègre des agents humains (i.e., élève ou enseignant) et artificiels (i.e., informatiques) et leur offre des conditions d'interactions, localement ou à travers les réseaux informatiques, ainsi que des conditions d'accès à des ressources formatives (humaines et/ou médiatisée) locales ou distribuées » (Tchounikine, 2006). Avec ce terme, l'accent passe de l'outil numérique à l'apprentissage humain. Les EIAH modifient le système de relations sociales, où le dispositif est le moyen d'action et non plus seulement l'intermédiaire entre le sujet et l'objet d'apprentissage (Linard, 2002).

Bruillard (1997) a synthétisé dans la figure 1 les paragraphes ci-dessus.

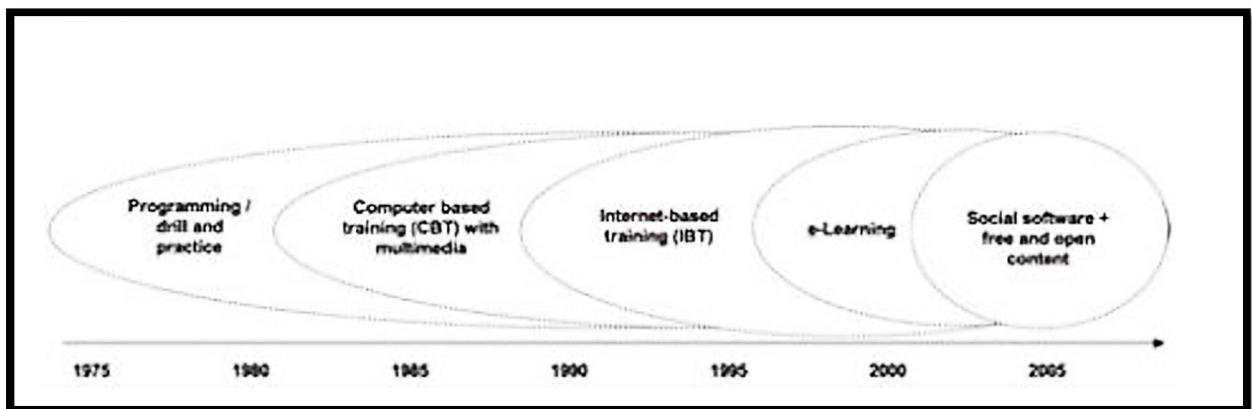


Source : Bruillard, 1997

*Figure 1 : Principaux courants en informatique et éducation*

<sup>7</sup> « L'ensemble des techniques informatiques qui apportent à l'ordinateur une certaine compétence à résoudre des problèmes dans des domaines comme ceux du raisonnement ou de la compréhension du langage naturel » Mendelsohn et Dillenbourg (1991).

Leinonen (2005) quant à lui, il a synthétisé, en cinq étapes, l'intégration des TIC dans l'enseignement.



Source : Leinonen (2005)<sup>8</sup>

*Figure 2 : Principaux courants en informatique et éducation*

#### II.1.2. Les apports des TIC dans l'enseignement/apprentissage

L'usage des TICE présente de nombreux avantages dans le domaine de l'enseignement ; toutefois, il a également des inconvénients à gérer.

Nombreux sont les avantages qui découlent de l'usage des TIC, certains sont présentés ci-après. Avec les TIC, de nouvelles formes d'enseignement et de nouveaux supports d'apprentissage sont proposés aux enseignants. Ces supports donnent une part importante à la diversification des outils d'apprentissage. Dès lors, les avantages de cette diversification semblent gagnés.

Par ailleurs, les TIC ont leurs atouts propres. Le caractère innovateur fait des TIC un bon outil. La nouvelle forme d'enseignement émergente avec les TIC rompt avec la pédagogie frontale du cours traditionnel. L'enseignant ne se tient plus comme un tuteur, mais plutôt comme un facilitateur de l'apprentissage. La tâche de l'enseignant est allégée et l'élève serait beaucoup plus responsable à la construction de son savoir. Ainsi, il manifeste que la relation enseignant/élève est améliorée.

La numérisation des informations et surtout la publication sur l'internet fournissent une masse d'informations aux élèves. L'enseignant peut s'en servir pour développer l'esprit de recherche de ses élèves par une recherche documentaire. Et en même temps, les élèves acquièrent la compétence de trier les informations devant eux en fonction de leur besoin. La confrontation des élèves à de multiples informations qui sont éventuellement contradictoires suscite leur esprit critique. Auquel cas, ils remettent en question spontanément la fiabilité des sources.

---

<sup>8</sup> citée par Ratompomalala

La communication facilitée par les TIC donne la possibilité de partage et de mutualisation des savoirs entre les internautes. Pour l'enseignant, l'échange avec d'autres collègues s'avère faisable, en mettant en ligne ses propres travaux sur des sites de mutualisation. Pour les élèves, la socialisation sur des blogs ou des forums améliore leur manière de s'exprimer, de présenter leurs idées et de mieux les soutenir. L'impact de cette socialisation est fondamental sur leur ouverture au monde.

Cependant, les TICE compilent des inconvénients auxquels les utilisateurs doivent se mettre en garde. Les sources de la masse d'information dispensée aux élèves ne sont pas tous fiables. Les élèves risquent de bâtir leurs savoirs sur des informations non appropriées. Remédier à cette situation s'avère difficile pour l'enseignant. Une confrontation d'idée devrait avoir lieu et rien ne garantit que l'enseignant ait veillé sur tous les documents consultés par l'élève.

De surcroit, les élèves sont exposés à diverses sources de distraction. Il peut arriver que les élèves se perdent et oublient leur but poursuivi ; surtout si le but est assez difficile ou moins intéressant. L'encadrement de l'enseignant est réaffirmé indispensable.

Dans le cas de l'enseignement avec les TIC, une longue préparation du cours devrait être assumée par l'enseignant. Au cours de cette préparation, des pannes techniques peuvent surgir surtout si l'enseignant ne maîtrise pas suffisamment l'outil.

Et enfin, les élèves qui n'arrivent pas à suivre le rythme des TIC risquent de se décrocher. La situation est pareille pour les élèves issus d'une famille modeste. Ils se sentent écartés par le coût élevé des TIC. La démocratisation des TIC est loin d'être réaliste dans notre pays.

Depuis l'invention de l'ÉAO, l'enseignement est accompagné d'un ou plusieurs didacticiels. Ce dernier terme mérite d'être traité dans les paragraphes suivants.

#### II.1.3. Les didacticiels

« Le didacticiel peut être perçu comme un ensemble de ressources qui propose une situation d'apprentissage fondée sur l'interaction entre un programme informatique et un utilisateur » (Agostinelli et Metge, 2008). Dans son article De Vries (2001) propose une taxonomie constituée de huit types de logiciels éducatifs classés selon la fonction pédagogique jouée par le logiciel.

Le tableau suivant donne une illustration de cette classification.

Tableau 1 : Classification des didacticiels selon De Vries

Fonction pédagogique	Type de logiciel	Théorie	Tâche	Connaissances
Présenter de l'information	tutoriel	cognitiviste	lire	présentation ordonnée
Dispenser des exercices	exercices répétés	behavioriste	faire des exercices	association
Véritablement enseigner	tuteur intelligent	cognitiviste	dialoguer	représentation
Captiver l'attention et la motivation de l'élève	jeu éducatif	principalement behavioriste	jouer	
Fournir un espace d'exploitation	hypermédia	cognitiviste constructiviste	explorer	présentation en accès libre
Fournir un environnement pour la découverte de lois naturelles	simulation	constructiviste cognition située	manipuler, observer	modélisation
Fournir un environnement pour la découverte de domaines abstraits	micro-monde	constructiviste	construire	matérialisation
Fournir un espace d'échange entre élèves	apprentissage collaboratif	cognition située	discuter	construction de l'élève

Source : [http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/revue-francaise-de-pedagogie/INRP\\_RF137\\_10.pdf](http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/revue-francaise-de-pedagogie/INRP_RF137_10.pdf)

Devant cette panoplie d'outils informatisés, il semble important d'examiner ses apports dans l'apprentissage.

Parmi ces outils, une typologie particulière de didacticiel est traitée dans le sous-chapitre suivant, dont l'hypermédia et sa contribution dans l'apprentissage.

## II.2. L'hypermédia

Il s'agit de présenter l'hypermédia à travers quelques terminologies, sa structure et de caractériser son importance dans l'apprentissage.

### II.2.1. Quelques terminologies de l'hypermédia

Des terminologies en rapport avec ce terme sont ici explicitées. Un historique de l'hypermédia, depuis sa conception et sa vulgarisation est donné à l'annexe 4.

D'après Legendre (1993) le média est un moyen basé sur la technologie, permettant de diffuser et de conserver des informations ainsi que de développer des attitudes, de susciter une rétroaction et de favoriser l'expression.

Le multimédia est une technologie de l'information permettant l'utilisation simultanée de plusieurs types de données numériques (textuelles, visuelles et sonores) à l'intérieur d'une même application

ou d'un même support, et cela, en y intégrant l'interactivité apportée par l'informatique. (AFNOR, 1995)

Deux définitions sont attribuées à l'hypertexte : définition structurelle et définition fonctionnelle.

Selon la définition structurelle (Balasubramanian, 1994) ; l'hypertexte est un système composé de nœuds et de liens.

D'après la définition fonctionnelle : L'hypertexte peut être considéré comme étant un procédé informatique permettant d'associer une entité souvent minimale (un mot, une image ou une icône) à une autre entité souvent plus étendue (un paragraphe, une image ou une page). Ce mécanisme permet donc à l'utilisateur de se diriger librement dans l'hypertexte, en activant une zone de document qui est l'origine d'une association. Il n'est donc plus obligé de suivre le cheminement prévu par l'auteur, il définit son parcours en fonction de ses envies et de ses centres d'intérêt.

On peut dire de **l'hypermédia** comme un système interactif permettant de créer et de gérer des liens sémantiques entre plusieurs objets (texte, dessin, images, son, vidéo). L'utilisateur peut contrôler ces différents liens par simple clic sur le bouton de la souris ou du clavier. Un support hypermédia ressemble dans sa forme générale à un livre électronique avec l'avantage d'intégrer l'animation. L'écran se substitue donc au livre et la souris au doigt. Un système hypermédia est développé à travers deux types de supports qui sont aussi les deux moyens de diffusion les plus courants de ce domaine qui sont « off-line » et « on-line »

Le **CD-Rom/DVD- Rom**, qui a donné un multimédia, dit « off-line », ce support offre la possibilité de stocker un nombre important d'informations.

L'**internet** a permis le développement de programmes « on-line ». Média de l'immédiateté et de la communication en temps réel, l'internet s'oppose à la logique fermée du CD-ROM. L'information disponible on-line est en perpétuelle évolution.

Ce système a envahi le domaine d'enseignement/apprentissage, plusieurs auteurs ont déjà mené une étude sur l'utilisation d'un système hypermédia pour ce domaine.

### II.2.2. Enseigner/apprendre avec l'hypermédia :

Divers caractères de ce système sont salutaires pour l'enseignement/apprentissage. Les caractères principaux de l'hypermédia seront traités ci-après.

L'hypermédia est un ensemble d'unité d'informations reliée entre eux par des liens. Il a une structure à organisation dispensée, sous forme de réseau et aux multiples centres, inhérente à l'entrelacement électronique. La navigation ou la lecture dans un espace hypermédiatisé peut se faire de façon non linéaire et discontinue. Par un simple clic, l'utilisateur peut passer d'une unité d'information à une autre. La nature déstructurée de l'hypermédia oblige l'apprenant à restructurer les informations en associant et en combinant les données dans de multiples angles de vision. Cette

idée constructiviste de l'apprentissage est soutenue par Nadeau (1997). Cet auteur disait que l'apprentissage comme la pensée ne se font pas par des idées isolées, mais par des relations significatives ou associatives entre idées. Bref, l'accès dynamique aux informations avance à l'utilisateur un libre parcours qui lui permet de structurer à sa manière son propre apprentissage. La "multimodalité" se caractérise par la présence de différents modes iconiques, linguistiques, gestuels et auditifs. Elle est toujours au moins à deux niveaux : premièrement, on retrouve des juxtapositions ou des combinaisons de différents modes. Deuxièmement, ces mêmes modes ont une nature multimodale (une séquence vidéo, par exemple, comprend des images animées, une gestuelle et des sons, les trois étant livrés symbiotiquement). C'est l'articulation des modes d'expression qui fait en sorte que le multimédia prend forme ; il exige au lecteur de tisser des liens entre les informations recueillies à partir de divers documents multimodaux (Foucher, 1998; Kress, 2010). La multimodalité caractérise la forme expressive des hypermédias. Dans cette organisation des textes, des images et des sons, Belisle (1998) montre la place centrale qu'occupe l'expérience audiovisuelle. En tant qu'outil suscite une perception sensorielle favorisant un investissement psychique plus immédiat, développant une "pensée sensible" en lien, plus ou moins étroit, avec la logique organisationnelle du texte et de l'architecture globale. Autant de signes particuliers à interpréter dans leur singularité, mais aussi dans le cadre des interrelations construites par diverses opérations de montage spécifiques des hypermédias (Tricot et Molinier, 2002).

L'hypermédia est un des outils interactifs. Une application interactive est un environnement dans lequel un certain nombre de choix possibles sont présentés à l'utilisateur à l'instant "*t*", de telle sorte que chacun de ces choix entraîne, à l'instant "*t+1*" une modification différente de l'environnement. L'interactivité peut se distinguer en interactivité fonctionnelle et interactivité intentionnelle. Un système interactif permet de placer le sujet dans une situation où il doit faire quelque chose, construisant à travers cette action un élément partiel du savoir à s'approprier (Brown *et al*, 1989). Dans le même temps, elle encourage l'autonomie. Pour les enseignants, il en résulte un dilemme typique de l'apprentissage autodidacte : d'une part, ils doivent laisser faire les apprenants, d'autre part ils doivent assumer la responsabilité des résultats de l'apprentissage (Clément *et al*, 2000)

Différentes disciplines peuvent être enseignées/apprises par l'hypermédia, dont la chimie.

#### II.2.3. Les outils hypermédia pour l'apprentissage de la chimie

Des applications hypermédia sont déjà développées pour l'enseignement/apprentissage de chimie. Quelques paragraphes sont consacrés pour en citer des exemples.

### **« Dosage du DESTOP multimédia »**

Cette application hypermédia, réalisée avec Toolbook se compose de deux parties. La première partie est une introduction au dosage : théorie et pratique. Les élèves tapent les réponses aux questions posées. Après leur impression, ils peuvent arrêter ou faire le dosage. La deuxième partie est le dosage proprement dit du Destop : objectif, principe, protocole, mesurage et calculs avec des questions complémentaires. Le compte-rendu peut être fait avec Write, lancé par l'application.

### **« Isomérie » et « Cristaux »**

Ce sont des applications hypermédias créées par Toolbook. Elles ont été réalisées pour des élèves des classes de « Chimie de Laboratoire et des Procédés Industriels » en extrayant quelques images de logiciels dédiés tels Némésis et Cristal II. De tels logiciels fournissent des outils d'étude puissants, mais leur exploitation directe en cours est délicate. Autant ils sont très intéressants en travaux dirigés ou en travaux pratiques, après une phase rapide d'apprentissage, autant en cours, les commandes successives nécessaires perturbent l'attention des élèves.<sup>9</sup>

### **CHIM SOL :**

C'est un nouvel environnement multimédia éducatif permettant un meilleur apprentissage de la chimie des solutions en favorisant la participation active de l'apprenant dans la construction de son propre savoir. L'intérêt s'est porté principalement sur la conception et la réalisation de céderoms hypermédias éducatifs, considérés dans de nombreuses recherches comme outil pédagogique efficace dans l'enseignement et l'apprentissage. Erradi *et al* (2000).

### **Les applications hypermédias sur des réactifs usuels**

Les élèves de l'atelier de pratique des technologies de l'information et de la communication encadrée par Gauche (professeur de chimie) et Gérard (responsable du laboratoire) ont réalisé sept applications sur des réactifs usuels avec le logiciel ToolBook qui peuvent être téléchargées sur <http://www.ac-grenoble.fr/argouges/v1/PEDAGOGI/securite.htm#premi%C3%A8re%20chimie>

Chacune de ces applications a ses propres avantages, dans les paragraphes qui suivent, les atouts communs de l'hypermédia sont mis en évidence.

#### II.2.4. Avantages et limites de l'hypermédia

Ce paragraphe regroupe l'avis des auteurs sur les apports de l'hypermédia sur l'enseignement/apprentissage. Tout comme les croyants et les athées, il y a également des pour et des contres à l'usage de l'hypermédia.

---

<sup>9</sup> <http://www.cndp.fr/crdp-reims/ressources/brochures/sciences%20physiques/nouvprat32.htm>

### a. Les avantages de l'hypermédia

Plusieurs auteurs s'accordent sur quelques points positifs de l'hypermédia.

Les avantages liés à son aspect multimodal s'appuient sur trois hypothèses :

- plus nous stimulons nos sens, plus l'information est compréhensible ;
- le multimédia permet de capter plus longtemps l'attention de l'utilisateur ;
- l'aspect ludique du multimédia est bénéfique, etc.

Selon Dubois *et al* (2001), la représentation d'information de nature distincte dans des modes différents (auditif et visuel) réduirait la charge cognitive et elle faciliterait leur intégration.

Les avantages liés à son aspect hypertextuel sont déclarés par Nadeau (2000) :

- Les hypertextes favorisent la pensée associative, puisqu'ils permettent de présenter les tenants et les aboutissants de chaque concept.
- Les hypertextes suscitent l'initiative de l'apprenant, puisque l'apprenant interagit avec le système, il ne peut rester passif.
- Les hypertextes sont un support d'apprentissage collaboratif, les apprenants peuvent utiliser une même ressource et peuvent conjuguer leurs efforts pour comprendre ou résoudre un problème donné.
- Les hypertextes facilitent l'apprentissage interdisciplinaire. Il est en effet tout à fait envisageable de construire des ponts entre différents domaines de connaissances hypermédiatisés.

Toutefois, Rhéaume (1993) souligne que plusieurs problèmes peuvent surgir lorsque l'on utilise les hypermédias à des fins éducatives.

### b. Les inconvénients de l'hypermédia

L'apprenant peut rencontrer deux problèmes, que tout utilisateur d'internet a déjà rencontrés, c'est-à-dire la désorientation et la surcharge cognitive.

La désorientation est issue de la facilité de déplacement entre les nœuds dans le système. Cette liberté peut finir par troubler l'apprenant. Il risque de se poser des questions types : « où suis-je ? » « pourquoi suis-je là ? » ou encore « que dois-je faire ? » Ce phénomène est principalement dû à notre mémoire à court terme puisque les êtres humains ne sont pas capables de mémoriser sur le moment qu'un nombre limité d'informations (Delestre 2000, cité par Beggas 2005).

La surcharge cognitive est provoquée par l'avalanche d'information que risque de déverser le système. Cette surcharge provient d'une part de la mémoire à court terme qui a tendance à tout oublier en passant d'un écran à l'autre et d'autre part du manque de culture de l'usager-lecteur qui n'a pas encore développé cette habitude de lecture et d'apprentissage. C'est pourquoi les traces qui permettent de rebrousser chemin et les cartes explicitant les réseaux de liens sont si utiles

(Omar, 2007). En effet, la redondance pour être bénéfique doit être construite de façon intelligente (Beggas, 2005).

Pour pallier ces problèmes, d'autres hypermédias sont développés, et des améliorations sont apportées avec l'avancée de la technologie.

L'hypermédia adaptif est un système hypermédia qui a pour but d'adapter la présentation de la connaissance et d'aider l'apprenant à se diriger dans l'hyperespace. Ainsi, un guide peut être inséré dans le système afin d'annihiler l'effet de la désorientation et la surcharge cognitive.

L'hypermédia adaptif dynamique est un hypermédia dont « le but est d'offrir un hypermédia virtuel » (Vassileva, 1995), un tel système n'est pas constitué de pages et de liens prédefinis, ils sont construits dynamiquement. « Le contenu du cours sera dynamiquement adapté au profil de l'apprenant, compte tenu de son dernier parcours et son niveau ». (Belkherfi, 2010)

« Toute connaissance n'existe que médiée sur un support matériel » (Bachimont, 1999). L'hypermédia semble le support d'information appropriée pour gérer l'hétérogénéité. Mais surtout, l'information qu'il contient fait valoir l'importance de son utilisation.

Un chapitre est consacré pour le concept « la transformation de la matière ». Il fera l'objet de la réalisation d'un système hypermédia.

## Chapitre III : LE CONCEPT « LA TRANSFORMATION DE LA MATIERE »

La matière renferme toute substance réelle qui constitue notre univers. Les constituants et les transformations de la matière font l'objet d'étude de la chimie. Toutefois, on distingue de la transformation chimique de la transformation physique. Ce présent chapitre s'intéresse uniquement à la transformation chimique. Le cuivre, une matière minérale, fait l'objet de l'étude.

### III.1. La matière et ses transformations.

Le thème « la transformation de la matière » n'est pas aussi simple tel qu'il est enseigné. Une étude épistémologique est menée avant d'y arriver.

#### III.1.1. Aspect historique

Pour expliquer une transformation chimique, le niveau microscopique est une échelle inévitable. Ce dernier registre n'est pas facilement acquis, même pour les chimistes. Les savants ont mis des siècles pour aboutir au concept atomiste de la matière. Le tableau n° 3 illustre l'historique du concept dans ces registres.

*Tableau 2: historique du concept "réaction chimique" en deux registres.*

Dans le registre microscopique	Dans le registre transformation chimique
<p>Démocrite (-460, -370) a eu l'idée sur l'atome. Ils pensaient que la matière est composée de minuscules et insécables particules qui se disent « atomos » en grec.</p> <p>- Dalton (1766 à 1844)</p> <p>L'atome va subir une profonde évolution, il devient « la plus petite particule ayant une réalité matérielle »</p> <p>Des découvertes vont conduire au passage de l'atome corpusculaire insécable à « l'atome polycorpusculaire » :</p> <p>- Découverte des électrons par Thomson (l'expérience des rayons cathodiques)</p> <p>- Rutherford propose une hypothèse : la charge positive et la masse sont concentrées dans un très petit volume et l'atome est essentiellement constitué du vide.</p>	<p>Lavoisier : la transformation a été considérée comme une véritable égalité</p>

Dans le registre microscopique	Dans le registre transformation chimique
<p>- Chadwick, a ses travaux sur les isotopes, il a mis en évidence l'existence d'une nouvelle particule :</p> <p>« le neutron »Kossel a introduit la notion des « électrons de valence » et leur relation avec le comportement chimique des atomes.</p> <p>Puis Lewis en apporte une précision et en 1919 Langmuir introduit la notion des couches et des sous-couches ainsi que la « règle de l'octet »</p> <p>Développement du modèle de Bohr avec les quatre nombres quantiques n, l, m, s, ainsi les éléments peuvent être décrits sur le plan de couches, sous-couches et cases quantiques.</p>	<p>À ce niveau, la transformation chimique est devenue un processus qui fait intervenir des électrons de la couche de valence. Durant la réaction, les liaisons qui lient les atomes au sein des molécules se coupent et se réorganisent pour former d'autres substances.</p> <p>La réaction est ainsi le symbole de ce qui se passe à l'échelle microscopique lors des chocs entre molécules et atome.</p>

Source : [http://www.uoi.gr/cerp/2004\\_February/pdf/06Dumon.pdf](http://www.uoi.gr/cerp/2004_February/pdf/06Dumon.pdf)

Actuellement, les quarks deviennent les unités fondamentales de la matière. Pour les chimistes, l'atome considéré comme noyau et électrons, est amplement suffisant pour mener ses études. Car, une transformation chimique ne modifie pas le noyau de l'atome mis en jeu, seuls les électrons de la couche périphérique y participent.

### III.1.2. Contenu académique

Une réaction chimique sert à modéliser une transformation chimique en se limitant à l'étude des réactifs et des produits. Elle décrit ce qui se passe à l'échelle microscopique entre les atomes, les ions, les molécules ... ainsi que les proportions dans lesquelles les réactifs réagissent ensemble. Deux aspects sont employés pour aborder le chapitre « la matière et ses transformations » : aspect microscopique et aspect macroscopique.

#### a. L'aspect macroscopique.

Les faits observables témoignent l'existence d'une transformation chimique. L'aspect macroscopique donne la première réflexion sur une transformation chimique.

Trois principaux phénomènes mettent en évidence l'existence d'une transformation chimique :

*La formation d'un gaz* : la formation d'une nouvelle substance gazeuse.

*La formation d'un précipité* : la formation d'une substance dont la solubilité est inférieure à celle de la substance initiale.

*Le changement de couleur* : l'apparition d'une substance dont la couleur est différente de celle de la substance initiale. Ce cas peut affecter autant pour un solide que pour une solution.

Pourtant l'absence de ces phénomènes ne signifie pas absence de transformation ; d'autres faits moins visibles peuvent avoir lieu.

Deux lois de conservations sont concernées dans ce niveau : la conservation des éléments et la conservation de la masse :

#### b. L'aspect microscopique

La structure, les constituants de l'atome et les phénomènes qui se produisent à l'échelle microscopique, arrivent à expliquer les faits observés.

Pour la structure de l'atome, les chimistes pensent qu'un atome peut être modélisé par une structure présentant un noyau autour duquel existe une zone sphérique centrée sur le noyau et dans laquelle il y a une certaine probabilité de trouver les électrons. Cette partie de l'atome est appelée nuage électronique. Les distances séparant le noyau des électrons sont très grandes. Ainsi la plus grande partie (volume) d'un atome est constituée de vide. C'est ce que l'on appelle une structure lacunaire. Le noyau est donc constitué de particules nommées nucléons. Il existe deux sortes de nucléons : les protons et les neutrons.

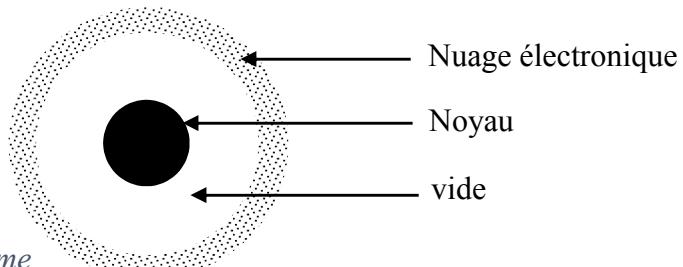


Figure 3 : structure d'un atome

On donne le nom d'élément chimique à l'ensemble des particules, qu'il s'agisse d'atomes ou d'ions, caractérisé par le même nombre Z de protons présents dans leur noyau.

Au cours d'une réaction chimique, on observe :

- soit la rupture d'une ou plusieurs liaisons chimiques et la formation de nouvelles liaisons.
- soit un transfert d'électron
- soit des interactions anions-cations

Au cours d'une réaction chimique les noyaux des éléments chimiques ne sont pas modifiés, seuls participent les électrons des niveaux externes des atomes.

