

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FÈS  
DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE**



**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES  
SYSTÈMES INTELLIGENTS & RÉSEAUX**

---

**ÉTUDES DES SYSTÈMES D'ÉVALUATIONS ET DE  
CORRECTION AUTOMATIQUE, IMPLÉMENTATION DU  
CAS : ÉVALUATION DE LA PROGRAMMATION EN  
LANGAGE C**

---

**LIEU DU STAGE : LABORATOIRE DES SYSTÈMES INTELLIGENTS ET  
APPLICATIONS, FST FES**

**RÉALISÉ PAR : BOMBOMA Nawab Victor**

**SOUTENU LE 06 FÉVRIER 2013**

**ENCADRANTS :**

A. Zahi  
R. BENABBOU

**DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE :**

**Président**

▪ A. ZARGHILI

**Examineurs**

▪ A. ZAHY

▪ K. ABBAD

▪ R. BENABBOU

**ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2012-2013**

## **Dédicaces**

*Je dédie cette œuvre aux membres de ma famille qui m'ont soutenu pendant mes études universitaires du troisième cycle. Et qui malgré la distance qui nous séparait m'encourageaient à la persévérance  
A toute personne de bonne volonté œuvrant pour le libre partage et la diffusion de connaissances pour les rendre accessibles à tous.*

## ***Remerciements***

Je tiens à remercier vivement toute personne qui de près ou de loin a contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de cette œuvre.

Pour commencer, je remercie mes encadrants pour leur écoute dont ils ont fait preuve. Je suis heureux d'avoir eu la chance durant ces temps de travail de partager leurs réflexions et leurs expériences pour mener à bien mon travail. Nos interactions m'ont permis d'alimenter ma réflexion.

Je souhaite également faire part de ma reconnaissance à tout le corps enseignant du Master des Systèmes Intelligents et Réseaux de le FST de Fes qui nous ont assistés tout au long de notre cursus et fait partagé leurs savoirs et expériences.

Enfin je souhaite associer à ces remerciements tous les membres de ma famille pour la confiance qu'ils m'ont témoignée durant mes études universitaires. Leur soutien s'est révélé d'une aide inestimable. Je n'oublie pas aussi tous mes ami(e)s et proches qui m'ont apporté leur soutien moral.

# **Études des systèmes d'évaluations et de correction automatique, implémentation du cas : évaluation de la programmation en langage C**

Réalisé par BOMBOMA Nawab Victor

## **Résumé**

Ce travail a été réalisé dans le cadre du stage de fin d'études du Master Systèmes Intelligents Réseaux, effectué au sein du Laboratoire des Systèmes Intelligents et Applications L.S.I.A de la Faculté des Sciences et Techniques de Fes.

L'informatique appliquée à l'apprentissage et l'enseignement se vulgarise d'une manière considérable à notre époque sous l'effet de plusieurs facteurs comme l'essor technologique qui induit un faible coût des outils techniques, leur production en masse et leur facilité d'utilisation. Entre autre, l'évolution des connaissances scientifiques, la demande sociale ou encore l'évolution des méthodes des enseignants et des élèves adaptables à certaines conditions n'en est pas du reste.

C'est dans ce remue-ménage que les TICE (Technologies de l'Information et de la Communication appliquées à l'Enseignement) offrent des possibilités d'évaluation des connaissances et l'automatisation de la correction des tests. A cet effet, les environnements informatiques offrent une diversité de formes d'évaluation parmi celles ci, des évaluations de type formatif et sommatif suivant les besoins de l'établissement de formation et des apprenants.

Dans notre travail, nous essayerons d'étudier et de la faire la synthèse sur des moyens technologiques qui offrent en notre temps des supports d'évaluation. Nous nous intéresserons ensuite à l'étude du cas de l'évaluation en programmation C et des possibilités pour sa mise œuvre. En un premier temps il nous est tout à fait primordiale d'entrer dans l'état de l'art des choses en faisant l'état des lieux dans l'enseignement traditionnel et l'évaluation des connaissances accompagnant cette activité.

## **MOTS CLÉS**

Enseignement, apprentissage, évaluation, TICE (Technologies de l'Information et de la Communication appliquées à l'Enseignement), LMS (Learning Management Système), CAT (Computer Adaptive Testing), e-learning, EIAH (Environnement Informatique pour l'apprentissage Humain), Evaluation en ligne, Algorithmique, Programmation.

## Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>CHAPITRE 1 : LA PÉDAGOGIE ET L'ÉVALUATION EN MILIEU D'APPRENTISSAGE .....</b>	<b>10</b>
1.1. Introduction .....	11
1.2. Le modèle de Pédagogie traditionnel .....	11
1.3. L'apprentissage .....	13
1.4. L'évaluation dans le milieu scolaire et de l'apprentissage .....	13
1.5. Les pratiques d'évaluation .....	16
1.6. Synthèse.....	18
<b>CHAPITRE 2: LES TIC DANS LE MONDE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE L'APPRENTISSAGE .....</b>	<b>20</b>
2.1. Historique et bref aperçu des TIC .....	21
2.2. Critiques liées à l'usage des TIC .....	21
2.3. TIC pour l'Enseignement.....	23
2.4. L'Enseignement Assisté par Ordinateur: L'apprentissage en ligne.....	23
2.5. Les Universités Numériques.....	27
2.6. Les jeux sérieux: Motiver l'apprentissage par le concept du jeu sérieux.....	27
<b>CHAPITRE 3: ÉTUDES DES SYSTÈMES D'ÉVALUATION ET DE CORRECTION AUTOMATIQUE.....</b>	<b>29</b>
3.1. Organisation de l'évaluation.....	30
3.2. Typologie des questions d'évaluation .....	30
3.3. Les questions à choix multiples (QCM).....	31
3.4. Les Questions de type vrai-faux.....	32
3.5. Les Questions de types appariement .....	32
3.6. Les outils simplifiés d'évaluation .....	33
3.7. Evaluation en ligne.....	33
3.8. Dématérialisation de la correction des copies d'examen : du support papier à la gestion par Ordinateur.....	35
3.9. Evaluation des connaissances avec une nouvelle génération de QCM: étude du logiciel QCM Direct	39
3.10. Conception et mise en place des évaluations de type formatif et sommatif avec le logiciel pédagogique Netquiz Pro .....	41
3.11. Le Langage de modélisation pédagogique .....	42
3.12. L'évaluation sous moodle.....	44
<b>CHAPITRE 4 : ÉVALUATION EN ALGORITHMIQUE ET PROGRAMMATION DANS LES EIAH, ÉTUDE DE CAS DE LA PROGRAMMATION EN LANGAGE C .....</b>	<b>50</b>

4.1.	Évaluation en algorithmique et programmation dans les EIAH.....	51
4.2.	Pratiques de l'évaluation en algorithmique dans le contexte des EIAH .....	51
4.3.	Proposition d'une méthode d'évaluation de la programmation en langage C .....	55
4.3.1.	Sémantique des langages de programmation.....	55
4.3.2.	Phase conceptuelle.....	56
4.3.3.	Etude de la faisabilité .....	57
4.3.4.	Démarches Expérimentales .....	58
4.3.5.	Étude de cas pratique.....	61
4.3.6.	Analyse statique des programmes .....	64
4.3.7.	Métrie du code.....	65
	<b>Conclusion .....</b>	<b>68</b>
	<b>Annexe .....</b>	<b>69</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>75</b>
	<b>Autres ressources bibliographiques.....</b>	<b>78</b>

## Contexte du stage: Présentation du Laboratoire des Systèmes Intelligents et Applications

### Acronyme

Laboratoire **S**ystèmes **I**ntelligents & **A**pplications : **LSIA**

### Responsable

Pr. Arsalane ZARGHILI, Professeur Habilité

### Présentation

Le laboratoire SIA, créé en 2011, est une unité de Recherche du Centre d'Etudes Doctorales en Sciences et Techniques de l'Ingénieur domicilié à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès et regroupant 17 laboratoires de recherche tous accrédités par l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès, et domiciliés à la Facultés des Sciences et Techniques, l'Ecole Supérieure de Technologie et la Faculté Polydisciplinaire de Taza.

Le LSIA est composé de 13 enseignants-chercheurs du département d'Informatique de la FST de Fès et de 8 doctorants. Cette imbrication étroite entre enseignement et recherche, est un élément essentiel de la dynamique du laboratoire.

Les thématiques de recherche se situent au cœur des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication et s'articulent essentiellement autour des thématiques de recherche des enseignants chercheurs du laboratoire et assure une large couverture thématique présentant un atout très important pour le LSIA.