L'apprentissage d'un tel concept ne se fait pas aveuglément. La réussite d'une méthode d'apprentissage n'est obtenue qu'après une réflexion menée au préalable.

### III.1.3. Étude didactique des concepts d'élément chimique, de la transformation chimique, de la réaction chimique.

Le choix de la méthode pour l'apprentissage du concept dépend de plusieurs paramètres. Il dépend essentiellement des acquis des élèves et des objectifs poursuivis.

#### a. Les prérequis et les objectifs de l'apprentissage.

Les élèves de la classe de seconde ont eu au collège un enseignement sur la transformation chimique. Selon le curriculum en vigueur, les concepts suivants ont été abordés.

- la différence entre une transformation chimique et une transformation physique. (6ème)
- la combustion nécessite de l'oxygène. (6ème)
- identification des réactifs et des produits dans une réaction chimique. (5ème)
- attribution à une molécule (ion ou atome) de sa formule chimique. (4ème)
- caractérisation d'un ion et d'un gaz. (4ème)
- traduction d'une réaction chimique en équation-bilan. (4ème)
- interprétation quantitative des coefficients stœchiométriques. (3ème)

La classe de seconde constitue la fin du cycle d'initiation à la chimie. Le champ expérimental de référence est considérablement élargi. Il s'étend maintenant aux réactions chimiques entre composés moléculaires, ioniques ou en solution. Les objectifs suivants sont décrits dans le curriculum pour être enseignés.

- La notion d'élément chimique.
- L'explication d'un élément cuivre.
- La conservation des éléments au cours d'une transformation chimique.
- La représentation d'un élément chimique par son symbole.
- La description de la structure électronique d'un atome.
- L'équilibre d'une réaction chimique.
- La quantité de matière.

Les étapes essentielles de l'analyse conceptuelle qui conduisent à la définition de l'élément chimique consistent à établir que le concept d'élément concerne les réactions chimiques, en d'autres termes le domaine empirique de transformations de la matière dont la loi de conservation de la substance. Si l'on considère un enchainement de réaction chimique, on peut faire apparaître un composé simple, ou ses composés par combinaison, analyser les corps composés et retrouver le corps simple. On peut dire à ce niveau, donc provisoirement qu'à chaque corps simple correspond un élément qui est « ce qui se conserve » dans la réaction chimique.

## b. Expérimentation

Spontanément, l'utilisation de l'expérimentation dans l'apprentissage du thème « la matière et ses transformation » semble la plus appropriée

Pour une meilleure acquisition du thème. Il paraît cohérent de s'initier par l'observation d'une série de transformations chimiques, de transférer dans une explication au niveau microscopique, d'établir une relation entre les deux registres par une modélisation. La méthode expérimentale suit cette logique. En 1876, Claude Bernard (1876), dans son ouvrage intitulé « *Introduction à l'étude de la Médecine expérimentale* » l'a proposé en quatre étapes: "Le savant complet est celui qui embrasse à la fois la théorie et la pratique expérimentale: premièrement, il constate un fait; deuxièmement, à propos de ce fait, une idée naît dans son esprit; troisièmement, en vue de cette idée, il raisonne, institue une expérience, en imagine et en réalise les conditions matérielles; quatrièmement, de cette expérience résultent de nouveaux phénomènes qu'il faut observer et ainsi de suite. L'esprit du savant se trouve en quelque sorte toujours placé entre deux observations: l'une qui sert de point de départ au raisonnement, et l'autre qui lui sert de conclusion".

En se référant aux travaux didactiques des sciences expérimentales menés par Coquidé (1998). Les pratiques expérimentales contribuent à la constitution d'un référent empirique pour les élaborations conceptuelles ou modélisantes, et à l'apprentissage de compétences. Il s'avère important de réaliser une activité expérimentale. De nombreux didacticiens soutenaient son importance. En milieu scolaire, le « référent empirique » est vu par Martinand (1986) comme domaine de familiarisation pour la manipulation et l'observation, comme référent (ce dont parlent les concepts, modèles ou théories) et comme champ de validité des constructions conceptuelles qui doivent être explorées de manière systématique pour en étendre les applications".

Les observations et les activités expérimentales sont une occasion d'habituer les élèves au domaine manipulatoire de la discipline et de les aider à construire la réalité en termes de concepts scientifiques. Lors de cette construction, il y a une interaction entre expérience et théorie que l'on ne peut ignorer.

Les enseignants vont, dans un premier temps, faire articuler le cours et la démonstration expérimentale et multiplier les outils pédagogiques, en particulier les supports visuels. La complémentarité cours magistral-séances de travaux pratiques devient un modèle d'enseignement qui est toujours d'actualité Tomic (2013).

L'activité manipulatoire pourrait être appréhendée à travers plusieurs outils dont l'hypermédia, objet de ce présent mémoire.

Une application de cette méthode dans le thème « la matière et ses transformation » se fait avec le cuivre.

### III.2. Le cuivre

Le cuivre tel que les élèves l'aperçoivent est abordé premièrement dans les paragraphes généralités du cuivre. Une vision plus spécifique est introduite deuxièmement, l'élément cuivre et ses composés dérives sont y décrites. Et finalement ses principales transformations sont expliquées.

#### III.2.1. Généralités sur le cuivre

Le métal de cuivre a été découvert pendant la préhistoire (5000 ans avant JC) ; l'âge du cuivre a été nommé ère chalcolithique. Le nom du métal est issu du mot latin « cyprium ».

C'est un métal rougeâtre, malléable et ductile (on peut facilement le mettre en forme). Il est utilisé en métallurgie dans la fabrication des alliages comme le bronze (mélange de cuivre et étain Sn), le laiton (Zn) et les alliages de Joaillerie (or, argent).

Le cuivre est un bon conducteur électrique (2<sup>e</sup> meilleur après l'argent) et thermique. Cela est dû à l'électron  $4s^1$  qui participe essentiellement à la conduction. On le retrouve également dans des pièces de monnaie.

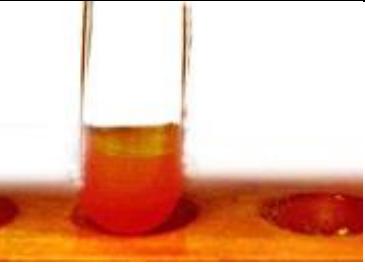
Le monde du chimiste s'intéresse aux éléments constitutifs de la matière. Les chimistes connaissent quelques composés dérives du cuivre.

#### III.2.2. Le cuivre et ses dérivés

Des composés dérives de l'élément cuivre sont décrits dans le suivant tableau.

Tableau 3: le cuivre et ses composés dérivés

Nom	Formule chimique	Forme physique	image
Cuivre	Cu	Métal rouge	
Chlorure cuivreux	CuCl	Précipité bleu	

Nom	Formule chimique	Forme physique	image
Acétate de cuivre	$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COOH})_2$	Solution bleue	
Chlorure cuivrique	$\text{CuCl}_2$		
Sulfate de cuivre	$\text{CuSO}_4$		
Nitrate de cuivre II	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$		
Oxyde cuivreux	$\text{Cu}_2\text{O}$	Précipité rouge brique	
Sulfure de cuivre	$\text{Cu}_2\text{S}$	Précipité rouge	
Iodure de cuivre	$\text{CuI}$	Précipité	
oxyde cuivrique	$\text{CuO}$	Précipité noir	
Hydroxyde de cuivre	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	Précipité bleu	
Carbonate de cuivre	$\text{CuCO}_3$	Précipité	

Nom	Formule chimique	Forme physique	image
Complexe chlorocuivrique			
Complexe aminocuivrique	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	Solution bleue céleste	
Carbonate de cuivre basique	$\text{CuCO}_3$ , $\text{Cu}(\text{OH})_2$	Couche vert gris Comme on trouve sur ce toit	

Source : document réorganisé par l'auteur

Les caractères physiques de chaque composé sont nécessaires pour son identification. Au cours d'une réaction chimique l'apparition des caractères d'un composé témoigne sa présence. Quelques réactions avec le cuivre et ses composés sont expliqués dans les paragraphes qui suivent.

### III.2.3. La réactivité du cuivre

Comme il a été mentionné dans le précédent tableau le cuivre peut avoir diverses formes : atomiques, composé ionique, et complexes. Dans ses formes, le cuivre se présente sous différents états d'oxydation :

[0] Cu : cuivre métallique

[1]  $\text{Cu}^+$  : ion cuivreux  $[\text{Ar}](3\text{d})^{10}$ , ayant la propriété diamagnétique

[2]  $\text{Cu}^{2+}$  : ion cuivrique ou composé cuivrique,  $[\text{Ar}](3\text{d})^9$ , il est paramagnétique

[3]  $\text{Cu}^{3+}$  :  $[\text{Ar}](3\text{d})^8$ , il est octaédrique et paramagnétique dans le  $\text{K}_3\text{CuF}_6$ , mais il a une structure plan carré et diamagnétique dans le  $\text{Cu}(\text{Biuret})_2$ .

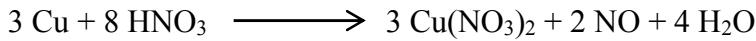
La transformation chimique du cuivre se traduit par le passage d'une de ses formes à une autre.

### a. L'oxydation du cuivre

- La réaction entre l'acide nitrique et le métal de cuivre.

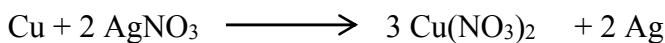
La solution d'acide nitrique (acide oxydant) attaque le cuivre métallique et donne une solution bleue de nitrate de cuivre II  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  et un dégagement d'une vapeur rousse de dioxyde d'azote.

La réaction se traduit comme suit :



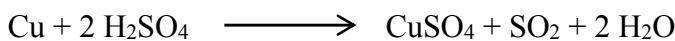
- La réaction entre l'ion d'argent et le métal de cuivre.

Le fil de cuivre plongé dans la solution de nitrate d'argent se détruit et conduit à l'obtention d'une solution bleue et des dépôts d'argent qui se fixent en même temps sur le fil. L'équation-bilan de la réaction est :



- La réaction entre l'acide sulfurique et le métal de cuivre.

L'acide sulfurique concentré et à chaud réagit avec le métal de cuivre. La réaction aboutit à l'obtention d'une solution bleue de sulfate de cuivre II et un dégagement d'un gaz. La réaction se traduit par l'équation-bilan suivant :



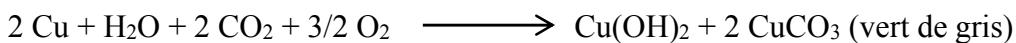
- La combustion du cuivre dans le dioxygène.

Le fait de brûler le fil de cuivre par la flamme de Bec Bunsen augmente l'état d'oxydation du cuivre. Il se transforme en oxyde de cuivre II en passant par l'oxyde de cuivre I. comme il s'agit d'une combustion dans l'air la réaction fait intervenir le dioxygène.



- La réaction entre l'air humide et le métal de cuivre.

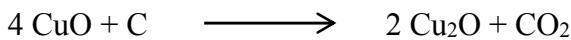
À l'air humide, le cuivre subit une action simultanée de l'oxygène, de la vapeur d'eau et du gaz carbonique. Le produit de cette action sur le cuivre est un corps verdâtre qui forme une couche protectrice sur la surface du cuivre.

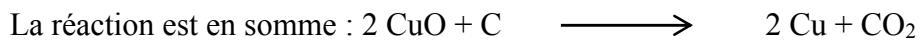
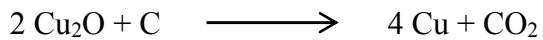


### b. La réduction du cuivre

- La réaction entre l'oxyde de cuivre et le carbone.

On met le mélange de carbone et de dioxyde de cuivre II dans un tube à essai. On chauffe fortement le tube l'oxyde de cuivre II se transforme en cuivre métallique en passant par l'oxyde de cuivre I.





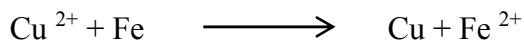
- La réaction entre l'oxyde de cuivre et le dihydrogène.

Après avoir introduit l'oxyde de cuivre II dans un tube, on fait passer un flux d'hydrogène. On chauffe le tube avec un Bec Bunsen. Quand la réaction fut terminée des gouttes d'eau apparaissent sur la paroi du tube et des cuivres métallique se forment.



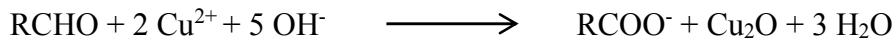
- La réaction entre la solution d'ion cuire II et un métal réducteur.

En plongeant du métal réducteur tel que le Fe, Zn, Ni, Pb, Al dans une solution d'ion cuivre II ; on obtient des dépôts rouges de cuivre qui se fixent à la surface du métal.



- La réaction de la liqueur de Fehling avec les sucres réducteurs ou les aldéhydes.

La liqueur de Fehling contient des ions cuivre II complexés par les ions tartrate en milieu basique. Elle est utilisée pour caractériser les aldéhydes et les sucres réducteurs.



- La réaction de la solution d'ion cuivre II avec l'ion iodure.

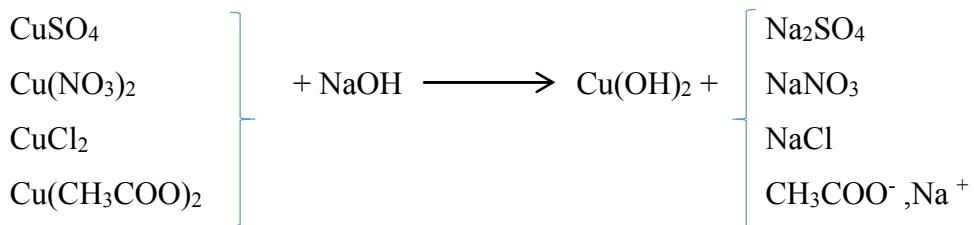
En ajoutant une solution d'ion cuivre II (sulfate de cuivre, nitrate de cuivre, chlorure de cuivre II, acétate de cuivre II) dans un bêcher contenant d'une solution de KI, il se forme un précipité d'iodure de cuivre CuI et une coloration brune de diiode apparaît.



### c. La réaction de précipitation

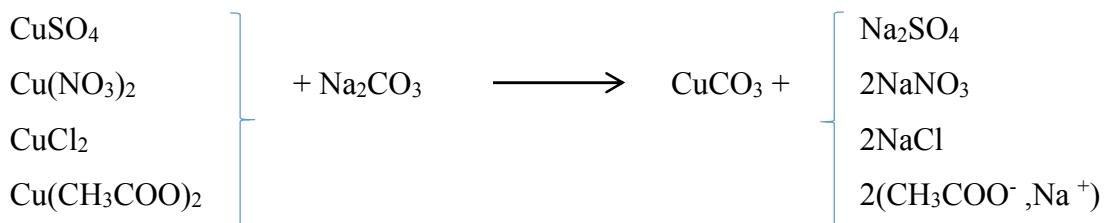
- La réaction entre la soude et l'ion cuivre II.

L'ajout de la soude dans une solution d'ion cuivre II conduit à la formation d'un précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II. Les réactions avaient lieu avec les différentes solutions ioniques de cuivre sont présentées qualitativement ci-dessous. Selon les représentations qualitatives ci-après.



- La réaction entre le carbonate de sodium et l'ion cuivre II.

L'ajout de carbonate de sodium dans une solution d'ion cuivre II aboutit à la formation d'un précipité de carbonate de cuivre.

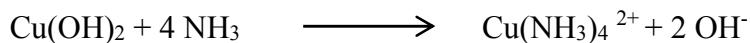


#### d. La réaction avec des complexes

Les cations métalliques en solutions sont hydratés, ces ions positifs attirent les électrons et les molécules chargées négativement dénommées « ligands »

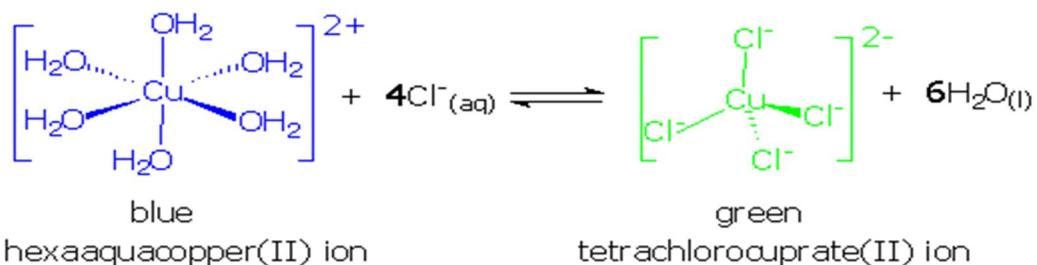
- Réaction entre le précipité d'hydroxyde de cuivre II et l'ammoniaque aqueux

Lorsque l'on met le précipité d'hydroxyde de cuivre II en contact avec de l'ammoniac, on peut observer que la solution prend une coloration bleue intense. Cela est dû à la formation d'un ion complexe de formule  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$



- Réaction entre l'ion cuivre II et le NaCl

Ainsi, en ajoutant NaCl solide dans un peu de sulfate de cuivre initialement bleu, la solution vire au vert, à cause de la formation du complexe  $[\text{Cu}(\text{Cl})_4]$



En s'appuyant sur ce cadrage théorique, la conception et la réalisation technique de l'hypermédia semble fondée.

## DEUXIÈME PARTIE : CONCEPTION ET ÉLABORATION D'UN OUTIL HYPERMÉDIA

## Chapitre IV : LA CONCEPTION ET LA RÉALISATION TECHNIQUE DE L'HYPERMÉDIA

Comme tout projet informatique, l'élaboration d'un didacticiel se fait en plusieurs étapes. On situe généralement le cycle de vie d'un logiciel pédagogique en une séquence de trois phases (Lefèvre, 1984) : la conception, la réalisation, le suivi (évaluation du produit);

Ces trois phases seront traitées respectivement dans ce qui suit.

### IV.1. La conception didactique

La phase de la conception consiste à définir objectivement l'outil ; elle justifie la rationalité de la réalisation en délimitant sa visée didactique et en révélant son intérêt particulier.

#### IV.1.1. La justification la conception

La conception de ce didacticiel est inspirée par la mise en œuvre de la pédagogie différenciée.

Afin de varier le rythme de formation journalière des lycéens, l'outil vise à permettre l'enseignant de mettre les élèves en différentes situations d'apprentissage.

Le public cible du système hypermédia sont les élèves de la classe de seconde, âgés de 13 à 19 ans. Ce sont des groupes d'élèves familiarisés avec l'informatique depuis le collège. L'outil privilégie les élèves qui ont déjà les notions de base sur la navigation et la documentation sur internet. Le concept traité dans le système hypermédia n'est pas nouveau pour eux et correspond bien à la classe (cf chapitre 3 : le concept de la transformation chimique). L'image attrayante de la chimie présentée à travers l'outil peut influencer leur choix d'option en classe de première, et peut les orienter vers la filière scientifique.

Le thème « la matière et ses transformations » est l'objet du système hypermédia. Il est choisi pour trois raisons :

En premier lieu, son apprentissage requiert une manipulation et une observation du phénomène au niveau macroscopique. Or, les séries d'expériences proposées dans le curriculum sont difficiles à réaliser, car ils sont soumis aux différentes contraintes (financières, matérielles, temporelle, ...). L'outil peut alors pallier l'insuffisance des travaux pratiques en classe.

En second lieu, il est clair que la théorisation de la chimie dénature son aspect expérimental, et que l'essence de ce TP-film réside dans l'aspect spectaculaire de la réaction chimique. Et ce fait peut affecter l'orientation des élèves pour la classe de première. Avant qu'ils ne choisissent pas leurs parcours, il paraît indispensable de leur présenter clairement ce qu'est le monde scientifique, en particulier ce qu'est la chimie.

Enfin, l'appropriation du concept d'élément chimique, est fondamentale pour l'apprentissage de la chimie. La chimie est définie comme une science de la constitution des divers corps, de leurs

transformations et de leurs propriétés. Ce concept est effectivement une notion basique pour la chimie.

Quelques objectifs sont poursuivis dans l'utilisation de l'outil, et ses objectifs doivent être pris en compte à la réalisation de ce dernier.

#### IV.1.2. Les objectifs de la conception

Deux attitudes sont escomptées à être développées chez les élèves à l'issue de l'apprentissage, surtout pour les élèves qui utilisent l'outil en tant qu'autodidacte.

Le premier vise la consolidation de sa capacité de recherche. Le second consiste à l'autonomie de l'élève dans la construction de ses savoirs. Le système hypermédia est choisi enfin vers l'utilisation d'un environnement informatisé pour fusionner l'apprentissage par la navigation et l'apprentissage tutoriel.

Les objectifs généraux, visés par l'apprentissage de la chimie dans cet outil hypermédia sont décrits dans le curriculum en vigueur pour la classe de seconde. Il s'agit de :

Développer l'esprit scientifique des élèves

Expliquer ce qu'est un élément cuivre

Les objectifs spécifiques suivants sont avancés. À l'issue de la séance, les élèves sont capables de :

Enoncer et démontrer la loi de Lavoisier

Connaitre les différentes formes de l'élément cuivre

Réaliser ou décrire l'expérience appropriée pour faire passer le cuivre d'un état à un autre.

Après avoir établi la rationalité et les objectifs didactiques de la conception, il apparaît que la réalisation technique se poursuit facilement dans un cadrage bien défini. Sa réalisation est soutenue par l'avancée de la nouvelle technologie.

#### IV.1.3. Les états des lieux des TIC à Madagascar

Sur les états des TIC, deux environnements distincts sont concernés ; à savoir l'environnement social des élèves et leur environnement scolaire.

Pour l'environnement social, multiples sont les actualités sociales qui favorisent l'usage ludique des TIC ; quelques-unes méritent d'être signalées :

L'installation de plusieurs centres commerciaux spécialisés à la vente des matériels informatiques a vu le jour dans la capitale depuis l'année 2003. L'augmentation incessante du nombre de ces centres commerciaux montre l'accroissement de l'offre sur le marché. Cette offre peut être interprétée par la facilité de retrouver les matériels informatiques.

Des opérateurs téléphoniques facilitent l'accès à l'internet à leurs clients. À travers diverses offres, le frais de connexion peut être géré selon la consommation de chacun.

De nombreux centres de formation et institutions pour l'apprentissage de l'informatique sont repartis dans les villes. Ces formations ont un large impact sur le niveau en informatique des jeunes même si la plupart de leurs formations se limitent à la bureautique et à l'initiation à la programmation.

Les cybercafés implantés presque dans tous les quartiers de la capitale sont un moyen très réussi pour démocratiser l'informatique et l'internet. Le coût peu cher qui y est pratiqué permet aux élèves de naviguer pour des recherches personnelles ou même pour se familiariser avec les TIC.

Dans des lycées d'enseignement général, les efforts apportés par les décideurs à différents niveaux et les enseignants sur l'usage pédagogique/didactique des TIC sont très remarquables.

Le Ministère d'Education Nationale (MEN) dispose d'une direction de la technologie de l'information et de la communication (DTIC) depuis 2006. Elle est chargée de l'utilisation des TIC pour l'enseignement. Selon le responsable au niveau de cette direction, de 2008 à 2011, le MEN a doté 166 lycées de 1359 ordinateurs recyclés. Parmi ces lycées, 36 ont eu droit à une réhabilitation de leur centre de ressource par le MEN, les autres l'ayant fait par leur propre moyen.<sup>10</sup>

## **IV.2.      Réalisation technique**

C'est la phase la plus concrète dans le processus de réalisation d'un didacticiel (implantation effective du produit sur un système donné). Le travail consiste en une composition des écrans, en la standardisation de la présentation du didacticiel (usage des couleurs, création d'écran type, ...),

### **IV.2.1.    La conception technique du didacticiel**

L'outil est un système hypermédia d'extension .html. Ce fichier s'ouvre avec un navigateur web. Comme il s'agit d'un système hypermédia, les pages sont reliées entre elles par des liens. L'architecture sur lequel le système est basé serait présentée dans le suivant organigramme (figure 4).

---

<sup>10</sup> Ratompomalala, H. (2012) : TIC pour l'enseignement de la physique chimie au lycée : quelles formations pour quelles utilisations ? Réalités, représentations et perspectives.

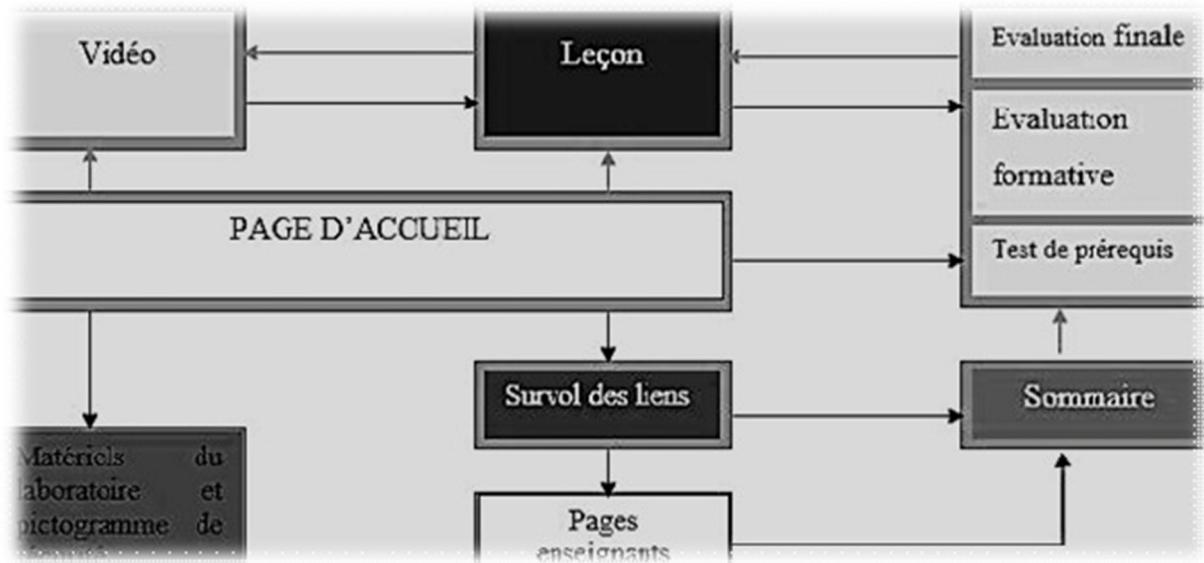


Figure 4: Architecture des liens

Après avoir formé la structure des liens, chaque page est d’abord créée en une maquette sur papier. Dans cette maquette, il figure une barre de titre, une fenêtre pour le contenu, un lien pour feuilleter la page, un fond convenable au contenu, en bref l’apparence de la page. L’élaboration technique exige l’utilisation de quelques matériels.

#### IV.2.2. Les outils de la réalisation

Durant la réalisation technique les matériels utilisés sont décrits ci-dessous.