### Equipes

Le laboratoire est composé de 3 équipes de recherche :

#### Systemes de Communication et Traitement de Connaissances (SCTC)

- **Responsable:** Pr. Jamal KHARROUBI
- **Membres permanents:**
  - Pr. J.KHARROUBI
  - Pr. A. BENABBOU
  - Pr. M.C ABOUNAIMA
- **Doctorants:**
  - A. Ahmed Salem Cheikh
  - L. Lamrini
- **Thématiques de recherche:**
  - Traitement automatique de la parole
  - Traitement des langues naturelles
  - Intelligence Artificielle
  - Reconnaissance de formes
  - Aide multicritère à la décision
  - E-Learning.

#### enVironnement Intelligents & Applications (VIA)

- **Responsable:** Pr. Ahlame BEGDOURI
- **Membres permanents:**
  - Pr. A.BEGDOURI
  - Pr. A.ZAHI

- Pr. R.BEN ABBOU
- Pr. L.LAMRINI
- **Doctorants:**
  - H.BARRAMOU
  - R.BELMESKINE
  - H.BENSLIMANE
- **Thématiques de recherche:**
  - Adaptation au contexte dans un environnement ambiant
  - M-learning / Social learning
  - Communautés de pratique
  - Réseaux adhoc: performances et sécurité

### **Vision Artificielle & Systèmes Embarqués (VASE)**

---

- **Responsable:** Pr. Arsalane ZARGHILI
- **Membres permanents:**
  - Pr. A.ZARGHILI
  - Pr. A.MAJDA
  - Pr. K.ZENKOUAR
  - Pr. S.NAJAH
  - Pr. I.CHAKER
  - Pr. K.ABBAD
- **Doctorants:**
  - N.Belghini
  - A.Bouzalmat
  - S. Alabouch
- **Thématiques de recherche:**
  - Traitement et Analyse d'images
  - Reconnaissance de formes
  - Intelligence Artificielle
  - Systèmes embarqués et Théorie des codes.

### **Formation**

---

- Licence Sciences et Techniques « Génie Informatique »
- Master Sciences et Techniques « Systèmes Intelligents & Réseaux »

# Introduction

Les Technologies de l'Information et de la Communication se révèlent comme un outil très indispensable dans l'apprentissage et s'offrent en même temps comme un support d'exécution. Il va sans doute qu'un enseignement de qualité est de facto dépendant du développement de nouvelles méthodologies didactiques et pédagogiques en n'oubliant pas bien sûr une remise en question des fonctions que jouent l'enseignant et l'étudiant.

Étudier les situations pédagogiques informatisées et les logiciels qui s'emploient à cet objectif est relatif aux travaux de recherche dans le domaine des Environnements Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH).

Les travaux de recherche figurent dans les démarches et actions liées aux EIAH et jouent un rôle important qui est l'élaboration des connaissances. Dans la majeure partie des cas, ces travaux n'ont pas toujours pour but final de déployer sur champ des EIAH directement utilisables, mais peuvent cependant évoluer avec le temps et les moyens vers cet objectif et des fois nécessitent une utilisation dans un contexte de recherche ou à une étude problématique. L'objectif primordial des travaux de recherche est de mettre un accent sur les enjeux, phénomènes, moyens à prendre en considération utiles à la conception des EIAH.

L'évaluation dans les EIAH occupe une place importante et figure dans ses processus de conception. Cette évaluation est par nécessité pluridisciplinaire et fait appel à des branches telles que les sciences de l'éducation, la didactique, la psychologie cognitive, l'informatique, l'ergonomie et comporte plusieurs facettes.

Une des motivations de notre travail et de se pencher en dernier ressort sur des démarches techniques pouvant aboutir à la conception et l'implémentation d'un système d'évaluation automatique de programmes en C produits par des débutants en programmation du niveau du premier cycle universitaire.

Nous commencerons notre travail dans le chapitre 1 par une présentation de quelques notions en pédagogie et en évaluation des connaissances dans le contexte traditionnel. Le chapitre 2 sera consacré à une synthèse des TIC, leurs applications dans l'enseignement et les impacts sur ses pratiques. Le chapitre 3 passera en revue les systèmes d'évaluation et de correction informatisés et quelques normalisations aux quelles elles doivent obéir. En fin le chapitre 4 se consacrera à l'évaluation de l'algorithmique et de la programmation en EIAH, notre réflexion se portera sur quelques concepts théoriques et pratiques qui pourront concourir à l'élaboration d'un système d'évaluation et de correction de tests en programmation C.