- Un appareil photo numérique compact est servi pour filmer les manipulations. Son enregistrement vidéo se caractérise ainsi :
  - ✓ format du fichier vidéo : mp4
  - ✓ taille de la vidéo : 1280 X 720 pixels
  - ✓ durée maximum : 29 mn 59s environ 4Go
  - ✓ capture : 25 images/s
- Des matériels et produits de laboratoire de chimie sont utilisés lors de la manipulation. Certains sont disponibles dans le laboratoire de l’Ecole Normale Supérieure et permettent d’accomplir les manipulations des expériences 3,4 et 6. D’autres matériels indispensables, comme le pro pipette nécessite un soutien du Collège de référence de la région Itasy. Et de ce fait les expériences 1, 2, 5 et 7 ont été effectuées dans son laboratoire.
- Un ordinateur a aidé la production du matériel pédagogique. Pour ce faire, il a été fait recours à certains logiciels. Quatre principaux logiciels sont mis en œuvre lors de la réalisation de l’outil hybride, à savoir un éditeur de code source, un logiciel pour le montage vidéo, un logiciel pour la retouche et montage photo, et un navigateur web.

- Le Notepad ++

C'est un éditeur de code source qui prend en charge plusieurs langages. L'éditeur de texte générique intègre la coloration syntaxique de code source pour les langages Css, HTML, JavaScript, ...

Le langage HTML est un langage informatique qui permet de créer et structurer des pages Web. Toutes les pages Web sont faites de code HTML, le langage hypertexte.

Une feuille de style en cascade, CSS (Cascade Style Sheet), est une extension du langage HTML. Il couvre les polices, les couleurs, les marges, les lignes, la hauteur, la largeur, les images d'arrière-plan, les positionnements évolués...

Le JavaScript est un langage de script incorporé dans un document HTML. C'est un langage de programmation qui permet d'exécuter des commandes du navigateur. Ainsi le langage JavaScript permet de dynamiser une page HTML.

- Windows Movie Maker

C'est un logiciel de montage vidéo qui permet de créer des effets spéciaux, des transitions, d'ajouter des textes, des pistes son, timeline, Auto Movie, captures sonores et de couper les vidéos. On peut également ajouter des sous-titres ou une légende sur les images. En fin de montage, il reste à publier le film sur le même ordinateur.

- **Paint Shop Pro**

C'est un logiciel de retouche d'image complet qui aidera à améliorer facilement le rendu des clichés. Paint Shop Pro est également un outil complet de création puisqu'il gère les calques, les formes vectorielles, les masques, etc. , sont l'ensemble des accessoires nécessaires à la réalisation d'un projet !

- Un **navigateur internet** (ou navigateur web)

C'est un logiciel informatique permettant de consulter des pages Web. Le «navigateur» est l'outil de l'internaute, lui permettant de surfer entre les pages web de ses sites préférés. Il s'agit d'un logiciel possédant une interface graphique composée de boutons de navigation, d'une barre d'adresse, d'une barre d'état (généralement en bas de fenêtre) et dont la majeure partie de la surface sert à afficher les pages web.

Les activités réalisées avec ces matériels sont organisés en quelques étapes.

#### IV.2.3. Les étapes de la réalisation

Cinq étapes, ordonnés suivant l'ordre chronologique de son accomplissement sont suivis dans la phase de réalisation.

- La réalisation de la manipulation et le tournage du film

Le projet comporte la création de plusieurs courts métrages qui utilisent une caméra pour capturer une variété de réactions chimiques dans des travaux pratiques habituels se servant de tubes à essai, de béchers ou d'équipements de laboratoire. Le fait d'avoir pu disposer la caméra sur la paillasse en hauteur face au réalisateur de l'expérience, permet de visualiser le phénomène en entier, en effet filmer la manipulation sans soucis ! La contrainte est double durant la réalisation, la réussite de l'expérience et le succès du tournage ne sont toujours pas atteints simultanément, pourtant la répétition des séquences est limitée par la quantité restreinte des produits du laboratoire. Après le tournage, les vidéos captées sont traitées pour construire un film.

- Le montage des vidéos

Le montage virtuel (un pro dirait : la postproduction) consiste à organiser, structurer les images vidéo de façon à créer une narration cohérente en situant un évènement dans le temps, dans l'espace, en créant un rythme et en donnant un sens artistique à l'œuvre. La vidéo obéit à une logique, s'appuie sur des règles pour traduire des sensibilités personnelles, exprimer sa créativité, sensibiliser le spectateur, marquer les esprits. Le succès du film en dépend. La série de films y présente, évoque les sept différentes transformations de l'élément cuivre, plus précisément, les expériences telles qu'elles peuvent être réalisées au sein d'un laboratoire d'enseignement.

- La rédaction de la page html

En outre, la rédaction des pages s'effectue avec le langage html ; elle se différencie d'une simple saisie textuelle par les insertions des balises et des codages spécifiques à ce langage. Pourtant la création d'une page web avec Notepad++ n'exige pas une compétence remarquable en informatique. Un document tutoriel publié sur <http://openclassrooms.com/courses/apprenez-a-creer-votre-site-web-avec-html5-et-css3> peut diriger le rédacteur efficacement.

- Le montage des photos et les feuilles de style

La structuration et le design de la page sont décrites par un autre langage, le Css mentionné plus haut et le dynamisme de la page des questionnaires utilise le langage JavaScript.

L'apparence de la page est une recombinaison harmonieuse des images dont le PaintShop pro se charge des traits artistiques.

- Une gestion des fichiers et le gravage sur CD terminent l'activité de la phase de réalisation.

L'outil ainsi élaboré est décrit dans le chapitre suivant. Des détails y sont finement apportés en vue d'optimaliser son exploitation.

## Chapitre V : LA PRÉSENTATION DE L'OUTIL ELABORE

L'utilisation de l'ordinateur exige évidemment une certaine connaissance du fonctionnement de l'appareil et de certains logiciels qui seront mis à la disposition de l'usager. Bien qu'il n'appartienne pas à la discipline Physique-chimie de faire la formation de l'élève au plan informatique, il est nécessaire de lui fournir les connaissances requises à l'utilisation.

L'enseignant peut penser à une explication globale du fonctionnement de l'ordinateur et de ses principales fonctions, aux caractéristiques et à la bonne marche des logiciels proposés.

Pour exploiter l'outil, des instructions sont communiquées aux utilisateurs (voir annexe 5).

L'outil peut être utilisé individuellement dans un apprentissage autonome, mais également il peut être exploité comme un support d'enseignement en projetant les pages écrans dans la classe. Ce sous-chapitre décrit les différentes pages constitutifs du système dans le but de réussir son exploitation didactique.

La première interface qui s'affiche est illustrée dans la figure 5 ci-dessus.

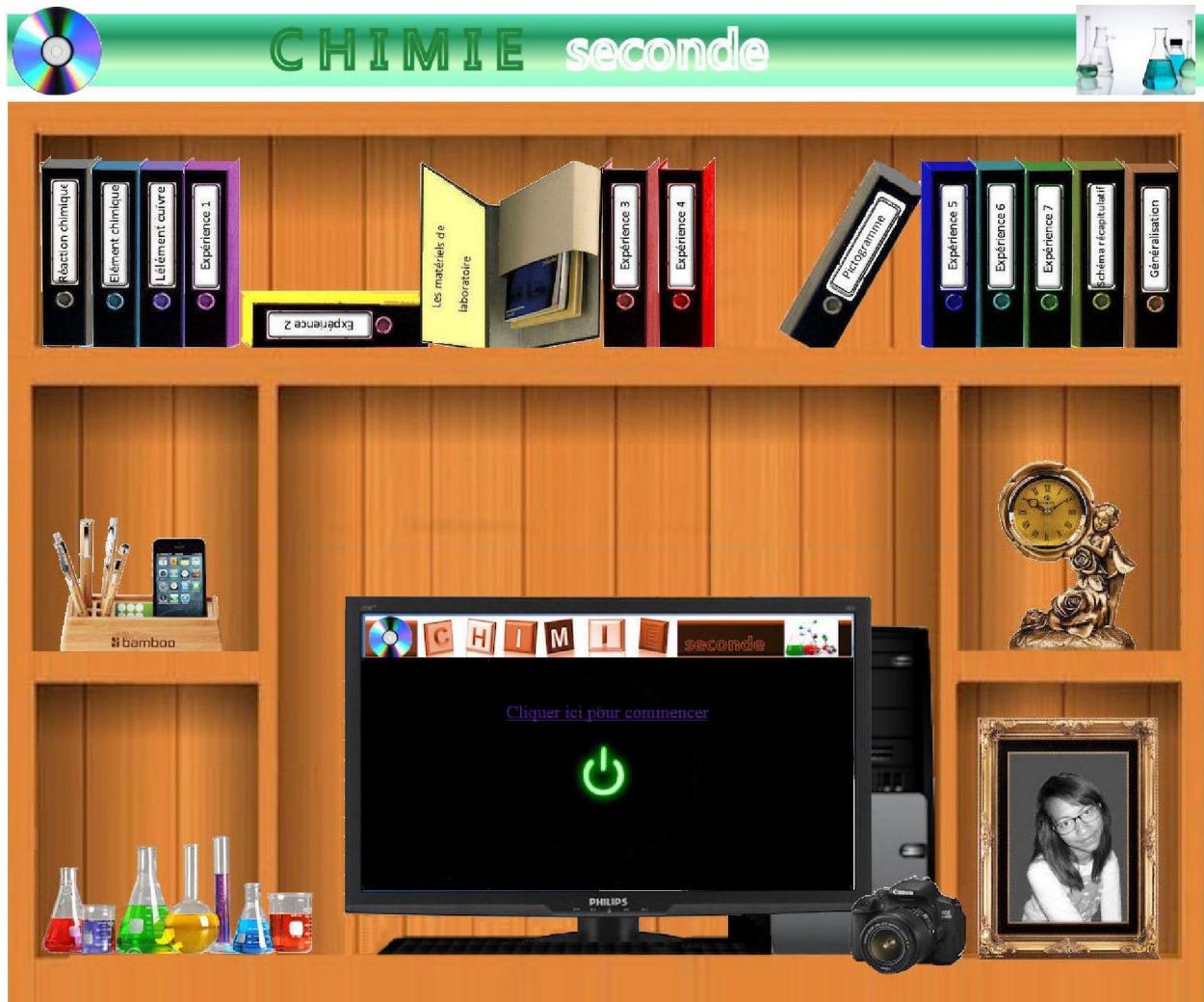


Figure 5: Interface de la page d'accueil

# comment naviguer dans cet HYPERMÉDIA ?



Figure 6 : interface décrivant le survol des liens de la page d'accueil

Cette page comporte de nombreux liens. La majorité de ces liens sont des raccourcis pour accéder à une page où l'utilisateur veut reprendre. Si l'utilisateur est venu pour la première fois sur cette page, un de ces liens seulement lui est utile. Le bouton « power » est le meilleur bouton pour le commencement. En y cliquant, le navigateur arrive à la page indiquée par la figure ci contre.

Cette page est consacrée à expliquer comment le navigateur peut rendre les liens de la précédente page utiles. La page d'accueil montre une étagère qui comporte cinq parties dont chacune a ses propres utilisations.

La partie supérieure renferme quatorze classeurs, dont treize d'eux sont des liens. Chaque classeur est marqué par l'intitulé du contenu de la page correspondante, et le survol de la souris sur chaque lien fait apparaître un infobulle qui reformule cet intitulé.

Des verreries de laboratoire sont rangées dans la partie gauche de l'étagère, chaque verrerie est un lien qui mènera à la page de la vidéo de la manipulation correspondante.

Du côté droit, une montre se tient. Elle donne un aspect décoratif à l'étagère, mais également elle inclut neuf liens. Ces derniers donnent accès à des pages des questionnaires, le survol de la souris précise la page concernée. Ces questions forment des évaluations qui se servent comme repères pour les apprenants-navigateurs. Ils leur permettent de se situer par rapport à l'objectif à atteindre. Le cadre photo contient les liens accédant aux pages de l'enseignant ; des détails sont apportés sur ses pages. (voir : mode d'utilisation enseignant)

Le centre est occupé par un écran d'un ordinateur ; ce lien vient d'être exploité pour arriver à la page présentée dans la figure 6.

En bas à droite, deux boutons sont présentés, le choix définit le mode d'utilisation du didacticiel (mode élève ou mode enseignant).

### V.1. Mode d'utilisation élève

Le mode élève met à disposition, à tout moment, de requêtes pour avancer, reculer et donc "feuilleter" le didacticiel ; dans une certaine mesure, l'élève peut passer ce qui lui paraît négligeable ou inadapté à ses besoins.

En choisissant le bouton élève, le navigateur arrive dans la page du sommaire, et l'écran fait apparaître la figure 7 suivante.

The screenshot shows a digital interface for a chemistry lesson. At the top left is a CD-ROM icon, and at the top right are icons of laboratory glassware. The main title "le contenu du leçon" is centered above two blackboard-like cards standing on wooden stands.

**Left Card Content:**

- A. REACTION CHIMIQUE :
- B. L'ELEMENT CHIMIQUE
- 1. L'ELEMENT CUIVRE
  - a) Expérience 1 : action de l'acide nitrique sur le métal cuivre.
  - b) Expérience 2 : action du métal fer sur les ions cuivrés.
  - c) Expérience 3 : oxydation du cuivre
  - d) Expérience 4 : Réaction entre l'oxyde de cuivre et le carbone.

**Right Card Content:**

- e) Expérience 5 : Réaction entre les ions cuivre (II) et l'hydroxyde de sodium.
- f) Expérience 6 : déshydratation de l'hydroxyde de cuivre (II) en oxyde de cuivre.
- g) Expérience 7 : action de l'acide chlorhydrique sur l'oxyde de cuivre.
- 2. GENERALISATION

Below the cards, a message reads: "Pour aborder ce chapitre passez d'abord au test de prérequis [en cliquant par ici](#)".

Figure 7: Interface affichant le sommaire

Cette page fait apparaître le titre et les sous-titres qui constituent la leçon, on s'en sert comme guide pour l'apprenant-navigateur de crainte que l'élève se perde dans la masse d'informations offertes. Mais avant d'entamer le cours, l'utilisateur doit passer à un test de prérequis. Ce test informe l'élève sur les compétences requises pour mener son apprentissage. Le système hypermédia renferme vingt une questions dont six sont posées aléatoirement à l'utilisateur. La suivante figure présente une de ces questions.

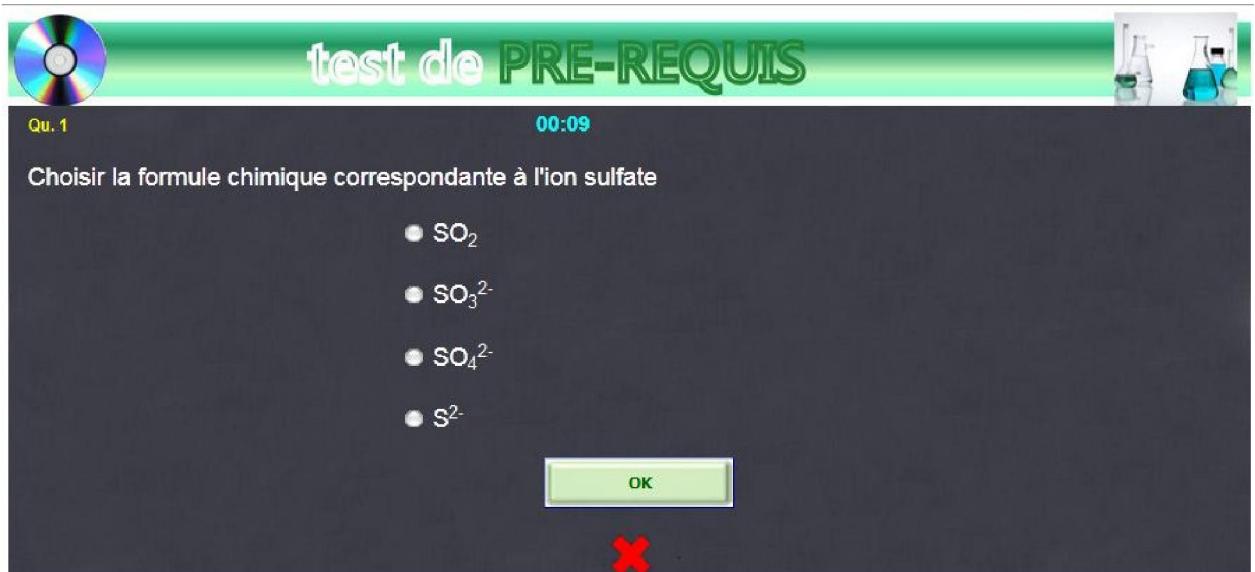


Figure 8: interface exposant la page d'un test de prérequis

Un chronomètre joue le compte à rebours dans le but de gérer le rythme des étudiants ; et de réduire le temps de distraction éventuelle.

Une question est annoncée et quatre éventuelles réponses sont proposées. L'élève choisit une d'entre elles en cliquant sur la puce rond qui précède chaque réponse ; un bouton de validation est à cliquer après. Le chrono est arrêté et deux cas peuvent arriver selon que l'élève a donné la bonne réponse ou non.

Si la réponse est fausse une bulle d'information s'affiche à l'élève. En termes de feed-back, un smiley signale son échec, sans qu'il soit vexé devant l'écran.

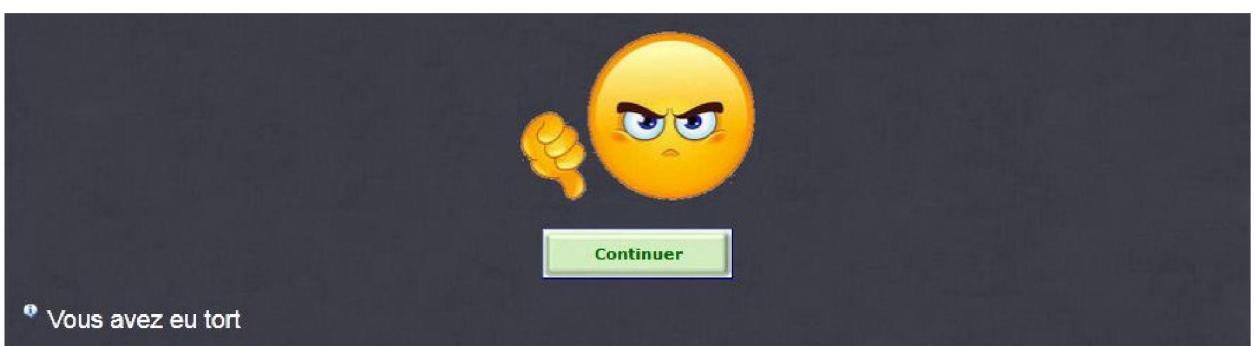


Figure 9: boîte de dialogue dans la page du test de prérequis

Dans le cas où la bonne réponse a été choisie, un encouragement est annoncé par l'info-bulle, et est renforcé par smiley. Le succès est sanctionné positivement par un score de un point. Comme indique la figure ci-dessous.



Figure 10 : boite de dialogue dans la page du test de prérequis

Un troisième cas est ajouté, si l'utilisateur n'arrive pas à répondre la question à temps voulu. La page change son aspect comme indique la figure suivante.



Figure 11 : boite de dialogue dans la page du test de prérequis

Ce cas est évalué comme un échec. L'utilisateur doit passer la question sans marquer un point; il clique sur le bouton « continuer » et la nouvelle question s'annonce.

Quand l'utilisateur a répondu aux six questions données, le test est terminé. Le score final est déclaré, mais quel que soit le résultat, il a accès au cours. La remédiation des concepts non acquis est laissée sous la responsabilité de l'élève, car leur formation au collège est amplement suffisante pour y arriver. La consultation d'un enseignant est souhaitée ; mais tout dépend de la personnalité et du choix de l'élève.

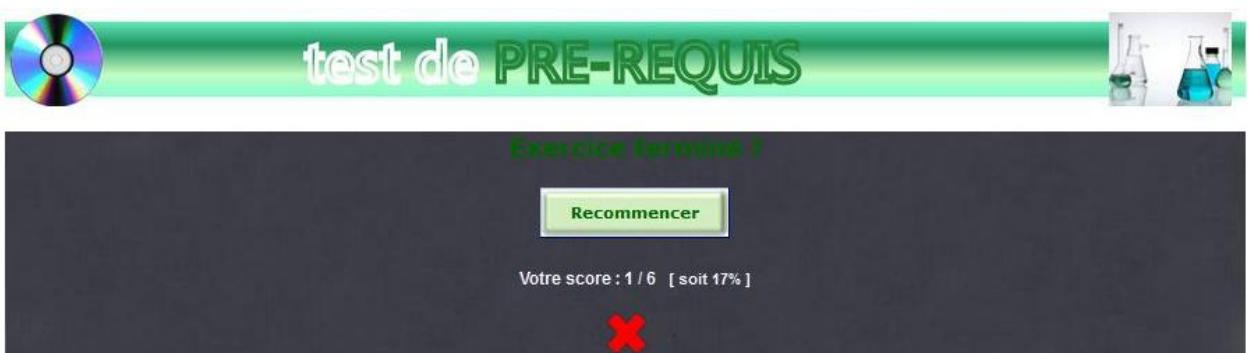


Figure 12 : boite de dialogue dans la page du test de prérequis.

L'utilisateur peut recommencer le test autant de fois qu'il veut en cliquant sur le bouton

« recommencer ». L'icône permet de quitter la page, et de passer dans la page de la leçon dont l'objet de l'outil est son apprentissage.

Après avoir traité le test de prérequis, l'utilisateur est actuellement dans la première page de la leçon ; il s'affiche un contenu textuel introduisant la réaction chimique et une loi de conservation.

L'apparence de la page est soignée pour ressembler à un document sur papier qui ne s'écarte pas loin de la réalité. Le fond de la page est un carnet à spirale sur une table en bois ; l'écriture est plus proche de la manuscrite, en veillant sur la lisibilité des textes, sa taille est assez élevée. Une flèche verte permet de feuilleter la page, plus précisément un lien pour passer à la page suivante. La première page est évoquée dans la figure 13.

The screenshot shows a digital representation of a chemistry lesson page. At the top, there's a decorative header with a CD icon on the left, the title "CHIMIE seconde" in large green letters, and a small icon of laboratory glassware on the right. Below the header is a brown spiral binding on the left side of the page. The main content area has a light blue grid background. The title "LA MATIERE ET SES TRANSFORMATIONS" is at the top in red, followed by a section heading "A.REACTION CHIMIQUE". A green underlined section title "Une réaction chimique" is present. A blue explanatory text follows: "Une réaction chimique correspond à la modélisation d'une transformation chimiques d'un ou plusieurs substances en d'autres substances." Another blue text below states: "Les substances qui réagissent entre eux et qui se sont disparues sont appelés réactifs. Les substances qui sont formées lors de la réaction sont appelés produits (de la réaction)". A green underlined section title "Loi de Lavoisier :" is shown, with a blue explanatory text: "Au cours d'une réaction chimique, rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme". An example chemical equation is shown:  $1C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ . In the bottom right corner, there is a green curved arrow pointing upwards and to the right, indicating a link to the next page.

Figure 13 : interface montrant la première page de la leçon

La page suivante concerne une notion préliminaire sur l'élément cuivre sous forme tabulaire ; trois composés dérivés de cuivre sont proposés; leur apparence physique devrait être préalablement acquise par les élèves avant de reconnaître le produit ou le réactif lors les réactions qui sont réalisées ultérieurement.



# CHIMIE seconde



## B.L'ELEMENT CHIMIQUE

### 1.L'élément cuivre

Le mot "cuivre" nous amène à penser à un métal rouge doré que nous rencontrons quotidiennement dans des fils électriques. Du point de vue chimiste, le cuivre peut se présenter sous différents états.

#### Les différents états du cuivre

Nom	métal de cuivre	ion cuivrique	oxyde cuivrique	hydroxyde cuivrique
Aspect physique	solide	solution	polycristallin	précipité
Couleur	rouge	bleue	noires	bleu
Formule chimique	Cu	Cu <sup>2+</sup>	CuO	Cu(OH) <sub>2</sub>



Figure 14 : interface de la page 2

La troisième page débute la série d'expériences illustrant la transformation chimique de l'élément cuivre. Cette page est indiquée à la figure 15. Les six pages qui suivent ont la même structure, seul le contenu change d'une expérience à un autre.

Le titre de la transformation muni d'une numérotation de l'expérience figure en premier. Un protocole de la manipulation est rédigé de façon simplifiée. Ce protocole est donné pour informer l'élève sur les activités que le manipulateur devrait faire mais il ne va pas à la réaliser effectivement. L'élève n'allait pas réaliser l'expérience, les détails ne sont pas aussi importants.



La vidéo de la manipulation suit le protocole, le lien ci-après, conduit l'utilisateur vers la page de la vidéo (Cette page sera détaillée plus loin). Un autre lien permet de passer à la page consacrée au questionnaire sur la vidéo, il s'agit d'une évaluation formative qui suit chaque visionnement du film TP. La schématisation de l'expérience est une diversification des canaux empruntés par les informations relatives à l'expérience. Les observations à retenir sont traduites textuellement et l'équation bilan terminera la reformulation ; cette dernière n'est autre qu'un langage spécifique pour la chimie.



# CHIMIE seconde



## a) Expérience 1 : Action de l'acide nitrique sur le métal cuivre.

### Protocole :

Verser une solution d'acide nitrique concentrée dans un bûcher contenant un fil de cuivre. Laisser réagir. Observer et noter toutes les observations expérimentales que vous pouvez faire lors de cette expérience. La solution obtenue notée  $S_0$  sera utilisée dans la suite.

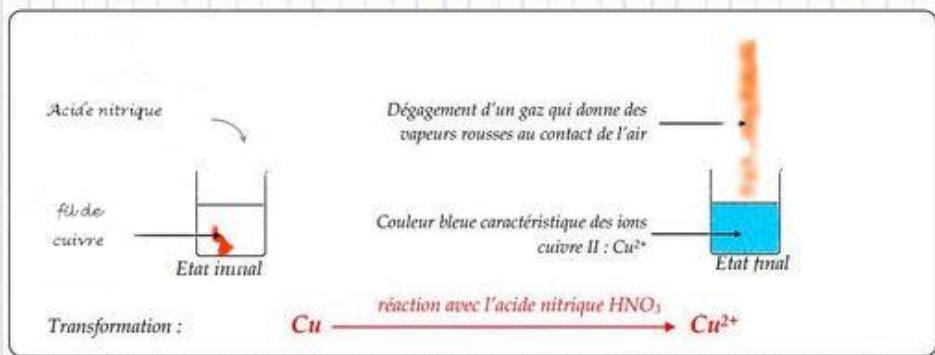
### Manipulation :

Cliquez sur l'icône ci-après pour accéder à la séquence vidéo.



Passer au questionnaire en cliquant sur l'icône qui suit.

### Schématisation de l'expérience :



### Observations :

- le métal de cuivre a disparu ;
- la solution devient bleue
- des vapeurs rouges s'échappent.

### Équation bilan de la réaction :



Le NO est un gaz incolore, au contact de l'air il donne le NO<sub>2</sub> (vapeurs rouges).



Figure 15 : interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 1 »



# CHIMIE seconde



## ① Expérience 2 : action du fer sur l'ion cuivreux.

### Protocole :

Verser la solution  $S_0$  dans un bêcher; y placer des clous en fer.

Attendre 20mn et observer..

### Manipulation:



Cliquez sur l'icône ci-après pour accéder à la séquence vidéo.



Passer au questionnaire en cliquant sur l'icône qui suit.

### Schématisation de l'expérience :



### Observations :

- Le cuivre se dépose sur la surface des clous ;
- La solution se décolore progressivement.

### Équation bilan de la réaction :



Figure 16 : interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 2 »



# CHIMIE seconde



## Expérience 3 : Oxydation du cuivre

### Protocole :

Chauder un fil de cuivre, bien décapé par la flamme d'un bûche Bunsen.  
Observer. Puis gratter la surface du métal.

### Manipulation :

Cliquez sur l'icône ci-après pour accéder à la séquence vidéo.



Passer au questionnaire en cliquant sur l'icône qui suit.



### Schématisation de l'expérience :



### Observation :

Le métal rouge est recouvert des pellicules noires ;

### Équation bilan de la réaction :



Figure 17: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 3 »



# CHIMIE seconde



## a) Expérience 4 : Réaction entre le carbone et l'oxyde de cuivre

### Protocole :

Préparer le carbone pulvérulent par la combustion du bois. Mélanger le carbone avec le produit d'oxydation précédent. Porter le mélange à l'incandescence. Observer.

### Manipulation :

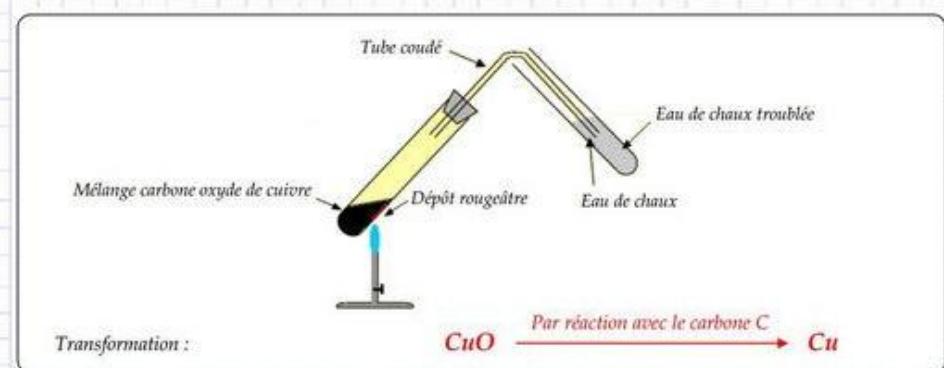
Cliquez sur l'icône ci-après pour accéder à la séquence vidéo.



Passer au questionnaire en cliquant sur l'icône qui suit.



### Schématisation de l'expérience :



### Observations :

- Des dépôts rouges apparaissent dans le tube à essai;
- L'eau de chaux trouble

### Équation bilan de la réaction :



Figure 18: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 4 »



# CHIMIE seconde



## D) Expérience 5 : Réaction entre l'hydroxyde de sodium et l'ion cuivreux .

### Protocole :

Verser la solution  $S_0$  dans un tube à essai; y verser quelques millilitres de solution de soude ( $\text{NaOH}$ ).

Observer.

### Manipulation:

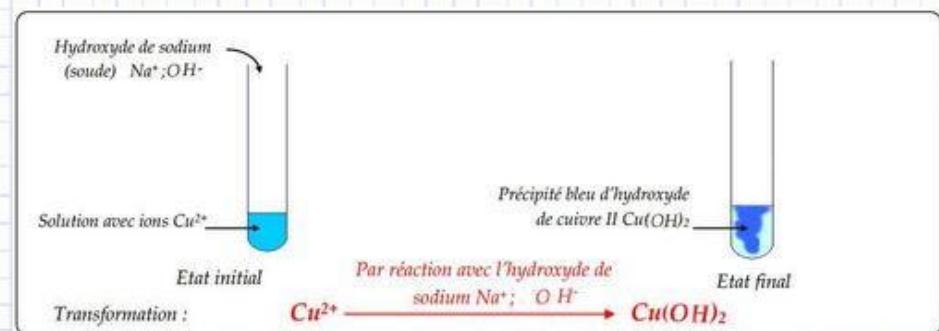


Cliquez sur l'icône ci-après pour accéder à la séquence vidéo.



Passer au questionnaire en cliquant sur l'icône qui suit.

### Schématisation de l'expérience :



### Observations :

- La solution se décolora ;
- Un précipité bleu se forme dans le tube

### Équation bilan de la réaction :



Figure 19: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 5 »



# CHIMIE seconde



## a) Expérience 6 : La déshydratation de l'hydroxyde cuivrique.

### Protocole :

Récupérer le précipité d'hydroxyde cuivrique par filtrage. Remettre le précipité dans un tube à essai, et chauffer par la flamme d'un bûcheron.  
Observer.

### Manipulation :

Cliquez sur l'icône ci-après pour accéder à la séquence vidéo.



Passer au questionnaire en cliquant sur l'icône qui suit.



### Schématisation de l'expérience :



### Observation :

Le précipité bleu se disparaît  
On obtient un précipité noir

### Équation bilan de la réaction :



Figure 20: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 6 »



# CHIMIE seconde



## a) Expérience 7 : L'action de l'acide chlorhydrique sur l'oxyde cuivrique.

### Protocole :

Récupérer l'**oxyde cuivrique** obtenu par la réaction d'oxydation précédente dans un bêcher. Y verser 3 ml d'**acide chlorhydrique dilué**.

Observer

### Manipulation :



Cliquer sur l'icône ci-après pour accéder à la séquence vidéo.



Passer au questionnaire en cliquant sur l'icône qui suit.

### Schématisation de l'expérience :



### Observation :

Le précipité noir se disparaît

La solution devient bleue comme  $S_0$

### Équation bilan de la réaction :



Figure 21: interface présentant une page de la leçon dans la section « expérience 7 »

La page de la vidéo est apparemment un écran d'un ordinateur portable, elle est subdivisée verticalement en deux parties, une fenêtre pour la lecture du film et une autre pour des textes indicatifs de ce film (numéro de l'expérience et le titre). Deux liens sont également présents pour revenir à la page de la leçon ou à la page d'accueil. Le visionnement a pour but de détailler les procédures de la manipulation, et l'observation du phénomène. Elle s'utilise comme un TP-cours. La figure 22, montre la page ainsi décrite.



Figure 22 : interface montrant la page de la vidéo de la manipulation.

La page du questionnaire est techniquement similaire à celle du test de prérequis, un lien dans la page de la leçon permet d'y parvenir. Elle est composée de trois à cinq questions relatives au contenu du film correspondant. Le film contient trois grandes lignes, l'action de faire réagir les réactifs, les phénomènes observables sur la réaction et la mise en évidence des produits. Les questions révèlent les points essentiels à retenir. Ils vérifient et orientent l'appropriation du phénomène observé. Cette page présente un dynamisme, elle génère une correction adéquate en cas d'échec, le ré-visionnement du film est parfois suggéré. Ceci la différencie considérablement du test de prérequis. La figure suivante présente une de ces pages. La première question de l'expérience 1 est énoncée comme suit :



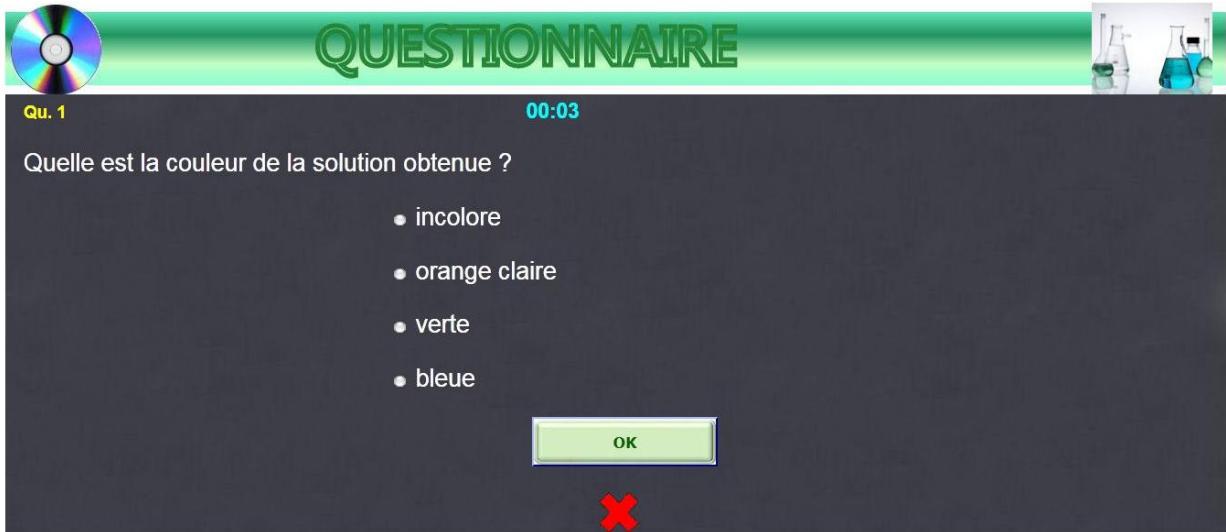


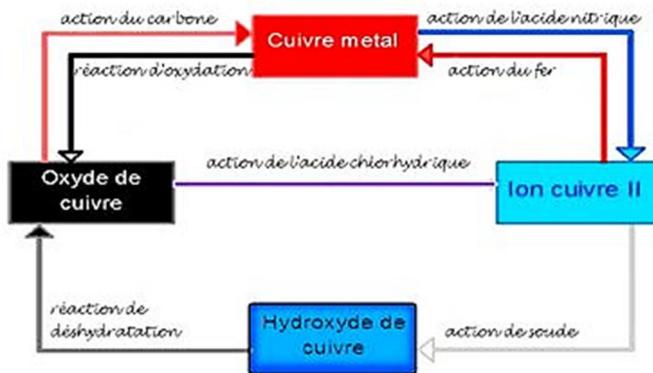
Figure 23: interfaces d'une page de questionnaire

Si l'utilisateur a choisi la mauvaise réponse, la page change son aspect. En considérant la question ci-dessus la correction proposée s'affiche tel que la figure 24 le présente.



Figure 24 : Un exemple de correction proposée pour l'évaluation formative.

La page qui suit, résume toutes les transformations du cuivre mentionné auparavant sous forme d'un organigramme. Elle inclut en outre, une conclusion sous forme textuelle. La conservation de l'élément cuivre se découle de cette conclusion.

Schéma récapitulatif des transformations du cuivre.Conclusion:

L'élément cuivre est celui qui est commun au métal Cuivre Cu et aux composés ( $Cu^{2+}$ ;  $(NO_3)_2$ ,  $CuO$ ,  $Cu(OH)_2$ ) malgré la diversité de leurs apparences. Au cours des différentes réactions chimiques, l'élément cuivre s'est conservé mais il se présente sous différents états.



Figure 25: interface de la dixième page

Une dernière page s'ajoute en vue de définir ce qu'est un élément chimique, elle généralise la loi de conservation d'élément sur tous les éléments chimiques. D'autres définitions sont aussi données pour assurer la clarté de la définition ainsi énoncée.



## 2.GENERALISATION

**Définitions :**

**Élément chimique:**

Tous les atomes Cu, tous les ions  $Cu^{2+}$ , tous les ions  $Cu^+$ , forment ensemble l'élément cuivre.  
De plus,  $Cu(OH)_2$ ,  $CuO$ ,  $CuCl_2$  contiennent l'élément cuivre.  
L'ensemble de tous les atomes et ions possédant dans leur noyau le même nombre de protons définit l'élément chimique.

**Corps simple**

Un corps est dit simple lorsque l'entité dont il est constitué ne comporte qu'un seul élément chimique.  
Ex :  $Na$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $O_3$  sont des corps simples.

**Corps composé**

Un corps est dit composé lorsque l'entité dont il est constitué comporte plusieurs éléments chimiques.  
Ex :  $CO_2$ ,  $CuO$ ,  $H_2O$ .



Figure 26: interface de la dernière page de la leçon

À l'issue de la leçon, une page de l'évaluation finale est offerte. C'est une illustration documentaire pour mettre les élèves dans une situation-problème. Quitter cette page revient à retrouver la page d'accueil.

**EVALUATION finale**

**Evaluation finale**

Mille milliard de mille sabords !! Qu'avez-vous fait ???

Milou, l'affaire n'est pas simple ; j'ai du mal à comprendre toutes ces formules et données

Les Dupont et Dupont ne pourraient-ils pas nous aider ?

Allo? Je Dupond ....

Quelle affaire : le cuivre a donc bel et bien disparu ??!

Le professeur Tournesol a fait disparaître le cuivre métallique que Tintin et le Capitaine Haddock avaient ramené d'une de leurs expéditions en Amérique du Sud. Problème : il ne retrouve plus le protocole à suivre pour le faire réapparaître !

Tintin a recueilli toutes les informations concernant le cuivre mais reste sceptique devant autant de données scientifiques ! Il décide de faire appel aux Dupont et Dupont pour mener à bien cette affaire.

Les deux policiers mèneront l'enquête. Les indices sont nombreux ; peut-être trop. Leur mission est claire : élaborer un protocole permettant de faire réapparaître le cuivre.

- 1) Enoncer la loi de Lavoisier qui assure la réapparition du cuivre : (2pts)
- 2a) Donner le nom des composés suivants :  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  (2pts)
- 2b) Donner la formule des composés ioniques suivant : nitrate de cuivre, sulfate de cuivre, chlorure de cuivre et oxyde de cuivre  $\text{II}^+$  (2pts)
- 3) Elaborer un protocole permettant de faire réapparaître le cuivre métal :
  - dans une solution de nitrate de cuivre (3pts)
  - dans une poudre d'oxyde de cuivre (3pts)
- 4) Décrire l'expérience par un schéma annoté dans chaque cas. (2 X 2pts)
- 5) Expliquer l'expérience effectuée par le professeur Tournesol pour faire disparaître le cuivre métallique
  - en une solution bleue (2pts)
  - en pellicules noires (2pts)

Figure 27 : interface de l'évaluation finale

Deux pages supplémentaires issues de la page d'accueil sont comprises dans ce didacticiel. L'une de deux présente les verreries et les appareils de laboratoire, elle comporte neuf verreries et cinq appareils de laboratoire usuels. Le nom, l'image et l'utilisation de chaque verrerie ou matériel y sont exposés brièvement. Les images de deux côtés sont des liens pour mener le navigateur aux détails concernant le matériel ou la verrerie y figurant. Les informations y générées sont indispensables pour mieux comprendre la manipulation et pour se cultiver d'avantage.

La deuxième page supplémentaire porte sur les règles de sécurité de laboratoire, elle sert à avertir les élèves de ne pas reproduire aveuglement la manipulation. Avec les pictogrammes ils rendent compte des dangers que le produit utilisé ou le produit de la réaction risque de provoquer.

## verreries et appareils de LABORATOIRE

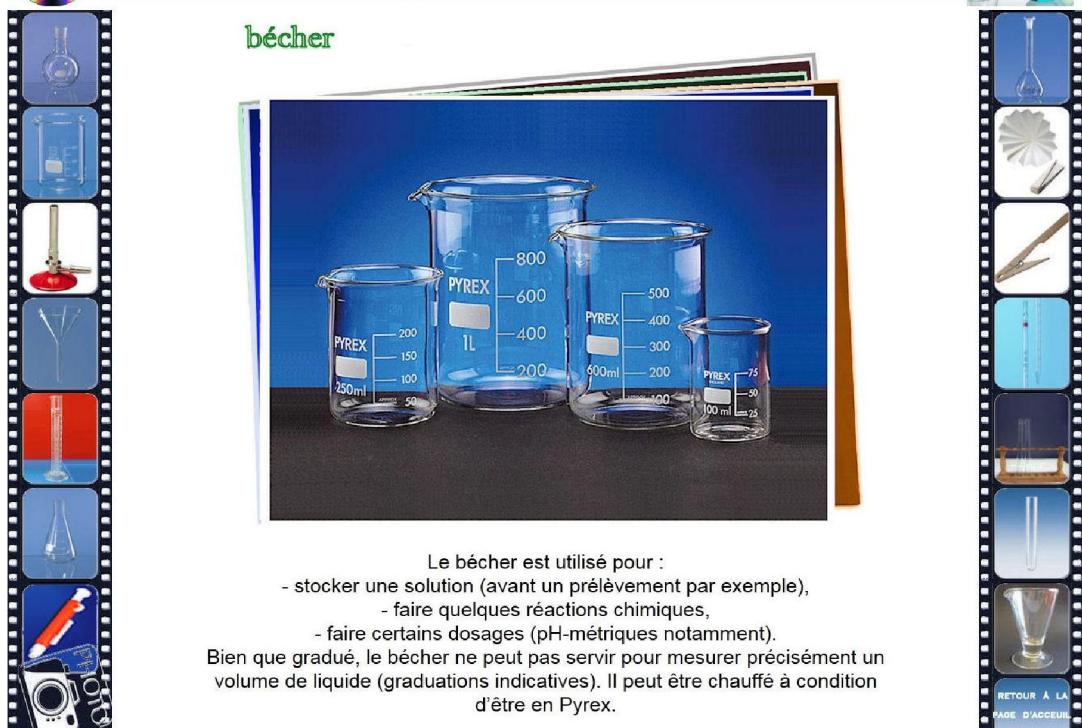


Figure 28: interface de la page des matériels de laboratoire

## la matière et ses TRANSFORMATIONS

	Bombe explosant (pour les dangers d'explosion ou de réactivité)		Flamme (pour les dangers d'incendie)		Flamme sur un cercle (pour les matières comburantes)
	Bouteille à gaz (pour les gaz sous pression)		Corrosion (peut être corrosif pour les métaux ainsi que la peau ou les yeux)		Tête de mort sur deux tibias (peut être毒ique ou mortel après une courte exposition à de quantités)
	Danger pour la santé (peut avoir ou est présumé avoir de graves effets sur la santé)		Point d'exclamation (peut entraîner des effets moins sévères sur la santé ou couche d'ozone*)		Environnement* (peut être nocif pour le milieu aquatique)
	Matières infectieuses présentant un danger biologique (pour les organismes ou les toxines susceptibles de causer des chez l'humain ou chez l'animal)				

\* Le SGH établit également un groupe de dangers pour l'environnement. Ce groupe et les classes qu'il englobe n'ont pas été adoptés dans le SIMDUT 2015. Cependant, les différentes classes liées à l'environnement peuvent figurer sur les étiquettes et les fiches de données de sécurité (FDS). Le SIMDUT 2015 permet de fournir des renseignements concernant les dangers pour l'environnement.

Figure 29: interface de la page du pictogramme de sécurité

Ces pages ne figurent pas dans les itinéraires obligatoires du système. Elles ne sont découvertes que par la curiosité des élèves. L'enseignant peut signaler leur existence avant l'utilisation de l'outil. L'élève a chevé son itinéraire, il peut essayer de répondre au sujet de l'évaluation finale.

## V.2. Mode d'utilisation enseignant

L'appropriation de l'outil par l'enseignant est fort indispensable afin de s'en servir convenablement comme support d'un cours. La situation pédagogique n'est plus semblable à celle de l'utilisation « mode élève ». Elle est destinée à l'apprentissage d'un groupe d'élèves ou même d'une classe. D'autres matériels sont alors requis. Un amplificateur sonore, un projecteur, un micro, un poste ordinateur s'ajoutent à l'outil. Un nombre restreint d'élèves seulement peut assister au visionnement afin de garder les élèves à la bonne distance de l'écran. L'enseignant doit veiller à la lisibilité et à l'audibilité de l'audio-visuel. L'intervention régulière de cet enseignant fait la supériorité de ce mode d'apprentissage. L'assurance des élèves dans l'encadrement renforce leur confort ; autrement dit les élèves sont dans une situation où ils sont conduits pas à pas dans toute l'activité.

Dans ce système hypermédia, onze pages spécifiques pour l'enseignant sont incorporées afin de faciliter l'activité didactique de l'enseignant. Une de ces pages, montrée dans la figure 30, donne une description pédagogique et didactique de l'outil. Elle relève à l'utilisateur, la qualité et la spécificité de l'outil; le concepteur y propose les deux modes d'exploitation.

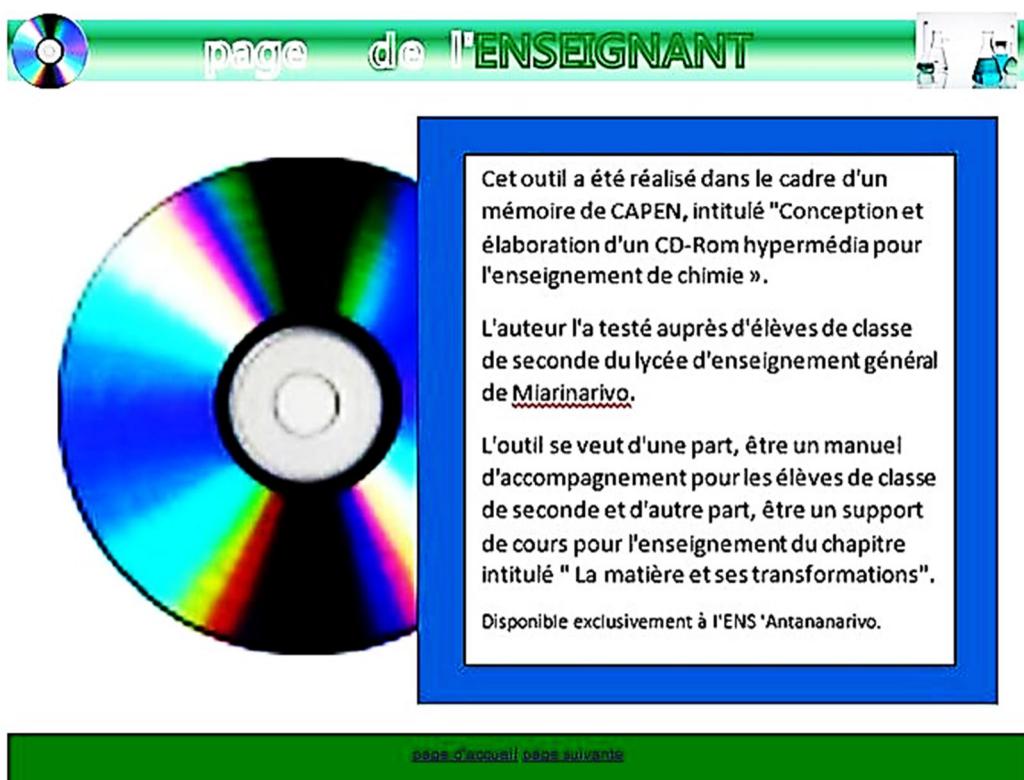


Figure 30 : interface de la première page pour l'enseignant.

Une fiche didactique est élaborée dans le but de faciliter la préparation didactique et de réduire le temps d'appropriation de l'outil. Il s'agit d'une proposition d'exploitation de l'outil comme étant un support de cours. Des liens sont rattachés à la fin de chaque page pour parcourir les cinq pages de la fiche. A l'issue de ces pages l'utilisateur atterrit à la page du sommaire. A partir de là, les mêmes itinéraires que celles précédemment décrites sont à suivre.

The screenshot shows a digital worksheet interface. At the top, there's a decorative banner with a CD icon on the left and a graduation cap icon on the right. The main title "page de l'ENSEIGNANT" is centered in large green letters. Below the title, a sub-section "FICHE PEDAGOGIQUE" is displayed in a smaller green bar. The worksheet content is organized into two columns:

<u>Classe</u> : seconde	<u>Durée</u> : 2h
<u>Matière</u> : chimie	<u>Prérequis</u> :
<u>Titre de la leçon</u> : LA MATIERE ET SES TRANSFORMATIONS	L'élève doit être capable de :
<u>Objectif général</u> :	Naviguer dans un système hypermédia
Expliquer ce qu'est un élément chimique	Caractériser quelques réactifs (acide nitrique, acide chlorhydrique, soude)
<u>Objectifs spécifiques</u> :	Traduire une réaction chimique en équation bilan
Enoncer la loi de Lavoisier	Nommer les matériels de laboratoire
Faire une étude statique d'une réaction chimique	<u>Matériels utilisés</u> :
Vérifier la conservation de l'élément cuivre	Un poste ordinateur, le CD-Rom hypermédia, un projecteur et un amplificateur sonore.
Définir l'élément cuivre	
Définir l'élément chimique	

At the bottom of the worksheet area, there is a green horizontal bar containing several small icons representing different functions or links.