# **CHAPITRE 1 : LA PÉDAGOGIE ET L'ÉVALUATION EN MILIEU D'APPRENTISSAGE**

## 1.1. Introduction

Le mot pédagogie tire ses racines du grec. Littéralement traduit, il signifie l'art d'éduquer. Elle désigne l'ensemble des méthodes, techniques d'enseignement et d'éducation de même que toutes les qualifications nécessaires pour la transmission d'un savoir quelconque.

Emile Durkheim, l'un des fondateurs de la sociologie moderne définit la pédagogie comme une «réflexion appliquée aussi méthodiquement que possible aux choses de l'éducation.<sup>1</sup>»

Définissant ce qu'est l'éducation, Emile Durkheim soutient que «l'éducation est l'action exercée par des générations adultes sur celles qui ne sont pas encore mûres pour la vie sociale. Elle a pour but, de susciter et de développer chez l'enfant un certain nombre d'états physiques, intellectuels et mentaux que réclament de lui et de la société politique dans son ensemble et le milieu social auquel il est particulièrement destiné.<sup>2</sup>»

Pour Emile Durkheim toujours, «la pédagogie est une théorie pratique» comme dans la médecine ou la politique. Sur ce, la pédagogie est donc vue sur deux grands axes: un axe théorique et un autre pratique. Du point de vue théorique en pédagogie, on se donne pour travail de faire réfléchir sur les systèmes et les procédés d'éducation en vue d'en juger la valeur et ainsi donc d'éclairer et de diriger l'action des éducateurs.

Françoise Clerc, ancienne conseillère en formation, et professeur émérite à l'Université Lyon 2 a défini la pédagogie comme «l'ensemble des savoirs scientifiques pratiques, des compétences relationnelles et sociales qui sont mobilisées pour concevoir et mettre en œuvre des stratégies d'enseignement.»

Une analyse faite à la suite à ces définitions, fait ressortir deux grands concepts: l'enseignement et l'apprentissage. Au cours de la dernière décennie d'ailleurs, on a vu apparaître l'expression «apprentissage-enseignement».

L'essor de la psychologie de l'apprentissage-enseignement a participé et participera certainement encore, à l'amélioration de la qualité et de l'efficacité de l'acte pédagogique dans son ensemble. Cependant, il nous faut tout de même apprendre à faire la distinction entre les concepts qui sont «pédagogie» et «didactique».

La pédagogie réfère plus particulièrement à l'enfant et la didactique plus à l'enseignement ou à la manière de transmettre un savoir faire.

La pédagogie se veut généraliste, tandis que la didactique est spécifique à une discipline particulière.

Dans une œuvre intitulé «*les pédagogies de l'apprentissage*», Marguerite Altet Professeur émérite des Sciences de l'éducation à l'Université de Nantes, affirme que l'enseignement couvre deux champs pratiques.

En un premier lieu, celui de la gestion de l'information, de la structuration du savoir par l'enseignant et de leur appropriation par l'apprenant.

En un second lieu, celui du traitement et de la transformation de l'information en savoir par la pratique relationnelle et l'action de l'enseignant en classe par l'organisation de situations pédagogiques pour l'apprenant.

## 1.2. Le modèle de Pédagogie traditionnel

---

<sup>1</sup> L'évolution pédagogique en France, Paris, PUF, 1938 P.10

<sup>2</sup> L'éducation, F. Buisson, Nouveau dictionnaire de pédagogie, Paris Hachette

La pédagogie Traditionnelle est essentiellement basée sur le modèle transmissif. Au sens propre, la tradition est l'acte de transmettre à une personne ou groupe d'individus. De ce fait, la pédagogie traditionnelle peut être vue comme un système de traitement de l'information, de transmission et de communication scolaire. D'après le principe de ce modèle, l'action pédagogique s'identifie dans l'activité d'un agent actif reconnu qui est le professeur. Il est considéré comme l'élément moteur du système.