Figure 31 : interface pour une fiche didactique

Objectifs intermédiaires	Interfaces graphiques	Stratégies d'apprentissage																				
Définir une réaction chimique	<p style="text-align: center;"><b>LA MATIERE ET SES TRANSFORMATIONS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>A.REACTION CHIMIQUE</b></p> <p><b><u>Une réaction chimique</u></b></p> <p><i>Une réaction chimique correspond à la modélisation d'une transformation chimiques d'un ou plusieurs substances en d'autres substances.</i></p> <p><i>Les substances qui réagissent entre eux et qui se sont disparues sont appelés réactifs. Les substances qui sont formés lors de la réaction sont appelés produits (de la réaction)</i></p>	Faire lire la définition de la réaction chimique. Faire lire la définition d'un réactif. Faire lire la définition d'un produit.  Demander à un élève d'expliquer la différence entre produit et réactif.																				
Enoncer la loi de Lavoisier Interpréter la loi de Lavoisier en termes de conservation des éléments	<p><b><u>Loi de Lavoisier :</u></b></p> <p><i>- Au cours d'une réaction chimique, rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme</i></p> <p><i>exemple: <math>1C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O</math></i></p>	Demander à un élève de lire l'énoncé de la loi. Expliquer l'universalité de la loi. (unicité de la formulation.) demander à un autre élève de reformuler l'énoncé en termes de conservation de l'élément. Demander 2 à 3 élèves de re-exprimer l'énoncée d'une autre façon. Faire vérifier l'équilibre de l'équation.																				
Caractériser les diverses formes de cuivre	<p style="text-align: center;"><b>B.L'ELEMENT CHIMIQUE</b></p> <p><b><u>l'élément cuivre</u></b></p> <p><i>Le mot "cuivre" nous amène à penser à un métal rouge doré que nous rencontrons quotidiennement dans des fils électriques. Du point de vue chimiste, le cuivre possède plusieurs états.</i></p> <p><b><u>les différents états du cuivre</u></b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nom</th> <th>métal de cuivre</th> <th>ion cuivrique</th> <th>oxyde cuivrique</th> <th>hydroxyde cuivrique</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aspect physique</td> <td>solide</td> <td>solution</td> <td>polymériques</td> <td>précipité</td> </tr> <tr> <td>Couleur</td> <td>rouge</td> <td>bleue</td> <td>noires</td> <td>bleu</td> </tr> <tr> <td>Formules chimiques</td> <td>Cu</td> <td>Cu<sup>2+</sup></td> <td>CuO</td> <td>Cu(OH)<sub>2</sub></td> </tr> </tbody> </table>	Nom	métal de cuivre	ion cuivrique	oxyde cuivrique	hydroxyde cuivrique	Aspect physique	solide	solution	polymériques	précipité	Couleur	rouge	bleue	noires	bleu	Formules chimiques	Cu	Cu <sup>2+</sup>	CuO	Cu(OH) <sub>2</sub>	Demander aux élèves ce qu'est un « varahina », on explique que c'est le cuivre métallique.  Décrire brièvement les autres caractéristiques physiques des composés du cuivre. Rappeler le test d'identification des ions si nécessaire.
Nom	métal de cuivre	ion cuivrique	oxyde cuivrique	hydroxyde cuivrique																		
Aspect physique	solide	solution	polymériques	précipité																		
Couleur	rouge	bleue	noires	bleu																		
Formules chimiques	Cu	Cu <sup>2+</sup>	CuO	Cu(OH) <sub>2</sub>																		

Figure 32: interface de la fiche didactique

Objectifs intermédiaires	Interfaces graphiques	Stratégies d'apprentissage
Décrire et interpréter la réaction entre l'acide nitrique et le métal de cuivre.	<p><b>Expérience 1 : Action de l'acide nitrique sur le métal cuivre.</b></p> <p><b>Protocole :</b></p> <p>Verser une solution d'acide nitrique concentrée dans un bûcher contenant un fil de cuivre. Laisser réagir. Observer et noter toutes les observations expérimentales que vous pourrez faire lors de cette expérience. La solution obtenue notée S<sub>0</sub> sera utilisée dans la suite.</p>	Faire lire le protocole. Demander à un élève d'expliquer verbalement ce que le réalisateur de la manipulation doit faire. Faire dégager de l'énoncé du protocole les réactifs de la réaction.
	Visionnement de la vidéo	Demander à un élève de relever les réactifs et les produits de la réaction Demander à un autre élève de décrire le phénomène observé; dans le cas où l'élève n'y arrive pas, reformuler la question en guidant l'observation et en révisionnant la séquence vidéo.
	Réponse au questionnaire	Faire lire l'énoncé du sujet. Faire choisir une réponse. Laisser à l'outil de donner le feed-back. Dans le cas échéant, corriger.
	<p><b>Schématique de l'expérience :</b></p> <p>Acide nitrique</p> <p>fluide cuivre</p> <p>Etat initial</p> <p>Dégagement d'un gaz qui donne des vapeurs rouges au contact de l'air</p> <p>Couleur bleue caractéristique des ions cuivre II : Cu<sup>2+</sup></p> <p>Etat final</p> <p>réaction avec l'acide nitrique HNO<sub>3</sub></p> <p>Transformation : Cu → Cu<sup>2+</sup></p>	Expliquer la formation de NO et sa transformation en NO <sub>2</sub> par la réaction d'oxydation avec l'air.
	<p><b>Observations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le métal de cuivre a disparu ;</li> <li>- la solution devient bleue</li> <li>- des vapeurs rouges s'échappent.</li> </ul>	Avant de le faire apparaître sur l'écran, à travers la barre de défilement, demander à un élève ses observations.
	<p><b>Équation bilan de la réaction :</b></p> $8H^+ + 2NO_3^- + 3Cu \longrightarrow 3Cu^{2+} + 2NO + 4H_2O$ <p>Le NO est un gaz incolore, au contact de l'air il donne le NO<sub>2</sub>(vapeurs rouges).</p> $NO + 1/2 O_2 \longrightarrow NO_2$	Faire vérifier que l'équation est équilibrée.

Figure 33: interface de la fiche didactique

Objectifs intermédiaires	Interfaces graphiques	Stratégies d'apprentissage
Décrire et interpréter la réaction entre le fer et l'ion cuivre II	<p><b>Objectif 2 : action du fer sur l'ion cuivre.</b></p> <p><b>Protocole :</b></p> <p>Verser la solution <math>S_0</math> dans un bocal; y placer des clous en fer. Attendre 20mn et observer..</p>	Faire lire le protocole. Demander à un élève d'expliquer verbalement ce que le réalisateur de la manipulation doit faire. Faire dégager de l'énoncé du protocole les réactifs de la réaction.
	Visionnement de la vidéo	Demander à un élève de relever les réactifs et les produits de la réaction Demander à un autre élève de décrire le phénomène observé; dans le cas où l'élève n'y arrive pas, reformuler la question en guidant l'observation et en révisionnant la séquence vidéo.
	Réponse au questionnaire	Faire lire l'énoncé du sujet. Faire choisir une réponse. Laisser à l'outil de donner le feed-back. Dans le cas échéant, corriger.
	<p><b>Schématisation de l'expérience :</b></p> <p>Clou en fer Fe Solution avec ions <math>\text{Cu}^{2+}</math> <i>Etat initial</i></p> <p>les clous se recouvrent d'espécimens noires virant au rouge Solution décolorée <i>Etat final</i></p> <p>Transformation : <math>\text{Cu}^{2+} \xrightarrow{\text{Par réaction avec le fer Fe}} \text{Cu}</math></p>	Expliquer que la réaction est lente, par opposition à une réaction instantanée.
	<p><b>Observations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Le cuivre se dépose sur la surface des clous ;</li> <li>* La solution se décolore progressivement.</li> </ul>	Demander à un élève ses observations, avant d'en proposer.
	<p><b>Équation bilan de la réaction :</b></p> $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} \longrightarrow \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$	Ne pas interpréter l'équation bilan par le transfert d'électron

Figure 34: interface de la fiche didactique

Objectifs intermédiaires	Interfaces graphiques	Stratégies d'apprentissage
Décrire et interpréter la réaction d'oxydation du cuivre	<p><b>Expérience 3 : Oxydation du cuivre</b></p> <p><b>Protocole :</b></p> <p><b>Chauder un fil de cuivre, bien décapée par la flamme d'un bunsen.</b> <b>Observer. Puis gratter la surface du métal.</b></p>	Faire lire le protocole. Demander à un élève d'expliquer verbalement ce que le réalisateur de la manipulation doit faire. Faire dégager de l'énoncé du protocole les réactifs de la réaction.
	Visionnement de la vidéo	Demander à un élève de relever les réactifs et les produits de la réaction Demander à un autre élève de décrire le phénomène observé; dans le cas où l'élève n'y arrive pas, reformuler la question en guidant l'observation et en révisionnant la séquence vidéo.
	Réponse au questionnaire	Faire lire l'énoncé du sujet. Faire choisir une réponse. Laisser à l'outil de donner le feed-back. Dans le cas échéant, corriger.
	<p><b>Schématisation de l'expérience :</b></p> <p>Etat initial</p> <p>Etat final</p> <p>Transformation : <math>Cu \xrightarrow{\text{Par combustion}} CuO</math></p>	Expliquer que le fait de gratter la surface du métal ne fait plus partie de l'expérience, c'est juste pour mettre en évidence les pellicules noires
	<p><b>Observation :</b></p> <p><b>Le métal rouge est recouvert des pellicules noires ;</b></p>	Faire remarquer que les pellicules noires recouvrent le fil de cuivre brûlé, après les avoir gratté, les pellicules se détachent.
	<p><b>Équation bilan de la réaction :</b></p> $2 Cu + O_2 \longrightarrow 2 CuO$	Demander à un élève de proposer l'équation bilan avant d'afficher l'interface

Figure 35: interface de la fiche didactique

Objectifs intermédiaires	Interfaces graphiques	Stratégies d'apprentissage
Décrire et interpréter la réaction entre le carbone et l'oxyde de cuivre.	<p><b>a) Expérience 4 : Réaction entre le carbone et l'oxyde de cuivre</b></p> <p><b>Protocole :</b></p> <p>Préparez le carbone préalablement par la combustion du bois. Mélangez le carbone avec le produit d'oxydation précédent. Porter le mélange à l'inéandoscopie. Observer.</p>	Faire lire le protocole. Demander à un élève d'expliquer verbalement ce que le réalisateur de la manipulation doit faire. Faire dégager de l'énoncé du protocole les réactifs de la réaction.
	Visionnement de la vidéo	Demander à un élève de relever les réactifs et les produits de la réaction Demander à un autre élève de décrire le phénomène observé; dans le cas où l'élève n'y arrive pas, reformuler la question en guidant l'observation et en revisionnant la séquence vidéo.
	Réponse au questionnaire	Faire lire l'énoncé du sujet. Faire choisir une réponse. Laisser à l'outil de donner le feed-back. Dans le cas échéant, corriger.
	<p><b>Schématisation de l'expérience :</b></p> <p>Transformation : <math>CuO + C \xrightarrow{\text{Par réaction avec le carbone C}} Cu + CO_2</math></p>	Rappeler le principe de séparation par décantation. (la matière plus dense se dépose au fond) Remarquer que l'eau de chaux n'est qu'un test d'identification du produit
	<p><b>Observations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Des dépôts rouges apparaissent dans le tube à essai;</li> <li>-L'eau de chaux trouble</li> </ul>	Expliquer que les dépôts rouges sont des cuivres métalliques et la trouble de l'eau de chaux signifie la présence du gaz carbonique.
	<p><b>Équation bilan de la réaction :</b></p> $C + 2CuO \longrightarrow 2Cu + CO_2$	Faire vérifier l'équilibre de la réaction.

Figure 36: interface de la fiche didactique

Objectifs intermédiaires	Interfaces graphiques	Stratégies d'apprentissage
Décrire et interpréter la réaction entre l'hydroxyde de sodium et l'ion cuivre II.	<p><b>Objectif 0 : Réaction entre l'hydroxyde de sodium et l'ion cuivre .</b></p> <p><b>Protocole :</b></p> <p>Verser la solution S<sub>0</sub> dans un tube à essai; y verser quelques millilitres de solution de soude (NaOH).</p> <p>Observat.</p>	Faire lire le protocole. Demander à un élève d'expliquer verbalement ce que le réalisateur de la manipulation doit faire. Faire dégager de l'énoncé du protocole les réactifs de la réaction.
	Visionnement de la vidéo	Demander à un élève de relever les réactifs et les produits de la réaction Demander à un autre élève de décrire le phénomène observé; dans le cas où l'élève n'y arrive pas, reformuler la question en guidant l'observation et en revisionnant la séquence vidéo.
	Réponse au questionnaire	Faire lire l'énoncé du sujet. Faire choisir une réponse. Laisser à l'outil de donner le feed-back. Dans le cas échéant, corriger.
	<p><b>Schématisation de l'expérience :</b></p>	La décoloration n'est forcément pas totale, et parfois moins visible. Ceci permet d'introduire la notion de réactif limitant.
	<p><b>Observations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La solution se décoloré ;</li> <li>Un précipité bleu se forme dans le tube</li> </ul> <p><b>Équation bilan de la réaction :</b></p> $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{OH}^- \longrightarrow \text{Cu(OH)}_2$	Demander à un élève d'interpréter les observations en termes de formation d'hydroxyde et consommation d'ions.
		Le composé formé peut être présenté sous forme ionique. (Cu <sup>2+</sup> , 2 OH <sup>-</sup> )

Figure 37: interface de la fiche didactique

Objectifs intermédiaires	Interfaces graphiques	Stratégies d'apprentissage
Décrire et interpréter la réaction de déshydratation de l'hydroxyde de cuivre II.	<p><b>g) Expérience 6 : La déshydratation de l'hydroxyde cuivrique.</b></p> <p><b>Protocole :</b></p> <p>Récupérez le précipité d'hydroxyde cuivrique par filtrage. Remettez ce précipité dans un tube à essai, et chauffez par la flamme les bunsen.</p> <p><b>Observation :</b></p>	Faire lire le protocole. Demander à un élève d'expliquer verbalement ce que le réalisateur de la manipulation doit faire. Faire dégager de l'énoncé du protocole les réactifs de la réaction.
	Visionnement de la vidéo	Demander à un élève de relever les réactifs et les produits de la réaction Demander à un autre élève de décrire le phénomène observé; dans le cas où l'élève n'y arrive pas, reformuler la question en guidant l'observation et en revisionnant la séquence vidéo.
	Réponse au questionnaire	Faire lire l'énoncé du sujet. Faire choisir une réponse. Laisser à l'outil de donner le feed-back. Dans le cas échéant, corriger.
	<p><b>Schématique de l'expérience :</b></p> <p>Etat initial</p> <p>Etat final</p> <p>Transformation : <math>\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{Par chauffage}} \text{CuO}</math></p>	Expliquer que :  Le précipité noir n'est autre que le produit d'oxydation rencontré dans l'expérience 3.  L'eau est aussi un produit de la réaction
	<p><b>Observation :</b></p> <p>Le précipité bleu se disparaît On obtient un précipité noir</p>	Expliquer qu'il s'agit de la consommation de l'hydroxyde cuivrique et une formation d'oxyde cuivrique.
	<p><b>Équation bilan de la réaction :</b></p> <p><math>\text{Cu}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}</math></p>	Si l'obtention de l'eau n'est pas assez claire, on part de la définition de la déshydratation.

Figure 38: interface de la fiche didactique

Objectifs intermédiaires	Interfaces graphiques	Stratégies d'apprentissage
Décrire et interpréter la réaction entre l'acide chlorhydrique et l'oxyde de cuivre.	<p><b>Expérience 7 : L'action de l'acide chlorhydrique sur l'oxyde cuivrique.</b></p> <p><b>Protocole :</b></p> <p>Récupérer l'oxyde cuivrique obtenu par la réaction d'oxydation précédente dans un bâchelet. Y verser 3 mL d'acide chlorhydrique dilué.</p> <p><b>Observer</b></p>	Faire lire le protocole. Demander à un élève d'expliquer verbalement ce que le réalisateur de la manipulation doit faire. Faire dégager de l'énoncé du protocole les réactifs de la réaction.
	Visionnement de la vidéo	Demander à un élève de relever les réactifs et les produits de la réaction Demander à un autre élève de décrire le phénomène observé; dans le cas où l'élève n'y arrive pas, reformuler la question en guidant l'observation et en révisionnant la séquence vidéo.
	Réponse au questionnaire	Faire lire l'énoncé du sujet. Faire choisir une réponse. Laisser à l'outil de donner le feed-back. Dans le cas échéant, corriger.
	<p><b>Schématisation de l'expérience :</b></p> <p>Transformation : <math>\text{CuO} \xrightarrow{\text{Par action de l'acide chlorhydrique}} \text{Cu}^{2+}</math></p> <p><b>Observation :</b></p> <p>Le précipité noir se disparaît La solution devient bleue comme <math>\text{S}_0</math></p>	Remarquer que la nuance de couleur entre la solution mère et la solution obtenue est due à la concentration différente des ions $\text{Cu}^{2+}$
	<p><b>Équation bilan de la réaction :</b></p> $\text{CuO} + 2(\text{H}^+, \text{Cl}) \longrightarrow \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Interpréter la disparition du précipité noir par la consommation d'oxyde cuivrique. Et l'obtention de la solution bleue par la présence d'ion cuivrique. La conservation de charge peut être ici mentionnée.

Figure 39: interface de la fiche didactique

Objectifs intermédiaires	Interfaces graphiques	Stratégies d'apprentissage
Identifier la réaction qui permet de faire passer le cuivre d'un état à un autre.	<p><b>Schéma récapitulatif des transformations du cuivre.</b></p>	Faire correspondre l'expérience réalisée et la réaction mentionnée sur le schéma. Exemple : demander à l'élève de donner le numéro de l'expérience correspondante à la réaction d'oxydation.
Vérifier la conservation de l'élément cuivre Définir un élément cuivre.	<p><b>Conclusion:</b></p> <p>L'élément cuivre est celui qui est commun au métal Cuivre Oui et aux composés (<math>Cu^{2+}</math>; <math>Cu(NO_3)_2</math>, <math>CuO</math>, <math>Cu(OH)_2</math>) malgré la diversité de leurs apparences. Au cours des différentes réactions chimiques, l'élément cuivre s'est conservé mais il se présente sous différents états.</p>	Rappeler les différentes formes du cuivre rencontré dans chaque réaction.
Définir un élément chimique.	<p><b>2.GENERALISATION</b></p> <p><b>Définitions :</b></p> <p><b>Élément chimique :</b></p> <p>Tous les atomes Cu, tous les ions <math>Cu^{2+}</math>, tous les ions <math>Cu^+</math>, forment ensemble l'élément cuivre. De plus, <math>Cu(OH)_2</math>, <math>CuO</math>, <math>CuSO_4</math> contiennent l'élément cuivre.</p> <p>L'ensemble de tous les atomes et ions possédant dans leur noyau le même nombre de protons définit l'élément chimique.</p>	Faire lire la définition Rappeler la définition d'un atome, d'un ion.
Définir un corps simple.	<p><b>Corps simple</b></p> <p>Un corps est dit simple lorsque l'entité dont il est constitué ne comporte qu'un seul élément chimique. Ex : <math>N_2</math>, <math>O_2</math>, <math>N_2O_3</math> sont des corps simples.</p>	Faire lire la définition Demander un exemple (autre que ceux qui sont cités)
Définir un corps composé.	<p><b>Corps composé</b></p> <p>Un corps est dit composé lorsque l'entité dont il est constitué comporte plusieurs éléments chimiques. Ex : <math>CO_2</math>, <math>CuO</math>, <math>H_2O</math>.</p>	Faire lire la définition, Introduire la notion d'un composé ionique.

Figure 40: interface de la fiche didactique

La description sur ce que contient le didacticiel, paraît amplement détaillée. Pour avoir minutieusement l'idée de ce que c'est. L'utilisation de l'outil sur son support CD-Rom apportera les compléments d'information éventuellement requises.

Aussi intéressant qu'il parait, son importance n'est validée que par son utilisation.

## Chapitre VI : L'EXPÉRIMENTATION DE L'OUTIL

L'expérimentation de l'outil n'est pas tout à fait une évaluation formelle d'un didacticiel, il s'agit d'une utilisation du système hypermédia dans un apprentissage réel.

### VI.1. Méthodologie de l'expérimentation

L'expérimentation vise à effectuer une comparaison entre quatre situations différentes d'enseignement avec et sans l'hypermédia. Il s'agit d'évaluer l'appropriation du thème « la matière et ses transformations » par quatre groupes d'élèves associés à ces quatre situations : une classe témoin et une classe sujet repartie en trois groupes expérimentaux, participant chacun à une séquence d'apprentissage bien définie, relative au thème traité dans l'hypermédia. Nous comparerons l'utilisation du CD-Rom en autonomie à celle en encadrement d'un enseignant. Le tableau qui suit donnera la répartition de ces quatre groupes. L'expérimentation concerne le même chapitre dans les deux classes. Les deux classes retenues pour notre expérimentation sont constituées d'élèves d'un même établissement (lycée Miarinarivo). Avant l'expérimentation, elles sont tenues par un même enseignant. La classe témoin est composée cinquante-neuf élèves. La classe sujet qui est repartie en trois groupes, renferme le même nombre d'élèves. Les élèves en autodidactes sont moins nombreux, l'effectif du groupe n'est que vingt-trois dont dix élèves travaillent individuellement et les treize restants apprennent en groupe. Le groupe encadré contient trente-six élèves.

*Tableau 4: répartition des groupes d'expérimentation*

Classe	groupe	Situation d'apprentissage	Effectif des élèves	Outils utilisés
Classe témoin	Groupe témoin	Cour frontal	59	Tableau, craies
Classe sujet	Groupe en autodidacte	Apprentissage individuel en autonomie	10	Ordinateur, CD-Rom hypermédia
		Apprentissage en groupe non encadré	13	
	Groupe encadré	Cours encadré		Projecteur, ordinateur, CD-Rom hypermédia

Source : auteur

Pour bien évaluer l'appropriation du concept et pour comparer les différentes modes d'apprentissage mis en œuvre, nous avons procédé à deux évaluations. La première est une forme

d'évaluation sommative qui mesure l'appropriation du thème par les élèves des deux classes concernées, après l'apprentissage. Un même sujet de Devoir Surveillé (annexe 8) est traité par les deux classes, en même date et dans la même durée. La classe témoin est surveillée par l'enseignant titulaire et la classe sujet est contrôlée par l'expérimentateur.

La seconde forme d'évaluation est réalisée via un questionnaire (annexe 9). Juste après le DS, les élèves de la classe sujet sont invités à donner leur avis sur la méthode d'apprentissage mise en œuvre et sur l'outil. D'autres facteurs déterminants y sont demandés : leur point de vue à propos de l'utilisation des TIC et leur perception de l'aspect expérimentale de la chimie.

En adoptant cette méthodologie, l'expérimentation de déroule comme suit.

## **VI.2. Déroulement de l'expérimentation**

L'expérimentation se déroule du 13 mai 2015 à 23 mai 2015 au lycée d'enseignement général de Miarinarivo.

### **VI.2.1. L'entretien**

Le premier jour est consacré à l'entretien avec les membres du personnel du lycée concernés par la réalisation de l'expérimentation.

La consultation prioritaire se fait avec le proviseur du Lycée d'enseignement général de Miarinarivo. Il demande une explication détaillée sur l'activité proposée, il se montre soucieux de la faisabilité d'une telle situation d'apprentissage. Vis-à-vis le niveau de la motivation des élèves. Mais après avoir discuté longuement, il a concédé la réalisation de l'expérimentation dans son établissement.

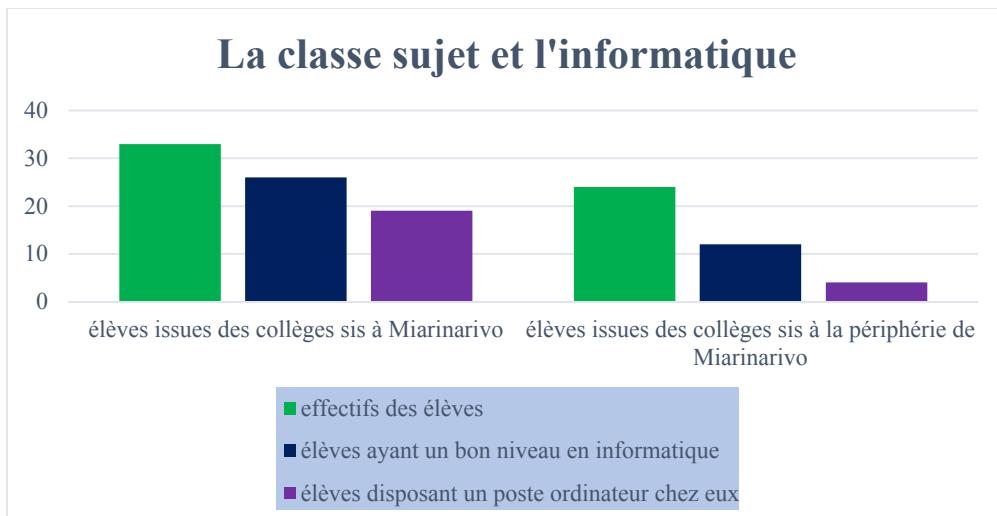
Le proviseur adjoint s'occupait de l'exécution technique de l'activité. Il a proposé la classe de seconde 1 et la seconde 4 à l'expérimentation. Il a organisé l'emploi du temps et nous avons gardé l'horaire de chimie hebdomadaire (deux séances de deux heures), et une séance supplémentaire pour l'évaluation finale.

La consultation de l'enseignant titulaire terminera cette phase de rencontre, elle a assisté toute l'expérimentation.

La classe de seconde 1 a été choisie comme classe sujet. Suite à des entretiens successifs avec les deux classes concernées (seconde 1 et seconde 4), la classe choisie dispose plus d'élèves disposant chez eux un ordinateur. L'expérimentateur et l'enseignant titulaire exposent l'importance de l'activité aux élèves. À première vue, certains élèves semblaient motivés, aussi avons-nous soumis le questionnaire 1, à remplir. Les questions s'articulent autour de la disponibilité d'ordinateur et de la familiarisation des élèves avec les Travaux Pratiques et avec le monde en informatique.

Les réponses au questionnaire 1 (annexe 6) sont dépouillées puis exploitées pour regrouper les élèves. Ces élèves sont issus de dix-huit collèges différents dont dix publics et huit privés. Parmi les dix-huit collèges, la CEG Miarinarivo, le collège privé de l'FJKM Antanisoa, et le CPC Mazarello, ont réalisé des Travaux pratiques en classe. Vingt-sept élèves de la classe sujet ont assisté à un séance de TP. Ce nombre correspond à 45.76% des élèves.

Sur le plan informatique, le diagramme statistique permet de constater que les élèves issus des collèges sis à Miarinarivo sont relativement plus avancés par rapport à ceux des collèges des périphéries. Pourtant, dans leur classe actuelle, un cours d'informatique avait lieu pour pallier cette différence. Et en plus, le système ne requiert qu'une bonne capacité en navigation de l'utilisateur.



*Figure 41 : diagramme représentant le niveau informatique des élèves de la classe sujet*

Le choix **d'attribution d'un élève à son groupe** se base sur les deux points essentiels mentionnés plus haut. Le tableau suivant donnera les critères d'attribution à un groupe et les effectifs des élèves formant chacun de ces groupes.

*Tableau 5: la répartition des élèves selon leur mode d'apprentissage dans l'expérimentation.*

Mode d'apprentissage	Apprentissage en autodidacte	Apprentissage par groupe et non encadré	Apprentissage encadré
Caractéristiques des élèves constituant le groupe.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disposant un poste ordinateur chez eux.</li> <li>- Ayant un bon niveau en informatique.</li> <li>- Ayant déjà assisté à un TP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'un d'eux au moins satisfait les caractéristiques des élèves en autodidacte</li> <li>- L'un d'eux au moins est un moyen ou bon élève.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le reste des élèves y sont groupés.</li> </ul>

Source : auteur

### VI.2.2. L'apprentissage en autodidacte

- **La distribution du CD** continue l'activité ; cette étape occupe une séance de 30mn environ. Un CD est offert à chacun des dix élèves en autodidacte et un par groupe est distribué aux six groupes d'apprentissage non encadré. Une masse des consignes est donnée sur l'utilisation technique et sur l'objectif didactique à atteindre. Il s'agit d'une guide affinée sur la navigation pour minimiser la désorientation (limite de l'hypermédia) de l'utilisateur.

Des questions surviennent rarement lors de cette séance. L'impatience de retrouver ce l'hypermédia contient, anime les élèves. Les consignes données pas à pas sont notées aveuglement, par les élèves.

- **La résolution technique des obstacles rencontrés par l'élève** constitue une séance imprévue, une dizaine d'élèves dans les deux groupes non encadrés sont venus pour demander de l'aide sur des difficultés techniques qu'ils ont rencontrées lors de l'utilisation du didacticiel. La plupart des problèmes rencontrés dérivent de la mal appropriation des consignes données. Après avoir consulté le didacticiel, les élèves se rendent compte de la situation correspondante aux instructions fournies dans la précédente séance. Chaque explication devient significative pour eux. Pourtant, deux élèves ont signalé que leur problème persiste. Une descente à domicile a été effectuée. Dans ces deux cas, la même gêne se produit ; l'installation du nouveau navigateur Firefox pose un problème pour eux.

### VI.2.3. Présentation du cours frontal à la classe témoin

Le mardi 12 mai 2015, est le second jour de l'expérimentation. Présenter le cours frontal à la classe témoin n'a rien de nouveau sur le plan didactique. Pour les élèves l'apprentissage n'est habituel puisque l'expérimentateur se charge de la séance, et l'enseignant titulaire s'est présenté en tant qu'assistant. Le cours avait eu lieu dans une salle de classe, l'expérimentateur n'utilise que du tableau et des craies (blanches et couleurs). La durée de la séance s'écarte beaucoup de ce qui est prévu. Comme c'était la première fois que l'expérimentateur a tenu la classe, l'établissement et l'entretien d'une relation maître-élève, sollicitait plus de temps. Mettre les élèves dans un état d'expression aisée n'est pas aussi facile, quelques élèves seulement y participent activement. Le cours prenait beaucoup de temps en raison de la schématisation des expériences au tableau, et la prise en note. le cours frontal pour l'apprentissage du chapitre « la matière et ses transformations » n'a pas pu être effectué en une séance de deux heures.



Figure 42: élèves de la classe témoin dans un cours frontal

- **Le second cours frontal avec la classe témoin** avait lieu le jeudi 14 mai 2015. Il s'agit d'une séance de deux heures. La participation des élèves est renforcée par des questions, la leçon devient anticipée par les élèves et la classe finit par être beaucoup plus active et beaucoup plus expressive. En un rien de temps, le cours est terminé ; les élèves sont avisés d'une évaluation en termes de DS noté qui se tient le mercredi prochain.

#### VI.2.4. Le cours outillé d'un système hypermédia

Le cœur de l'expérimentation avait eu lieu, le lundi 18 mai 2015 ; enfin, le cours outillé d'un système hypermédia se déroule dans une salle d'étude équipée d'un vidéoprojecteur. La différenciation pédagogique se manifeste déjà sur ce point. L'environnement pédagogique des élèves change avec l'outil. La classe est très allégée par rapport à celle du témoin ; trente-six élèves ont participé à la séance de visionnement tandis que cinquante-huit élèves sont présentes dans l'autre classe.

La participation des élèves est initiée par le test de prérequis. La lecture de la leçon présente deux avantages, de l'un, elle permet de susciter la contribution des élèves dans l'apprentissage ; de l'autre, elle vérifie la lisibilité de l'écran (mur sur lequel l'image a été projetée). L'interprétation des textes ainsi lus est faite par d'autres élèves. Il s'agit d'une reformulation du contenu selon leur langage munie d'une éventuelle explication dirigée par le questionnement de l'expérimentateur-enseignant. Cette activité est très stimulante dans la lecture du protocole de l'expérience. La description des principales étapes à suivre dans la manipulation devient claire et provoque un suspens sur le phénomène qui va se produire. Après le visionnement du film, un rapport oral du

phénomène observé selon l'expression des élèves anime la séance. La réponse au questionnaire dans l'évaluation formative reste une simple vérification de ce qui est raconté précédemment. La séance est effectuée en deux heures, nous avons même le temps de naviguer dans la page des matériels du laboratoire. Tout comme la classe témoin, ces élèves sont informés du DS qui aura lieu le mercredi 20 mai 2015.



Figure 43 : Cours outillé d'un système hypermédia avec la classe sujet

#### VI.2.5. L'évaluation finale

L'évaluation finale est exactement identique pour les deux classes, que ce soit au niveau du contenu, que ce soit sur les conditions de sa réalisation.

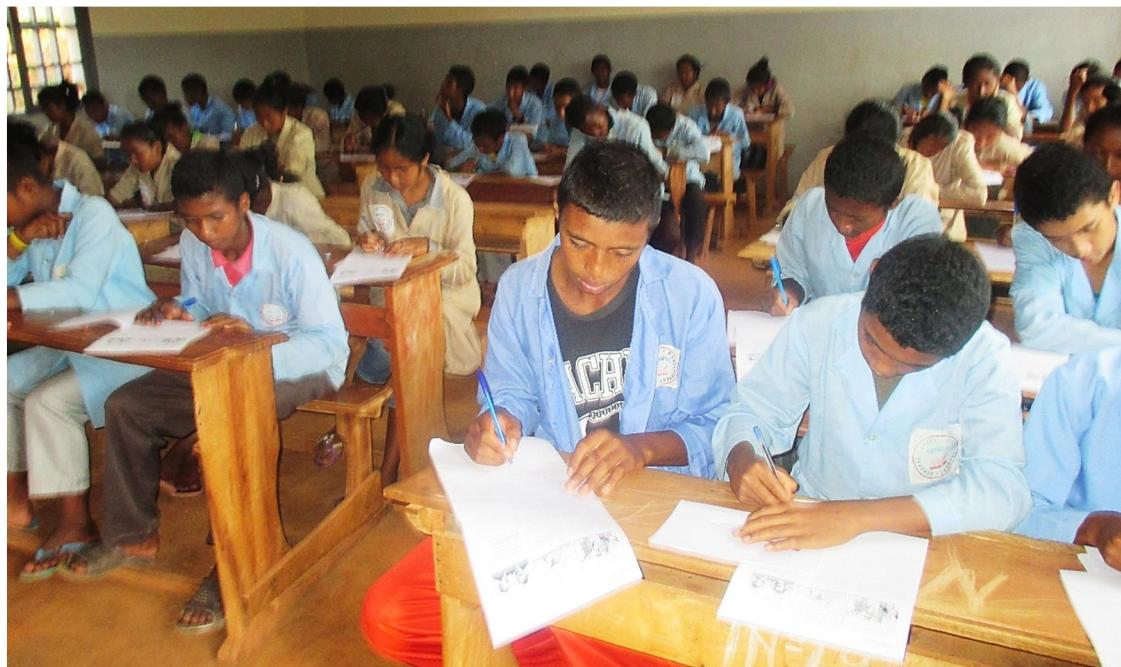


Figure 44 : la classe sujet durant l'évaluation finale.

Le DS avait lieu dans leur propre salle de classe, il est effectué dans la même durée et à la même date pour les deux classes. La classe sujet est tenue par l'enseignant titulaire et la classe témoin est surveillée par l'expérimentateur.

Après avoir passé au test, la classe témoin a rempli sa part d'activité tandis que dans la classe sujet, chaque élève est sollicité à remplir le second questionnaire (annexe 9). L'expérimentateur a pu passer à la correction des copies.

L'activité sur terrain de l'expérimentation s'achève ainsi, l'expérimentateur témoigne ses remerciements à tous les participants qui ont permis la réalisation. « Merci infiniment ! »

Ces activités permettent de disposer de deux relevés de notes pour la classe sujet et une série de notes pour la classe témoin

### VI.3. Résultats de l'expérimentation et leurs interprétations

Trois comparaisons semblent indispensables pour interpréter l'appropriation des concepts enseignés : une analyse entre les notes de la « classe sujet » et celles de la « classe témoin » ; un aperçu des notes des élèves de la « classe sujet » avant et après l'expérimentation, et enfin, une comparaison des notes des différents groupes d'apprentissage outillé d'hypermédia.

- La comparaison des notes des élèves de la classe témoin à celles des élèves de la classe sujet

L'objectif de cette comparaison est de soulever la différence entre deux classes ayant et n'ayant pas utilisé le didacticiel. Les deux séries de notes qui correspondent aux deux courbes de la figure sont obtenues lors de l'évaluation finale. Dans cette évaluation, les deux classes ont traité le même sujet et les copies sont corrigées par un même correcteur (enseignant expérimentateur)

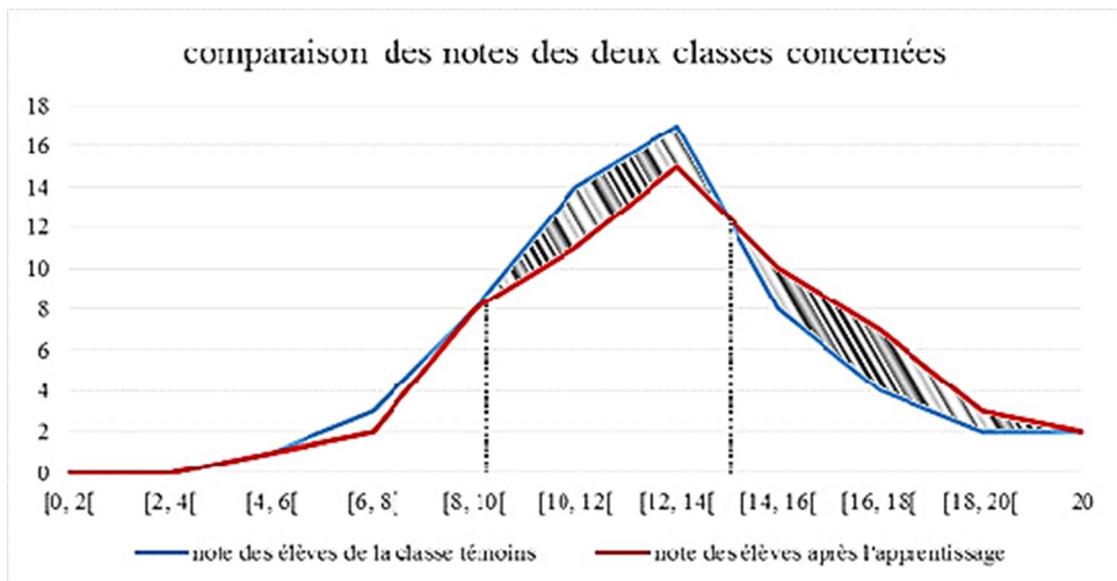


Figure 45 : comparaison de note des classes concernées

Pour la « classe témoin » la moyenne des élèves vaut à 12,2/20 après l'apprentissage. Quatre élèves ont eu plus de 18/20 et quatre élèves également sont en difficulté. En se référant à la « classe sujet », la moyenne des élèves de la « classe témoin » est légèrement inférieure (12,9 contre 12,2). Les deux cas la moyenne de la « classe sujet » reste relativement supérieure. Dans la moyenne de classe, l'écart entre les deux classes vaut 0.7 point. En s'appuyant sur la courbe de la figure 45, on aperçoit un glissement vers la note plus élevée. En effet, il apparaît que le nombre d'élèves dont la note varie de 08 à 14 a sensiblement diminué au profit du nombre d'élève ayant une note supérieure à 14. Une relative amélioration des résultats des élèves quant à l'appropriation du thème « la matière et ses transformations » peut être avancée. Deux raisons liées à l'introduction de l'innovation peuvent être à l'origine de cette relative amélioration. La première est d'ordre matériel, elle peut être rattachée à la contribution du didacticiel. L'outil réduit effectivement la tâche de l'enseignant, le temps récupéré pouvait alors être exploité pour effectuer un rôle de guidage. La seconde raison est d'ordre motivationnel. L'assurance que l'enseignant attribue à la faisabilité de l'apprentissage autonome influence positivement la confiance en soi des élèves. Cette différenciation apportée par l'outil renforce l'engagement des élèves durant l'apprentissage.

- L'aperçu de notes des élèves de la classe sujet avant l'apprentissage par rapport à leurs notes dans l'expérimentation.

Cette comparaison est utile pour repérer la variation de notes des élèves de la « classe sujet »<sup>11</sup>. Sur le niveau des élèves avant l'apprentissage la courbe bleue permet de constater que la classe est constituée principalement d'élèves moyens. Trois très bons élèves sont remarquables et quatre élèves sont réellement en difficulté. La moyenne de la classe est 12.1/20.

Après l'apprentissage, les notes issues de l'évaluation finale constituent les données de la seconde courbe (celle qui est en rouge). Cinq élèves ont eu une très bonne note, et trois élèves ont raté l'évaluation. La nouvelle moyenne de la classe donne 12.9/20.

---

<sup>11</sup> Leur moyenne avant l'apprentissage est donnée dans l'annexe 7

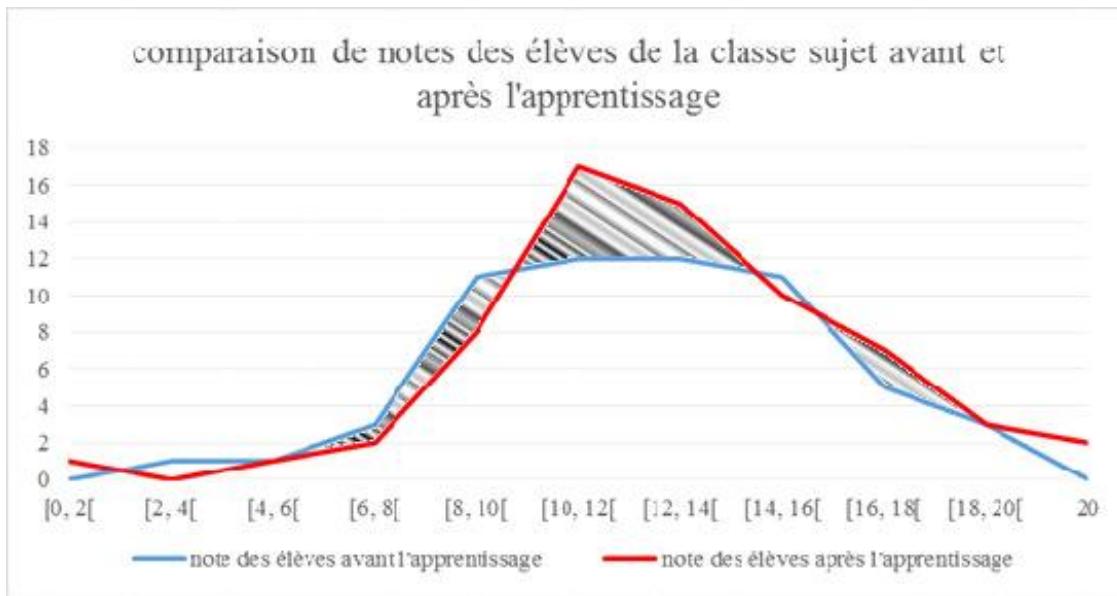


Figure 46: courbes représentatives des notes des élèves avant et après l'apprentissage

Les notes que présentent les deux courbes appartiennent à une même classe. La comparaison des deux séries de notes, avant et après l'apprentissage montre une moyenne de la classe sujet qui est relativement supérieure à celle de la moyenne antérieure. Les parties hachurées peuvent être considérés comme un « gain de l'apprentissage avec l'hypermédia ». La meilleure appropriation du concept perçu à travers les notes n'est sans doute significative, toutefois, un gain est perceptible peut être interprété comme le fruit de l'utilisation du didacticiel peut être interprétée comme le fruit de l'utilisation du didacticiel.

Pourtant, cette conclusion concerne l'ensemble des élèves de la « classe sujet ». Les impacts des différentes modalités d'apprentissage avec l'outil sont explicités dans la suivante comparaison.

#### Les trois modes d'apprentissages avec l'outil hypermédia.

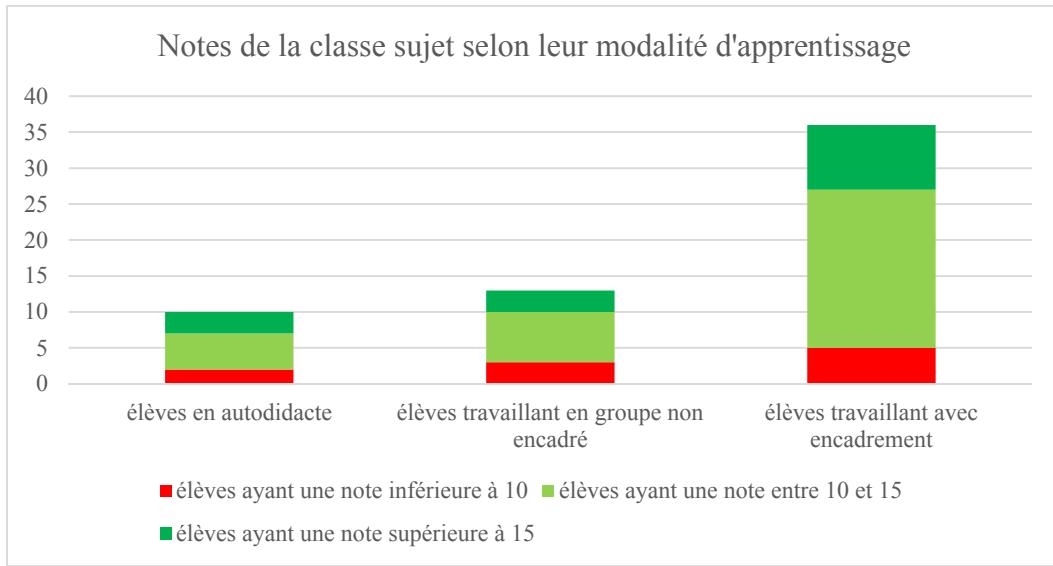


Figure 47: diagramme de notes des élèves de la classe sujet selon leur modalité d'apprentissage

30% des élèves en autodidacte et individuel ont une bonne note dans l'évaluation finale, tandis que dans le groupe non encadré, seulement 23% des élèves ont eu la note supérieure à 15/20. Pour le groupe encadré 25% des élèves ont eu la bonne note. La responsabilité des élèves en autodidacte est profitable pour les bons élèves. Cette responsabilité figure moins pour les élèves travaillant en groupe. La réussite des élèves encadrés peut être inférée par l'importance de l'encadrement. Le pourcentage des élèves ayant une note moyenne tourne autour de 50% pour les élèves en autodidacte et à 61% pour les élèves encadrés. Dans les trois différentes modalités d'apprentissage, les élèves travaillant (individuellement et en groupe) en autodidacte ont le plus d'élèves en difficulté (20%). Cette modalité d'apprentissage risque de dissoudre les élèves en difficulté.

Les relevés des erreurs communément commises par les élèves peuvent expliquer d'avantages ces résultats.

- Les erreurs communément commises par les élèves.

Le sujet ne comporte que cinq questions : les deux premières questions sont purement théoriques, deux autres demandent l'élaboration de deux différents protocoles aboutissant à un même résultat. La dernière question requiert une explication schématique des deux expériences.

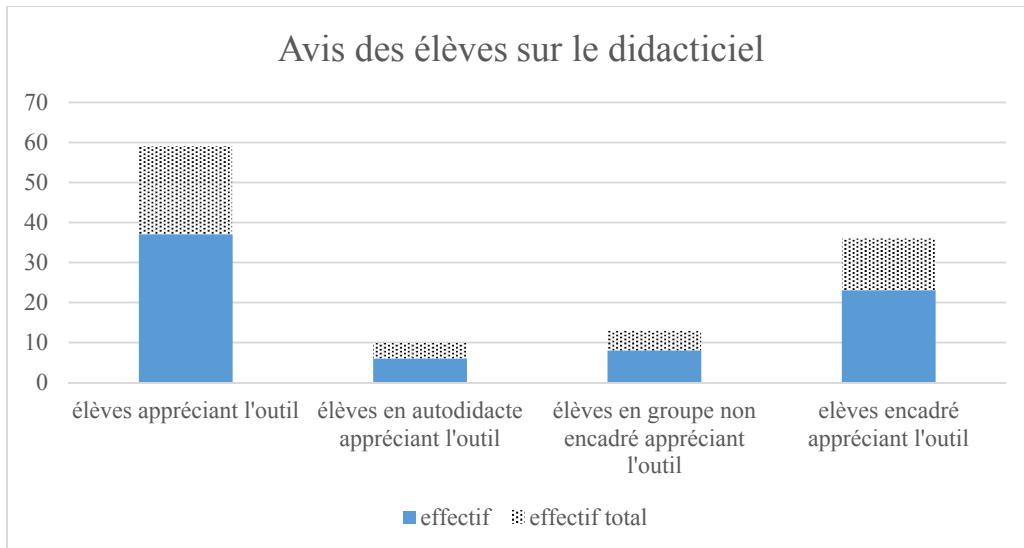
La première question ne demande qu'une simple restitution de l'énoncé de la loi de Lavoisier. Pourtant, vingt et un élève de la classe sujet n'arrivent pas à énoncer correctement la loi de Lavoisier. L'échec atteint particulièrement les élèves en apprentissage encadré et qui n'a pas disposé de l'outil. Selon les élèves, la lecture de l'énoncé durant la séance n'est pas suffisante pour la retenir. Cependant, ils n'ont pas pris dans leurs notes l'énoncé entier de la loi. Certains élèves déclarent connaître la signification de l'énoncé, ils proposent une autre reformulation. Ce cas est refusé comme la bonne réponse, car il n'y a qu'un seul énoncé universel.

La deuxième question concerne le nom et formule chimique de quelques composés. En donnant la formule chimique, les élèves retrouvent facilement le nom correspondant. Dans le cas inverse, le nom est donné et la formule chimique convenable est à rechercher, les élèves ont eu des difficultés. Cette difficulté a affectée presque toute les élèves des deux classes de l'expérimentation.

Dans la troisième et cinquième question, la rédaction du protocole pose problème au groupe ayant effectué un apprentissage autonome. Dix élèves ont échoué ces questions, ils avouent qu'ils n'ont pas attaché assez d'importance à cet élément. Parmi eux, certains n'arrivent pas à distinguer les activités principales à la transformation (qui concerne uniquement la transformation chimique) et la manipulation qui met en évidence les produits de la réaction. Les trois principales erreurs ainsi évoquées influencent l'avis des élèves sur le didacticiel.

- Les avis des élèves sur le didacticiel

D'après les réponses des élèves dans le questionnaire n°2, trente-huit élèves sur cinquante sont satisfaits de l'outil. La figure suivante représente l'avis des élèves sur le didacticiel selon leur groupe d'apprentissage.



*Figure 48 : diagramme qui illustre l'avis des élèves sur le didacticiel*

Dans tous les groupes d'expérimentation, il y avait des élèves qui sont satisfaits de l'outil, et également il y a ceux qui le refusent. Le diagramme permet de remarquer que les élèves qui apprécient l'outil sont plus nombreux par rapport à ceux qui la dénoncent. Cette remarque est toujours vérifiée dans les trois cas. L'observation des élèves sur le didacticiel est étroitement liée à la méthode d'apprentissage qui gère son emploi.

Soixante pour cent des élèves en autodidacte seulement apprécient bien leur modalité de travail. Les restes se plaignent de l'absence de l'encadrement didactique. Plus précisément, c'est la méthode d'apprentissage attribuée qui ne leur convient pas. Pour eux, le manque d'explication de la leçon est un bon prétexte pour dénoncer l'outil.

Dans le groupe des élèves non encadré, soixante-deux pour cent des élèves sont enchantés de leur situation d'apprentissage. Deux causes sont relevées par les élèves non satisfaits, la première résulte de la non-disponibilité permanente de l'outil. Les membres du groupe n'ont pas assez de temps pour consulter ensemble le contenu du didacticiel. Apparemment, ils ont mal organisé leur temps de travail. La seconde raison n'est autre que le même problème qu'avec les élèves en autodidacte, à savoir l'absence de l'encadrement.

Les élèves encadrés sont les plus reconnaissants envers l'outil, soixante-quatre pour cent apprécient la méthode d'enseignement que nous avons leur assignée.

- Les élèves ont souligné quelques points faibles et quelques points forts sur l'outil et sur son utilisation.

La date de l'évaluation est très proche de la date du déroulement de la séance d'apprentissage (cinq jours d'éloignement). Les élèves reprochent qu'ils n'ont pas assez de temps pour préparer le DS.

La prise de notes n'est pas bien maîtrisée par les élèves, ces derniers veulent disposer des polycopies contenant des traces écrites bien structurées et bien affinées. Les supports papier sont très pratiques pour les travaux personnels. Il paraît que le contenu des polycopies devrait être une synthèse de la leçon. En quelque sorte, un guide qui fait distinguer les points essentiels à retenir.

L'abondance des informations dans le didacticiel est perçue comme un point négatif. La séance devient très lourde, les informations saisies par les élèves sont limitées par la capacité et le rythme des élèves.

Quelques points forts sont également mentionnés par les élèves. La nouveauté de l'outil fait un grand profit. La séance devient plus intéressante que d'ordinaire. D'autres élèves non concernés (les élèves de la seconde parallèle) sont même curieux de l'activité. L'apprentissage trouve sa facilité avec l'outil, selon les élèves qui ont disposé du CD la copie des contenus s'avère inutile. En plus, l'observation de l'expérience à travers la vidéo améliore la rétention des informations.

La multimodalité avait un impact positif sur l'acquisition de l'expérience. Les textes écrits (dans le protocole et les observations), la vidéo, la figure et l'équation bilan racontent une même expérience. Elle correspond à une répétition différenciée des informations.

La réussite du didacticiel dépend de deux autres facteurs : l'utilisation des TIC et l'aspect expérimental de la chimie.

L'utilisation des TIC ne fait pas le consentement chez tous les élèves, selon leur réponse dans le questionnaire 2, 13.60% des élèves sont opposés à l'idée.

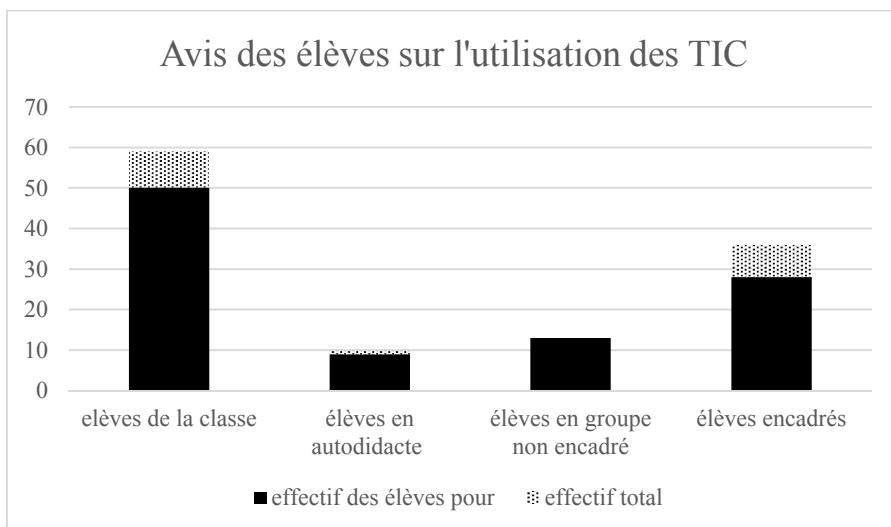
- Points de vue des élèves sur l'utilisation des TIC

L'avis des élèves sur l'utilisation des TIC est déterminant sur la réussite ou l'échec du didacticiel.

Sans les TIC, la mise en œuvre de l'outil est impossible. Quelques élèves s'opposent à l'intégration des TIC pour trois raisons.

La visualisation sur écran est reconnue fatigante et non habituelle. L'effort visuel risque d'endommager la vision des élèves. En outre, la plupart des élèves qui ne disposent pas d'un poste ordinateur se sentent lésés par la faute de matériel. Certains déplorent qu'il n'y ait même pas d'électricité chez eux. D'autres élèves ne se laissent pas empêcher par la faute de matériel ; ils ont passé dans un cybercafé pour en emprunter temporairement. Pourtant, la non-maîtrise de l'informatique faisait un obstacle. Bien que la consolidation de leurs cours informatique ait lieu, le problème reste persistant.

Par contre, les TIC rendent la communication entre les internautes plus aisée. Cet aspect est le plus important pour les élèves. Depuis la vulgarisation des réseaux sociaux, la place des TIC dans la vie journalière les jeunes devient plus accrue. La plupart des élèves ne trouvent l'importance des TIC que par la communication sur Facebook. Selon les élèves, la rapidité et la facilité de l'information sont des avantages indéniables des TIC. taper sur Google est moins gênant que feuilleter des livres dans la bibliothèque. Les TIC leur rendent service dans les préparations des exposés, des DS,... L'aspect ludique des TIC est aussi important pour eux. Ils ont plus de distraction avec, en citant les jeux en ligne, les sites pour télécharger des films... Les élèves qui sont en phase avec l'avancée des nouvelles technologies sont passionnés de leur utilisation. Ils ont accès au monde moderne et universel. La figure suivante représente en somme l'avis des élèves sur l'utilisation des TIC



*Figure 49: diagramme illustrant l'avis des élèves sur l'utilisation des TIC*

Sur la forme expérimentale de la chimie, les élèves ont leurs propres idées. La figure suivante est construite selon les réponses des élèves au questionnaire 2.

#### Représentation des élèves sur l'aspect expérimental de la chimie

15% des élèves choisissent les activités expérimentales de la chimie. Il semble qu'ils sont influencés par la mobilisation de cet aspect durant l'expérimentation. Les résultats inattendus et spectaculaires des expériences, la meilleure rétention de la manipulation et la réussite de l'évaluation leur donnent un engouement à l'expérience.

12% des élèves se contentent de la théorie. Leur pénalisation dans l'échec de l'énoncé de la loi de Lavoisier risque de biaiser leur choix. Ces élèves se sont attachés à la théorie habituelle de la chimie.

La majorité des élèves rendent compte de l'importance et de la complémentarité de la théorie et de la pratique. Ce choix peut être déformé par la tendance centrale, mais des justifications sont

apportées par les élèves qui ont fait ce choix. La figure 50 suivante illustre les avis des élèves sur l'aspect expérimental de la chimie.

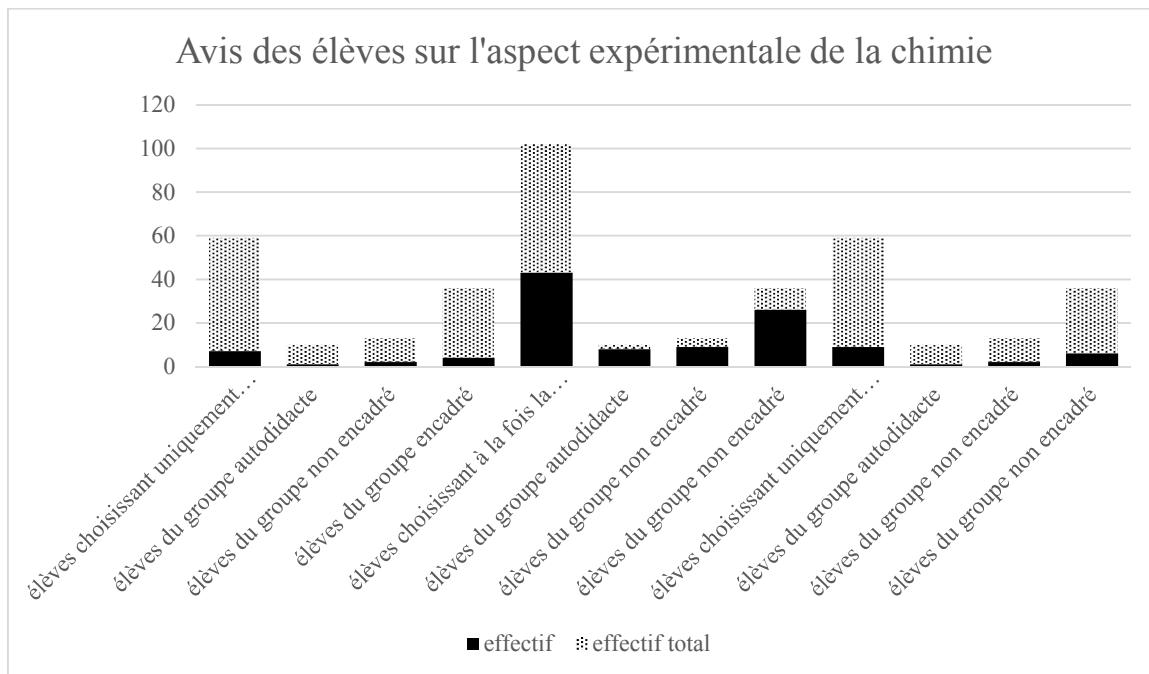


Figure 50 : la représentation des élèves sur la forme expérimentale de la chimie

#### VI.4. Conclusion de l'expérimentation

En somme, lors de l'expérimentation, les élèves sont motivés sur l'utilisation de l'outil. On constate une réduction considérable sur le temps d'apprentissage. Une séance de deux heures suffit tandis que le cours frontal nécessite quatre heures pour traiter le même concept. Des obstacles techniques sont rencontrés par les élèves utilisant le didacticiel individuellement. De ce fait, un encadrement technique s'avère indispensable. L'évaluation finale permet de constater que le concept « La matière et ses transformations » est mieux acquis par les élèves de la classe sujet. L'outil n'est pas suffisant pour être un support d'enseignant. Les traces écrites dans un support papier sont incontournables pour le travail de renforcement individuel des élèves. D'autres erreurs communément commis par les élèves (réécriture du protocole, énoncé de la loi de Lavoisier) peuvent être induits de l'insuffisance de consignes dispensées par l'expérimentateur durant l'apprentissage. Dans l'autre cas, les élèves utilisent l'outil comme un manuel d'apprentissage ; l'insuffisance des matériels disponibles empêche la vulgarisation de son utilisation. Certains élèves en apprentissage en autonomie se sentent contrariés par l'absence de l'encadrement didactique. Quelques améliorations méritent d'être apportées. Adjoindre l'outil à une synthèse du contenu dans une polycopie est une solution envisageable pour les élèves encadrés. Renforcer le cours en informatique et familiariser les élèves à l'expérience peuvent favoriser les capacités des élèves à travailler seul.

*Tableau 6: principaux résultats de l'expérimentation*

activités	résultats
La comparaison des notes des élèves de la classe témoin à celles des élèves de la classe sujet	Moyenne de la classe sujet : 12,88/20 Moyenne de la classe témoin : 12,22/20 Relative amélioration sur l'acquisition du thème par la classe sujet
Les erreurs communément commises par les élèves.	L'énoncé de la loi de Lavoisier Formule chimique des composés ioniques Rédaction du protocole
Les avis des élèves sur le didacticiel	63% des élèves ont appréciée l'outil
Points de vue des élèves sur l'utilisation des TIC	85% des élèves ont apprécié l'utilisation des TIC
Représentation des élèves sur l'aspect expérimental de la chimie	73% des élèves ont soutenu l'importance des deux aspects

Source : auteur

En bref, l'expérimentation permet d'affirmer une réussite relative à l'utilisation du didacticiel et que ce dernier répond à la meilleure appropriation du concept y traité.

## CONCLUSION

L'hétérogénéité au niveau des compétences des élèves est un phénomène incontournable dans une classe. La pédagogie différenciée est une méthodologie qui s'oppose à l'indifférence à cette différence entre les élèves. Elle s'intéresse à gérer l'hétérogénéité d'une classe. Pour y arriver, la pédagogie différenciée prescrit la diversification des outils didactiques mis en œuvre. Comme l'outil est un médiateur entre le savoir et l'élève. Il paraît nécessaire de faire correspondre le bon outil à un concept pour un élève. Pour y parvenir, la multiplication des outils disponibles s'avère primordiale.

En outre l'intégration des TIC dans l'apprentissage est actuellement une réalité. Les TIC ont une contribution importante dans le processus d'apprentissage, surtout au niveau des outils et des matériels didactiques. Les TIC interviennent, non seulement au niveau du développement des didacticiels, ils participent également à l'utilisation de ces derniers. Parmi les divers types de didacticiel, ce présent mémoire s'attache particulièrement à l'hypermédia. Ce système permet son utilisateur de naviguer dans un espace d'informations. Son caractère multimodal est essentiel à la différenciation pédagogique.

Pour la chimie, notre discipline de spécialité, deux aspects distincts, mais complémentaires sont autant importants ; à savoir : l'aspect théorique et l'aspect expérimental. Ce dernier est très indispensable dans l'apprentissage des concepts d'élément chimique et de transformation chimique. Ces concepts font le premier chapitre de la chimie en classe de seconde, classe dans laquelle l'hétérogénéité est remarquablement accrue.

Gérer la différence entre les élèves dans la classe de seconde et faire apprendre un concept mobilisant l'aspect expérimental de la chimie par l'intermédiaire d'un outil hypermédia est une solution avancée dans ce présent travail.

Ce mémoire est fondé sur un cadrage théorique. De nombreux didacticiens (Peretti, 1992 ; Tomlinson, 1996 ; Przesmycki, 1991) ont soutenu l'importance de la pédagogie différenciée à travers des principes, des idéologies et des pratiques. Plusieurs auteurs (Frager, 1975 ; Nonnon, 1972 ; Robles, 1997) ont déjà mené des études sur l'efficacité des TIC dans l'apprentissage. Les avantages de l'hypermédia sont justifiés (Nadeau, 1987 ; Tricot et Molinier, 2002 ; Erradi et al., 2000). Une étude épistémologique est apportée au concept, objet de l'hypermédia. Un historique sur la transformation chimique et les principales réactivités du cuivre est développé dans cette partie.

La conception et l'élaboration d'un système hypermédia pour l'apprentissage du chapitre : « la matière et ses transformations » constituent le sujet de ce mémoire.

L'architecture des liens, et les maquettes des pages sont définies préalablement, avant la réalisation technique du didacticiel. Dans le processus de la fabrication de l'hypermédia ; un ordinateur et un appareil photos numérique et des matériels du laboratoire jouaient son importance. Quelques logiciels (Notepad++, MovieMaker, VidéoPad, paintshop.pro, ..) sont également exploités à cette fin. Le tournage de la manipulation, le montage de la vidéo, la rédaction et la mise en page des pages web font les principales étapes à suivre dans la phase de la réalisation technique.

Le didacticiel ainsi élaboré emprunte deux modes de situation : il peut être servi comme outil d'accompagnement d'un élève en autodidacte ou comme un support d'enseignement dans un cours encadré. Dans les deux cas, l'objectif didactique est le même : démontrer « la loi de Lavoisier » en terme de conservation des éléments chimiques. La méthode expérimentale est adoptée dans son apprentissage. Le système hypermédia comporte trente-sept pages html: onze pages pour la leçon, sept pour les vidéos de la manipulation, neuf pages pour les diverses évaluations, cinq pages pour l'enseignant et cinq autres pour la facilité de navigation.

L'expérimentation de l'outil a eu lieu le 11 jusqu'à 21 mai 2015, dans le lycée d'enseignement général de Miarinarivo. Deux classes d'effectif égal sont concernées ; les cinquante-neuf élèves de la classe dit « témoins » ont assisté à un cours frontal tandis que les élèves de la classe sujet ont utilisé l'outil hypermédia. Vingt-trois élèves sont en autodidacte et trente-six ont eu un cours encadré. Un même sujet d'évaluation est traité par les deux classes, après l'apprentissage. Enfin, les élèves de la classe sujet sont invités à répondre au questionnaire pour demander leur avis sur le didacticiel.

L'expérimentation, l'analyse des notes et les réponses au questionnaire permettent d'affirmer que :

- La méthode d'enseignement et situation d'apprentissage sont également différencier avec l'outil. Cette différenciation a un impact positif sur la motivation des élèves.
- L'exploitation des TIC est actuellement une réalité dans le lycée.
- 63% des élèves ont apprécié l'outil ; l'aspect multimodal de ce dernier est particulièrement mentionné.
- La meilleure appropriation des concepts d'élément chimique et de la transformation chimique par les élèves est interprétée en une relative réussite du didacticiel.

Cependant, le système hypermédia ainsi élaboré est loin d'être parfait.

Au niveau didactique, une limite peut être évoquée. La transformation chimique ne peut être expliquée que dans deux grandeurs dimensionnelles : l'échelle microscopique et l'échelle macroscopique. L'observation au niveau macroscopique est remplie par la vidéo. Il apparaît que

l'autre dimension est manquante dans le didacticiel. L'insertion d'une modélisation (animation) illustrant le phénomène microscopique dans le système peut être envisageable.

Sur le plan technique, le CD-Rom hypermédia ne peut emprunter qu'une lecture sur ordinateur. Ce support est justifié par la nécessité de l'intervention de l'utilisateur à travers la souris et par la commodité de la visualisation sur son écran large. Toutefois, d'autres versions qui permettront une navigation sur d'autres supports (tablette, téléphone à écran large,...) pourraient être développées dans le but de vulgariser l'utilisation de l'outil. Et que les autres puissent suivre.

## BIBLIOGRAPHIE

1. AFNOR. (1995). *Traitemet de l'information. Systèmes bureautiques - Langage normalisé de balisage généralisé (SGML)*. Paris.
2. Agostinelli, & Metge. (2008). *Espaces communs de communication des connaissances E3C des espaces partages*. Paris : Presses Universitaires de Bordeaux.
3. Astolfi. (1989). Quel(s) sens pour aides didactiques ? Dans Giordan, A. ; Martinand, J.L. & Souchon,C. *Les aides didactiques pour la culture et la formation scientifique et technique*. Paris: UER de Didactique.
4. Bachimont, B. (1999). L'intelligence artificielle comme écriture dynamique : de la raison graphique à la raison computationnelle. Dans Salle, & Grasset, *Au nom du sens*. Jean Petitot.
5. Balasubramanian, V. (1994). *State of the Art Review on Hypermedia Issues And Applications*. Récupéré sur [http://www.isg.sfu.ca/~duchier/misc/hypertext\\_review/index.html](http://www.isg.sfu.ca/~duchier/misc/hypertext_review/index.html), le 15/08/14
6. Barlow, M. (1993). *Le travail en groupes des élèves*. Paris: A. Colin.
7. Baron, G., & Bruillard, E. (1996). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. Paris: Presses Universitaires de France.
8. Baudrit, A. (2005). *L'apprentissage coopératif : origines et évolutions d'une méthode pédagogique*. Bruxelles: De Boeck.
9. Belisle, C. (1998). Enjeux et limites du multimédia en formation et en éducation. in *Les Cahiers de l'Asdifle*.
10. Belkherfi, B. (2010). *Coopération entre un Hypermédia et un Simulateur Pédagogique basée Agent Pédagogique*, mémoire de Master en informatique, Université Kasdi Merbah - Ouargla, Algérie. Récupéré sur <https://fr.scribd.com/doc/241114214/14/I-L-Hypermedia-Educatif>
11. Bernard, C. (1876). *Introduction à l'étude de la Médecine expérimentale*. récupéré sur <http://www.universalis.fr/encyclopédie/methode-scientifique/1-claude-bernard-evoque-et-meconnu/> le 12/10/14
12. Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*.
13. Brown, J., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*.
14. Bruillard, E. (1997). *Les machines à enseigner*. Paris: Hermès.
15. Burns, R. (1971). *Methods for individualizing instruction*. Récupéré sur EducationalTechnology,.
16. Clement, U. ; Martens, B. (2000) : Effizienter lernen durch Multimedia?Probleme der empirischen
17. Feststellung von Ursachen des Lernerfolgs. Zeitschrift für Pädagogik 46;1. p. 97–112.

18. Comenius. (1685). cité par Gilles, B. (2012) *Audiovisuel et éducation: technologies et technopédagogie*, récupéré sur <http://gillesboulet.ca/textes/audiovisuel.pdf>. le 15/09/14
19. Crane, & Mylonas. (1988). *4ème Partie : Deuxième ensemble expérimental : apprentissage des échecs par un didacticiel intégrant l'objectif du transfert*. Récupéré sur [http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2002.noir\\_m&part=64711](http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2002.noir_m&part=64711)
20. Dale, E. (1975). Audio-Visuel Methods in Teaching,. Dans T. cité par Decaigny, (2000), *Technologie éducative et audio-visuel, in Éducation* . Paris: Nathan.
21. De Perreti, A. (1992). Récupéré sur [http://www.ineps-mlz.be/files/tfe\\_sottiaux\\_virginie\\_2010.pdf](http://www.ineps-mlz.be/files/tfe_sottiaux_virginie_2010.pdf)
22. De Vries, E. (2001). Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail. *Revue Française de Pédagogie*, n° 137.
23. Delestre, N. (2000). *Un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement*, Thèse au laboratoire PSI de l'université de Rouen (France).
24. Dillenbourg, P., Mendelshon, P., & Jermann, P. (1999). *Why spatial metaphors are relevant to virtual campuses ?* Genève: TECFA.
25. Dubois, v., Gyselinck, V., & Choplin, H. (2001). Compréhension d'informations multimodales : influence du mode de présentation et de la mémoire de travail. Dans E. De Vries, J. P. Pernin, & J. P. Peyrin, *Hypermédias et Apprentissages*. Paris: INRP/EPI.
26. Duchastel, P. F. (1988). Rôles cognitifs de l'image dans l'apprentissage scolaire. . *Bulletin de Psychologie*.
27. Dumon, A., & Laugier, A. (2000). Travaux pratiques en chimie et représentation de la réaction chimique par l'équation-bilan dans les registres macroscopique et microscopique : une étude en classe de seconde (15-16 ans). *Chemistry Education: Research and Practice*. Récupéré sur [http://www.uoi.gr/cerp/2004\\_February/pdf/06Dumon.pdf](http://www.uoi.gr/cerp/2004_February/pdf/06Dumon.pdf)
28. Ferry, G. (1971). La pratique du travail en groupe. Une expérience de formation d'enseignant. *Revue française de pédagogie* .
29. Frère. (1997). *Differencier la pédagogie en mathématiques, La démonstration en en classe de 4ème*.
30. Gille. (1978). *Histoire des techniques*. Récupéré sur <http://www.menestrel.fr/spip.php?rubrique587>
31. Giordan, & Vecchi, D. (1987).
32. Goody, J. (1979). La raison graphique. Dans *La domestication de la pensée sauvage*. Paris. Haberl. (2010).

33. Indrissi, J., Zerhane, R., Khaldi, M., Aride, J., Blaghen, M., & Talbi, M. (2002). *L'environnement hypermédia au service de l'apprentissage et de l'enseignement de la biochimie*. Récupéré sur <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0303b.htm>
34. Jacquinot, G. (1977). *Apprivoiser la distance et supprimer l'absence ? ou les défis de la formation* Récupéré sur [http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2005.pekdag\\_b&part=103932](http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2005.pekdag_b&part=103932)
35. Kant, E. (1803). *Réflexions sur l'éducation*. Récupéré sur <http://laphiloduclos.over-blog.com/2015/02/sti-un-exemple-d-explication-de-texte-kant-reflexions-sur-l-education.html>
36. Khaldi, M., Erradi, M., Ezzahri, S., Talbi, M., Benmokhtar, S., & Bennamara, A. (2000). Proposition d'une stratégie d'intégration de l'outil informatique outil d'investigation scientifique. *la revue de l'EPI*.
37. Kolb, D., & Fry, R. (1975). Toward an applied theory of experiential learning. *cité par C. Cooper dans Theories of Group Process*.
38. Kress, G. (2003). *Literacy in the New Media Age*. London: Routledge .
39. Laugier, A., & Dumon, A. (1998). Enseigner les sciences physiques avec de jeunes élèves. Quelle épistémologie pour quelle démarche ? *Bulletin de l'Union des Physiciens*.
40. Laurent, S. (2001). *Pédagogie différenciée*. Récupéré sur <http://recherche.aix26-mrs.iufm.fr/publ/voc/n1/laurent2/index.html>
41. Lefèvre, J. (1984). *Guide pratique de l'E.A.O.*
42. Legendre, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Paris: Eska.
43. Legrand, L. (1986). *La différenciation pédagogique*. Paris : Scarabée-Semea.
44. Linard, M. (2002). Conception de dispositifs et changement de paradigme en formation. *Education Permanente*.
45. Martinand, J. (1986). *connaître et transformer la matière, questions actuelles de la didactique des sciences* .
46. Martins, D. E. (1990). Communication médiatisée et processus d'évolution des représentations. Etude de cas : la représentation de l'informatique, Thèse de Doctorat, Université Lumière Lyon 2.
47. Meirieu, P. (1985). L'école, mode d'emploi: "des méthodes actives" à la pédagogie différencié.
48. Meirieu, P. (2004). *L'essentiel en une page*. Récupéré sur cahiers pédagogiques: <http://www.cahiers-pedagogiques.com/L-essentiel-en-une-page>
49. Meirieu, P. (s.d.). *Petit dictionnaire de pédagogie*. Récupéré sur <http://www.meirieu.com/DICTIONNAIRE/dictionnaireliste.htm>

50. Nadeau. (1997). *Application et impacts de l'hypermédia constructif sur l'apprentissage*, . Récupéré sur <http://www.fse.ulaval.ca/fac/ten/64448/nado/semi.html>
51. Nonnon, P. (2007). Enseigner les sciences avec ExAO. *Presse de l'Université de Montréal*.
52. Omar, & Beggas, M. 2. (2007). *Modélisation par un système multi-agents d'un hypermédia éducatif adaptatif*. Récupéré sur [http://www.memoireonline.com/07/08/1413/m\\_modelisation-systeme-multi-agents-hypermedi](http://www.memoireonline.com/07/08/1413/m_modelisation-systeme-multi-agents-hypermedi)
53. Peraya, D. (1993). L'audiovisuel à l'école : voyage à travers les usages. *Bulletin de la Société belge des professeurs*.
54. Perrenoud, P. (2000). « *Pédagogie différenciée. Des intentions à l'action* ».
55. Pressey, S. (1926). A simple device which gives tests and scores - and teaches. *School and Society*.
56. Przesmycki, H., & Peretti, A. (1991). *Pédagogie différenciée*. Récupéré sur [http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID\\_FICHIER=1396127361764&ID\\_FICHE=14](http://www.pedagogie.ac-nantes.fr/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID_FICHIER=1396127361764&ID_FICHE=14)
57. Raymond, H. (1989). Du « soutien » à la différenciation. *Cahiers Pédagogiques : Différencier la pédagogie*, p. 47.
58. René, B. (1985). *Cahiers pédagogiques : Différencier la pédagogie*.
59. Rey, B., Carette, V., Defrance, & A, K. (2003). *Les compétences à l'école : apprentissage et évaluation*. Bruxelles: De Boeck.
60. Rhéaume, J. (1993). L'enseignement des hypermédias pédagogiques. Dans J. Baron, & J. Baudé, *Deuxièmes journées francophones Hypermédias et apprentissages : actes*, . Paris: Institut national de recherche pédagogique.
61. Robles, A. (1997). *La vidéo comme support didactique en physique*. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard Lyon.
62. Tchounikine, P. (2002). Environnements informatiques pour l'apprentissage humain. Dans *Cognition et traitement de l'information*. Paris: Hermès.
63. Tomic, S. (2013). *Le cadre matériel des cours de chimie dans l'enseignement supérieur à Paris au XIXe siècle*. Récupéré sur <http://histoire-education.revues.org/2326>
64. Tricot, A. (1995). *Un point sur l'ergonomie des interfaces hypermédias*. Récupéré sur [http://tecfactu.unige.ch/staf/staf9597/beltrame/STAF15/art\\_tricot.html](http://tecfactu.unige.ch/staf/staf9597/beltrame/STAF15/art_tricot.html)
65. Tricot, A., & Molinier, P. (2002). *Compréhension et hypermédia. Approches cognitives, communicationnelles et sémiotiques*. Actes du colloque, Albi.
66. Turing, A. (1943). *Invention de l'ordinateur*. Récupéré sur Histoire Pour Tous: <http://www.histoire-pour-tous.fr/inventions/298-invention-ordinateur.html>

67. Vassileva, J. (1995). Dynamic Courseware Generation : at the Cross of CAL, ITS and Autoring.  
Dans *Proceedings of the International Conference on Computers in Education*.
68. Winnykamen, F. (1982). *L'apprentissage par l'observation* . Récupéré sur Revue française de  
pédagogie: [http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rfp\\_0556-7807\\_1982\\_num\\_59\\_1\\_1747](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rfp_0556-7807_1982_num_59_1_1747)

## ANNEXES

### Annexe 1: aperçu de l'hétérogénéité de la classe de seconde

LYCEE MIARINARIVO

LYCEE D'ENSEIGNEMENT GENERAL DE MIARINARIVO

Année scolaire : 2013-2014

#### MOYENNE PAR CLASSE ET PAR MATIERE

#### RESULTAT DU TROISIEME TRIMESTRE

CLASSE : PREMIERE A1		
Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	12,30	
RUSSE	11,73	
MALAGASY	10,92	
PHYSIQUE CHIMIE	9,83	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	9,62	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	9,09	
ANGLAIS	8,30	
FRANCAIS	8,20	
MATHÉMATIQUE	6,14	
CLASSE : PREMIERE A2		
Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	15,39	
PHYSIQUE CHIMIE	12,77	
MALAGASY	11,57	
RUSSE	10,80	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	10,15	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	9,98	
ANGLAIS	9,03	
FRANCAIS	8,27	
MATHÉMATIQUE	5,47	
CLASSE : PREMIERE C		
Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	15,36	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	15,26	
MALAGASY	13,12	
FRANCAIS	10,86	
PHYSIQUE CHIMIE	10,77	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	10,39	
ANGLAIS	10,01	
MATHÉMATIQUE	8,78	
CLASSE : PREMIERE D1		
Matière	Moyenne	Professeurs
MALAGASY	13,27	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	13,17	
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	12,98	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	11,23	
PHYSIQUE CHIMIE	10,94	
ANGLAIS	8,94	



**MOYENNE PAR CLASSE ET PAR MATIERE**

**RESULTAT DU TROISIEME TRIMESTRE**

FRANCAIS	8,85
MATHEMATIQUE	6,49

**CLASSE : PREMIERE D2**

Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	15,62	
MALAGASY	12,67	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	12,08	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	11,34	
PHYSIQUE CHIMIE	11,10	
ANGLAIS	9,36	
FRANCAIS	8,16	
MATHEMATIQUE	6,55	

**CLASSE : SECONDE 1**

Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	14,97	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	13,53	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	13,06	
MALAGASY	12,59	
RUSSE	12,34	
PHYSIQUE CHIMIE	11,35	
FRANCAIS	10,10	
ANGLAIS	8,37	
MATHEMATIQUE	7,99	

**CLASSE : SECONDE 2**

Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	15,27	
RUSSE	12,62	
MALAGASY	12,50	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	12,35	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	11,71	
PHYSIQUE CHIMIE	10,92	
FRANCAIS	10,15	
ANGLAIS	9,15	
MATHEMATIQUE	6,65	

**CLASSE : SECONDE 3**

Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	15,28	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	14,56	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	14,46	
RUSSE	13,50	



MOYENNE PAR CLASSE ET PAR MATIERE

## RESULTAT DU TROISIEME TRIMESTRE

## CLASSE : TERMINALE C

Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	13,05	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	12,38	
MALAGASY	11,89	
PHILOSOPHIE	11,32	
PHYSIQUE CHIMIE	7,66	
FRANCAIS	7,57	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	7,48	
MATHEMATIQUE	3,68	

## CLASSE : TERMINALE D1

Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	11,49	
PHILOSOPHIE	10,64	
MALAGASY	10,44	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	9,48	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	7,50	
FRANCAIS	7,18	
PHYSIQUE CHIMIE	6,12	
MATHEMATIQUE	6,09	

## CLASSE : TERMINALE D2

Matière	Moyenne	Professeurs
EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE	11,92	
MALAGASY	10,32	
PHILOSOPHIE	10,02	
HISTOIRE ET GEOGRAPHIE	9,87	
SCIENCE DE LA VIE ET DE LA TERRE	7,42	
FRANCAIS	7,35	
MATHEMATIQUE	6,54	
PHYSIQUE CHIMIE	5,10	



Annexe 2:

les différentes modalités de travail et leurs avantages

Modalité de travail	définitions	Conseil de sa mise en œuvre	Avantages
Travail individuel	Dans ce cas, chaque élève travaille seul sur un objectif commun pour la classe.	La tâche doit être à la portée de chacun. La modalité est convenable dans la consolidation et l'approfondissement des acquis.	L'élève est libre, autonome, responsable, et se sent concerné directement par le feedback sur son travail.
Travail en groupe	« C'est une activité d'apprentissage limitée dans le temps, par laquelle deux ou plusieurs apprenants exécutent ensemble et sous un mode interactif une ou des tâches plus ou moins structurées, dans le but d'atteindre un ou des objectifs préalablement déterminés. » Proulx (1999)	« Les buts communs doivent être fixés et bien définis » Johnson et Johnson, 1991 ; Davidson, 1994 « Le rôle et les tâches sont distribués à chaque membre » Michinov(2001) et Baudrit(2005) propose nt de « laisser le groupe autonome dans son travail. »	« Les élèves deviennent auteurs de leur apprentissage » Ferry (1970) « La situation multiplie le temps de parole" (cas des élèves timides pour qui l'impact affectif est amoindri). M. Barlow (1993) « Les élèves développent le sens de responsabilité et des attitudes de collaboration. » Proulx, 1999 L. Legrand « utile pour ceux qui ont besoin de discussions entre pairs pour se rassurer et progresser.»

Source : auteur

Annexe 3:

Quelques termes relatifs avec l'outil sont explicités dans les paragraphes suivants:

**L'instrument pédagogique** est un dispositif technique utilisé par l'enseignant au service des apprentissages de leurs élèves. Selon Rabardel (1995), l'instrument se présente sous deux aspects, les artefacts (tout objet technique ou symbolique ayant subi une transformation d'origine humaine) et le schème d'utilisation (la manière dont l'enseignant utilise ces artefacts). Un artefact a donc le statut d'un instrument lorsqu'il est instrumentalisé et instrumentés par l'apprenant et/ou l'enseignant.

**Un support didactique** est tout élément matériel susceptible de véhiculer une information nécessaire à l'activité d'apprentissage. Un support d'information est donc capable de conserver, restaurer et de transmettre des connaissances. Un document doit utiliser un support sur lequel sont inscrites des informations dans l'intention d'être communiquées.

## Annexe 4 :

### Historique de l'hypermédia

Depuis sa conception jusqu'à sa vulgarisation, l'hypermédia connaît des évolutions très ahurissantes.

Dès l'année 1936, Wells propose déjà une idée sur l'encyclopédie mondiale, qu'il imagine sous la forme d'un réseau nerveux tissant des liens entre les travailleurs intellectuels du monde grâce à un média d'expression commune.

Plus tard, Vannevar Bush (1945) ; propose dans son article « As We May Think » un moyen d'automatisation des collectes et la consultation de la documentation technique par le biais de MEMEX (MEMoire et indeEX) : une machine multimédia à base de microfilm qui permet d'entreposer les livres à un mode mécanique de consultation rapide et flexible de toutes ces informations. Malheureusement, le Memex n'a jamais vu le jour<sup>12</sup> , seulement l'idée de l'hypertexte l'est.

En 1965, le mot hypertexte est inventé par Théodore Nelson, ce dernier est un original. Dans ses conférences, il se décrit comme un « computopien », un utopiste de l'ordinateur. Le terme « hypertexte » porte trace du computopien. Dans cette lignée surgit toute une série de termes ordinaires : « hypermédia, hyperdocument, hyperbase, hypergraphique, hyperespace, etc

L'ingénieur Douglas Engelbart a construit en 1968 à l'institut de recherche de Stanford et a présenté le premier système informatique fonctionnant sous mode hypertexte, le NLS pour “oN Line System” une sorte de base de donnée qui facilite le travail en collaboration puisque tous les intervenants sont reliés en réseau à l'ordinateur.

En 1987, Bill Atkinson, a conçu les premiers éditeurs graphiques puis hypercard (un logiciel qui permet d'en bâtir d'autres).

---

<sup>12</sup> Faute de technologie appropriée à l'époque

## Annexe 5 :

### Utilisation technique du CD-Rom hypermédia :

L'utilisateur doit commencer par insérer le CD dans le lecteur de votre ordinateur

Après son exécution, trois fichiers sont y présents :

- fichiers associés (dossier)
- pejy 2 (fichier d'extension .html)
- Firefox (une application)

Il doit cliquer, ensuite sur « pejy2.html ». Ce fichier s'ouvre avec le navigateur (configuré par défaut) installé dans l'ordinateur.

Le « fichier associés » est un dossier contenant des fichiers techniquement utiles pour la mise en marche du « pejy2.html », ce dossier n'est surtout pas à explorer, afin de minimiser le risque de disfonctionnement du système hypermédia.

Il peut arriver que même la première page ne s'affiche pas correctement sur votre écran. Si tel cas se présente, il faut juste le copier dans le disque C le fichier Firefox (mentionné plus haut), il suffit d'installer dans le système d'exploitation Windows. Ensuite, il ne reste plus qu'à ouvrir avec « Firefox » le fichier « pejy2.html »

Si le disfonctionnement ne se présente qu'à la page du vidéo, l'utilisateur doit cliquer sur le bouton droit de la souris ; une boîte de dialogue s'affiche et il sélectionne l'option « afficher la vidéo ».

Annexe : 6

Questionnaire 1

1. Quel est le nom de votre collège d'origine ?
2. Donner l'adresse de vos parents
3. Avez-vous un poste ordinateur chez vous ? Pouvez-vous l'avoir en disposition ?
4. Parmi les compétences suivantes qu'avez-vous maîtrisée(s) ?
  - A. Démarrer et éteindre un ordinateur
  - B. Lancer et explorer un logiciel
  - C. Exploiter un fichier dont vous avez besoin.
  - D. Communiquer avec d'autres utilisateurs (par e-mail, facebook, skype....)
  - E. Surfer sur internet (naviguer)
5. Avez-vous déjà assisté à une séance de TP (expérience) ?
6. Que préférez-vous le mieux, travailler individuellement ou en groupe ?

Annexe 7 :

Notes des élèves de la classe sujet avant l'expérimentation et après l'apprentissage

N°	Statut/Sexe LV2	Nom et Prénom(s) LV3	Matr. LV3	Premier trimestre				Deuxième trimestre				Troisième trimestre				Date de naissance
				N1	N2	N3	Exam	N1	N2	N3	Exam	N1	N2	N3	Exam	
01	R G	ANDRIAMPANTENANA Ratsimbina Lahatra Christie	07932									16	16	16	16	16/06/1998
02	P G	ANDRIAMPARAVONY Tovoary Renaudin	08191									14,5	14,5	14,5	14,5	24/01/1997
03	P G	ANDRIANTENANA Famoniaina Sadiotra Ojija Tsilainaina	08197									13	13	13	13	26/12/1997
04	P G	ANDRIANIRINA HARIVELO Anta Sandratra	08330									15,5	15,5	15,5	15,5	08/01/2002
05	P F	ANDRIANATO Haingonina Julia	08362									02	02	02	02	05/06/1999
06	P G	ANDRIARIMALALA Mandisa J.Walter	08315									11,5	11,5	11,5	11,5	06/03/1999
07	P F	BAKOLHELUWOLA Nanteraina Ima	08254									09,5	09,5	09,5	09,5	20/07/1998
08	P F	HARIMANTRINIANA Mamitiana Namtininisoa	08249									17	17	17	17	27/03/2001
09	P F	HARINJATOVO Sandalatana Idealfiviana Rodina	08201									03	03	03	03	05/06/2001
10	P G	HERAINA Nambinina Landry	08320									11	11	11	11	10/10/1999
11	P G	NAMBININTSOA Solofotraina Lucien Jhonny	08338									11	11	11	11	08/03/1998
12	P F	NOME MPHASOAVANA Volanaina Sandroby	08294									14,5	14,5	14,5	14,5	15/08/1997
13	P G	RABEFARISOA Fanny Namenaialina	08247									09	09	09	09	25/11/1998
14	P G	RADAHARIVONY Agra Mamitiana	08260									15	15	15	15	11/12/1999
15	P G	RAFANOMEZANTSOA Ay Ferline	08273									15	15	15	15	20/03/2000
16	P G	RAFANOMEZANTSOA Maminina Tojoza	08336									15	15	15	15	25/09/1999
17	P G	RAFANOMEZANTSOA Rakotonirina Jean Emile	08210									12	12	12	12	28/05/1998
18	P F	RAHAJATIANA Hasimsoa Frawe Uxic	08202									04,5	04,5	04,5	04,5	15/05/1999
19	P F	RAHARAFANOMEZANTSOA Ay Ferline	08225									13	13	13	13	24/03/1997
20	P F	RAHARISOA Mamitiana Julie	08193									16,5	16,5	16,5	16,5	13/11/1999
21	P F	RAHARISOA Mololena a Marie Clara	08228									11,5	11,5	11,5	11,5	30/11/1998
22	P G	RAHASINIANA Tsirinaia Amélie	08336									13,5	13,5	13,5	13,5	29/08/1999
23	P F	RAHASINIANA Domora Oliva	08329									11,5	11,5	11,5	11,5	24/04/1998
24	P F	RAHIELARINORO Nirina Cinthia	08155									13	13	13	13	12/08/1998
25	P F	RAHERIMANANA Volomisoa Marie Sandra	08278									15	15	15	15	22/10/1997
26	P G	RAKOTOKARIALALA Victoro Manatratra	08274									13,5	13,5	13,5	13,5	31/01/2000
27	P G	RAKOTOMAMONY Jean Serge Honoré	08265									14	14	14	14	21/02/1997
28	P F	RAKOTONDRAOTETRA Tsiry Meva Sahn	08351									19,5	19,5	19,5	19,5	08/07/2000
29	P F	RANDRIAMIFIDY Mantsiso Fitiana Fendrasina	08334									18	18	18	18	04/09/1999
30	P G	RANDRIANDRASANA Heizo	08327									10	10	10	10	19/02/1998
31	P F	RANDRIANERA Manly Sitramaina Latssa	08363									03	03	03	03	23/03/1999
32	P G	RANDRIANIRINA Serafimaina Herman	08289									08	08	08	08	23/08/1999
33	P F	RANDRIANTIANA Fariv	08192									14	14	14	14	25/03/2000
34	P G	RANDRIATANJONA Charemagne	08309									09	09	09	09	01/11/1995
35	P F	RAOELJAONJONA Lovaniasoa	08382									14	14	14	14	24/08/2000
36	P G	RASIDIMANANA Mandrasoa Fitavane	08303									17	17	17	17	11/10/1999



## FICHE DE NOTES : SECONDE I

MAIHERE/Prof :

LYCÉE MIARINARIVO

2014-2015

37	R	F	RASOARMALALA Sandra Samuelle	08119	10,5	12	12	13/11/1995
38	P	G	RAUTOVONANTEVANA Nirmosa Jean Elison	08173	10,5	12	12	01/01/1995
39	P	F	RAYAOARIMANANA Ferobasina Frangine	08215	12,5	13,5	13,5	08/06/2000
40	P	G	RAVELOJAONA Feno Andrianomena	08178	10,5	10,5	10,5	30/12/1998
41	P	G	RAZAFIMAHATRA Tanjonaaina Maevasoa Fabrice	08209	13	13	12	29/05/1999
42	P	F	RAZAFIMAHFA Andriamananjara Hélantika Olivia Patricia	08186	13	13	13	22/11/1998
43	P	F	RAZAFINARIVO Rayonenintsoa Rufine Auxiliairice	08291	10	10	09	10/07/1996
44	P	F	RAZAFINDRAHOYA Antsanavosoa Prisca	08206	16	16	17	17/12/1999
45	P	G	RAZAFINDRAKOLO Nasandratrimaina Solothery Molatî	08243	08,5	08,5	11	19/02/1997
46	P	G	RAZAFINDRAISWA Tsimilana Jacquot	08305	08,5	09	09	31/05/1998
47	P	G	RAZAIARVELO Tonga Richard	08312	14	16,5	16,5	01/08/1997
48	P	G	RAZAKARIVONY Misandriata Filamatra	08221	10,5	11	11	26/08/1999
49	P	G	RAZANAKOTO Toevina Volanahasina Huberto	08163	10,5	10,5	10,5	21/08/1999
50	P	F	RAZANALISON Jerry Fredo Lucinreddo	08184	10	13,5	13,5	20/05/1998
51	P	F	RAZANAMAHENNA Fanomezantsoa Perle	08223	12	12	12	09/02/1999
52	P	F	REVOFANIRISOANIAVAHARY Zaina Florence	08331	09	10,5	10,5	24/02/2000
53	P	G	SAHAZATSIFERANA To-Hasina	08317	19	19	16,5	28/06/2000
54	P	G	TAHIRY HARIVELO Safy Narinda	08253	17	17	20	09/11/2001
55	P	F	TSIMULALY Irina	08244	12	12	12	05/09/1999
56	P	G	VALISOA SOLOFO Andrianainaina	08174	12	12	12	23/03/2000
57	P	F	DIARY MAMFY Tatiana	08383	06,5	10	10	22/01/1996
58	P	G	NOARY Maramitsky Sébastien	08384	09	09	09	05/12/1998

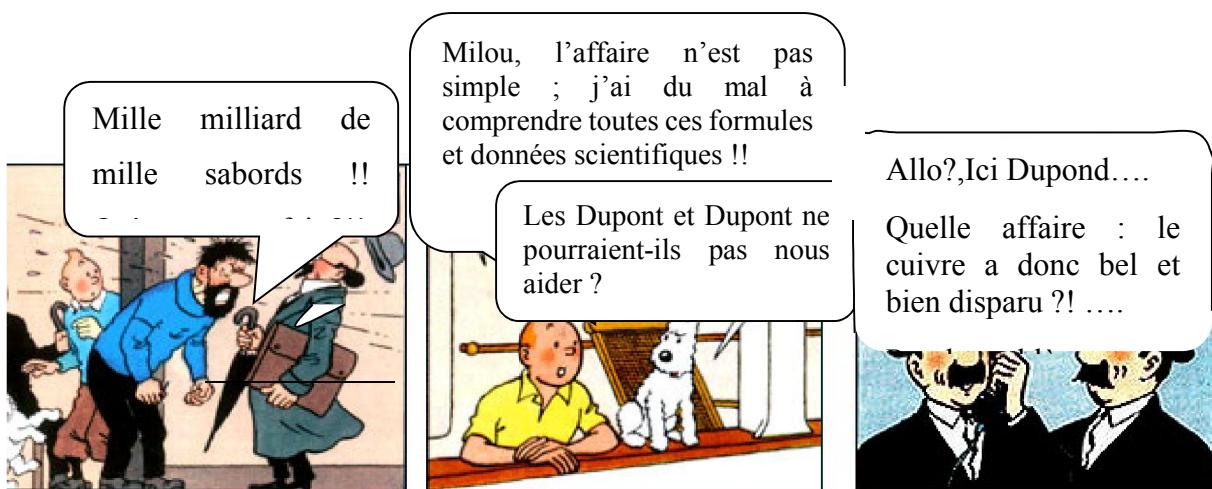
Saisie informatique

Signature du Professeur,



## Annexe 8 :

### Evaluation finale



Le professeur Tournesol a fait disparaître le cuivre métallique que Tintin et le Capitaine Haddock avaient ramené d'une de leurs expéditions en Amérique du Sud. Problème : il ne retrouve plus le protocole à suivre pour le faire réapparaître !

Tintin a recueilli toutes les informations concernant le cuivre mais reste sceptique devant autant de données scientifiques ! Il décide de faire appel aux Dupont et Dupont pour mener à bien cette affaire.

Les deux policiers mèneront l'enquête. Les indices sont nombreux ; peut-être trop. Leur mission est claire : **élaborer un protocole permettant de faire réapparaître le cuivre.**

- 1) Enoncer la loi de Lavoisier qui assure la réapparition du cuivre : (2pts)
- 2a) Donner le nom des composés suivants :  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  (2pts)
- 2b) Donner la formule des composés ioniques suivant : nitrate de cuivre, sulfate de cuivre, chlorure de cuivre et oxyde de cuivre II. (2pts)
- 3) Elaborer un protocole permettant de faire réapparaître le cuivre métal :
  - dans une solution de nitrate de cuivre (3pts)
  - dans une poudre d'oxyde de cuivre (3pts)
- 4) Décrire l'expérience par un schéma annoté dans chaque cas. (2 X 2pts)
- 5) Expliquer l'expérience effectuée par le professeur Tournesol pour faire disparaître le cuivre métallique
  - en une solution bleue (2pts)
  - en pellicules noires (2pts).

## Annexe 9 :

## **Questionnaire 2**

Groupe :.....

Genre : M/F

Les questionnaires suivants sont élaborés dans le cadre d'amélioration de l'enseignement de la physique-chimie dans les lycées.

- 1) Comment qualifiez-vous le didacticiel ? (le CD et son contenu), donner deux points forts et deux points faibles.

.....  
.....  
.....

- 2) Comment qualifiez-vous la séance ? donner 2 avantages et 2 inconvénients.

.....  
.....  
.....

- 3) Que préférez-vous d'avantage, la pratique ou la théorie ?

## La pratique- La théorie

**Justifiez**

votre

choix

-

.....  
.....  
.....

- 4) Avez-vous des difficultés durant la séance. Lesquels

.....  
.....  
.....

- 5) Vous êtes désigné dans un groupe, la méthode d'enseignement adoptée, vous convient-il ? (pourquoi ?)

.....  
.....  
.....

- 6) Etes- vous pour ou contre sur l'avancé de la technologie ? Justifiez votre avis.

- Pour

- Contre

Merci de répondre à toutes les questions.

FICHE DE NOTES : SECONDE 4 MATIERE/Prof :

LYCÉE MIARINARIVO 2014-2015

Annexe 10  
Notes des élèves de la classe témoin après l'apprentissage

N°	Statut,Sexe LV2	Nom et Prénom(s)	TESTS	Premier trimestre			Deuxième trimestre			Troisième trimestre			Date de naissance
				N1	N2	N3	Exam	N1	N2	N3	Exam	N1	
01	P F	ANDRIAMBOAVONY Tojoniaina Frisca	08326										04/04/1999
02	P G	ANDRAMARINTSA Seiharamanana Elysé	08159										09/02/1999
03	P G	ANDRIJAKAMANTRA Lalainaina	08168										30/06/1998
04	P G	ANDRIJAKASOA Philibert Rolly	08170										05/07/1997
05	P G	ANDRIANOMENJAHARY Dimbonina Martin	08255										06/06/2000
06	P G	ANDRY TSIFERANA Evansie	08257										20/12/1997
07	P F	ANJARANANDIMBY Larisace	08322										23/04/1999
08	P F	DIALISALAINA Mihamiliana Sanuelina	08219										18/01/1996
09	P G	FANIRISOA Patric	08195										25/06/1996
10	P F	FANOMEZANIANTSOÀ Fabienne	08200										18/01/1999
11	R F	HANGOTANA Nivasoao Oliva Charlotte	08040										22/05/1998
12	P G	HANTANIANA Gisèle	08369										04/10/1997
13	P G	MAIMONJAHARINA Hanjanihava Parfait	08374										05/06/1998
14	P G	MANDRISOA Saffonianina Anselme	08233										30/06/1998
15	P G	NIRTIANA Michæl	08360										08/11/2001
16	P G	NOMBANAMALALA Constantine Fabrice	08314										18/09/1997
17	P F	NOTIAVIMANDIMBY Nomena Hery Vélosce	08353										16/10/2000
18	P G	RAFALIMANANA Hanifin	08212										07/03/1999
19	P G	RAFAMANTANANTSÖA Beno Fanirinaïra Urbain	08180										27/07/1999
20	P F	RAFAMATANANTSÖA Lanja Didenne	08183										04/07/2001
21	P F	RAHANITRINIENA Mamitana Volana	08228										28/09/1998
22	P F	RAHAMIMALALA Sodilohaina Nicole	08375										20/10/1999
23	P G	RAHERINIRINA Nara Feroces	08269										02/09/1999
24	P F	RAJAONARISON Hasina Herisoa	08187										25/11/2000
25	P G	RAJERINANDRIANNA Herizaza	08366										14/03/2000
26	P G	RAJOTANJONA Guenèle	08166										02/08/1998
27	P G	RAKOTOMALALA Andriamanana Hermén	08164										10/03/1998
28	P G	RAKOTOMALALA Hery Jean Donné	08229										07/01/1997
29	P G	RAKOTOMAMPANINA Andrianivo Robson Patrick	08310										16/02/1997
30	P G	RAKOTONDRAKORO Onilalana Noréna à Andressina	08281										19/09/1999
31	P G	RALAHTRINIENA Tendiranahary	08304										10/10/1998
32	P G	RALAINAVO Mamitana Héloïdo	08181										20/06/2000
33	P F	RANAVOSON Kantoniana Maëselli	08293										12/08/2001
34	R G	RANDRENJUMALALA Nomentsoa Tokimana	08107										28/03/1997
35	P F	RANDRIANAMBINTSOA Mamiriana Valisea	08211										12/03/1998
36	P G	RANDRIANAMBINTSOA Gaétan	08222										09/08/1998



FICHE DE NOTES : SECONDE 4 MATIERE/Prof :

MATIERE/Prof:

37	R	G	RANDRIANARIMANANJARA Jimmy Mayeul	08080	19/05/1999
38	P	G	RANDRANARY Tojoanahary German	08345	30/11/1996
39	P	G	RANDRANAINA Sandralavona	08220	13/05/1996
40	P	G	RANDRANIRINA Fidriana Antonio	08319	23/06/1999
41	P	G	RANDRANTAVY Hsina Ambinirisoa	08358	10/07/2000
42	P	G	RANDRATSIORIVOLOLONA Zekanirainy Jean Mathieu	08227	07/05/1996
43	P	G	RANOASY Solonavalona Clarck	08242	15/01/2000
44	P	F	RASAMOELISON Mindraisa Rova Finaritra	08172	28/07/2000
45	P	F	RASOAMANANJARA Naindrasoa Aimée	08344	14/07/1999
46	P	F	RASOAMANDIASINA Nancy Ave Mana	08270	20/02/1999
47	P	F	RASOARIBODO Salidrimandra	08248	01/04/2000
48	P	F	RASOARIMANANA Tokjanahary	08295	10/06/1996
49	P	F	RASOLOFOHARINAMBININA Ravakanisoa Rina	08250	13/09/1996
50	P	F	RATSIMBA Mane Laura	08204	15/08/2001
51	P	F	RAVELSON Tsikimihina Lucienne	08252	19/01/2000
52	P	F	RAVOLOKALALA Mandrianaina Kolonia Emma	08341	26/11/1999
53	P	G	RAZAFIMANANTENA Charly	08176	05/05/2000
54	P	F	RAZANAMALALA Fitahina Robine Elie	08175	28/07/1999
55	P	F	REFENONAINA Harsoa Tsilavina Natascia	08301	06/03/1997
56	P	F	TAHIANANAHARY Marie Judith	08266	09/09/1998
57	P	F	TINDRAIBE Hanitrarivo Gina	08324	11/07/1997
58	P	G	RAKOTOSON Tojciaina Frida	08379	02/04/1998
59	P	G	ANDRIAMHAJASOA Toly Filaviana	08385	09/08/1999

Saisie informatique

Signature du Professeur,



# CONCEPTION ET ELABORATION D'UN CD-Rom HYPERMEDIA POUR L'APPRENTISSAGE DE LA CHIMIE : cas de la classe de seconde.

## Résumé :

Une classe de lycée contient toujours des bons élèves, des élèves moyens et ceux qui sont en difficulté. La différenciation pédagogique se veut comme une des solutions qui répond à cette hétérogénéité. Un des aspects qu'on peut mobiliser pour mettre en œuvre cette pédagogie est la diversification des outils. Appuyé par l'avancée de la technologie, la numérisation des outils didactiques devient une tendance actuellement. Ce mémoire avance la conception et l'élaboration d'un système hypermédia pour mieux gérer cette hétérogénéité. L'utilisation d'un tel outil pour l'apprentissage de chimie en classe de seconde est-elle rationnelle ? Plus précisément pour l'enseignant, il est un support pour le cours concerné et pour l'élève il est un manuel pour son apprentissage. Le chapitre y traité s'intitule « la matière et ses transformations ». L'apprentissage du concept de l'élément chimique met l'accent sur l'importance des Travaux Pratiques. Cependant, diverses contraintes empêchent la réalisation réelle des expériences en classe. Des documents textuels, des figures, des vidéos de la manipulation dans les TP, des évaluations, une fiche pédagogique, tous structurés harmonieusement sont proposés pour pallier l'insuffisance des activités expérimentales. Suite à un test effectué dans une classe de seconde, bien que les résultats ne soient pas très significatifs, il peut être avancé à partir de ce travail que l'outil ainsi élaboré contribue à l'appropriation du concept « la matière et ses transformations » par les élèves de seconde. En revanche, pour ce qui est de la motivation engendrée par l'utilisation de l'hypermédia d'une part et de l'émerveillement à l'aspect expérimental de la chimie de l'autre, apprécient positivement l'outil.

Auteurs : RAMAHANDRY Rovaniaina Nantenaina  
Adresses : [kaloyandriamanamalaza@gmail.com](mailto:kaloyandriamanamalaza@gmail.com)

Tel : +261340325498

Mots clés : pédagogie différenciée, outil didactique, TIC, hypermédia, TP film, la matière et ses transformations.

Nombre de pages : 97

Nombres de figures : 50

Nombres de tableaux : 6

Nombres des annexes : 10

Directeur de mémoire : Madame RAZAFIMBELO Judith

Professeur Titulaire