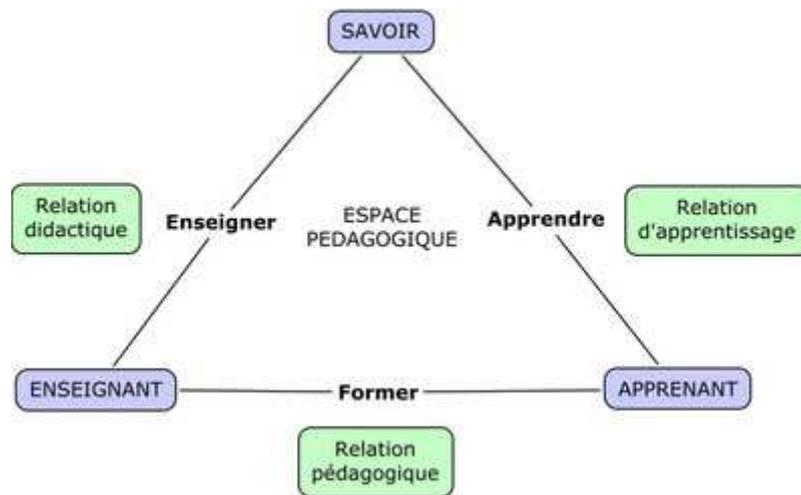


Figure 1.1: le triangle de Jean Houssaye

Explication du triangle de Jean Houssaye [1]

Les trois côtés représentent ce que Jean Houssaye appelle un processus soit une relation entre deux de ces pôles :

- Du côté de la relation savoir-professeur on retrouve l'enseignement, le travail didactique de gestion de l'information.
- Du côté professeur-élève on retrouve l'éducation et la formation. Le processus «former», celui de la pédagogie et d'une économie de l'éducation.
- Du côté élève-savoir on retrouve l'apprentissage, le processus «apprendre».

Tous les modèles pédagogiques qui existent se réfèrent à ce modèle soit ils le corrigent ou s'en éloignent.

Aujourd'hui, même si l'enseignement reste de la transmission du savoir, la pédagogie traditionnelle est remplacée ou influencée à un certain degré par les pratiques de l'Éducation nouvelle.

L'éducation nouvelle est un courant pédagogique qui prône une participation active des individus à leur propre formation et édification. Elle affirme à cet effet que l'apprentissage, avant d'être une accumulation de connaissances, doit être un facteur de progrès global de la personne.

### 1.3. L'apprentissage

L'apprentissage se définit comme l'acquisition d'un savoir faire autrement dit, c'est un processus d'acquisition de pratiques, de connaissances, compétences, d'attitudes, mettant en pratique l'observation, l'imitation, des phases d'essai, la répétition, la présentation.

Pour la psychologie inspirée du béhaviorisme<sup>3</sup>, l'apprentissage est vu comme la mise en relation entre un stimulus ou évènement extérieur et une réaction adéquate du sujet. Il en résulte comme conséquence sur le sujet un changement de comportement qui est persistant, quantifiable, spécifique ou permet à l'individu de formuler une nouvelle édification mentale ou de réviser une construction mentale préalable.

#### 1.3.1. Les conditions internes et externes aux conditions de l'apprentissage

Les conditions internes sont les prédispositions aux quelles l'apprenant doit satisfaire afin d'être capable d'accomplir une manœuvre d'apprentissage ciblée. Les conditions internes comprennent les aptitudes et reflexes acquis.

Les conditions externes se réfèrent aux conditions que la situation d'apprentissage doit remplir pour que l'apprentissage se révèle efficace. Pour mieux expliquer ce point, la situation d'apprentissage se crée par caractéristiques de l'environnement; c'est à dire les circonstances, le milieu, les individus en présence du sujet apprenant et leurs comportements d'un côté.

Tout compte fait, les conditions externes à l'apprentissage se concrétisent dans les événements qui manifestent l'enseignement.

### 1.4. L'évaluation dans le milieu scolaire et de l'apprentissage

Selon le dictionnaire français Larousse, L'évaluation est l'acte de déterminer la valeur de quelque chose. Comme exemple on fait l'évaluation d'une fortune, d'une distance ou toute autre grandeur physique.

Le verbe évaluer en lui même désigne le fait de déterminer, fixer, apprécier la valeur, le prix de quelque chose, d'un bien, etc.

Les psychologues Noizet et Caverni [2] disent de l'évaluation ce qui suit: «dans son acception la plus large, le terme évaluation désigne l'acte par lequel, à propos d'un événement, d'un individu ou d'un objet, on émet un jugement en se référant à un ou plusieurs critères quels que soient par ailleurs ces critères et l'objet du jugement». Cette définition que donnent les psychologues Noizet et Caverni introduit la notion de jugement, qui ne peut sans doute être détaché de la subjectivité [3].

L'évaluation est omniprésente dans beaucoup de domaines de la vie courante, ce pendant, nous focaliserons notre étude à l'évaluation des apprentissages dans le milieu scolaire.

---

<sup>3</sup> Le béhaviorisme ou comportementalisme est une approche psychologique qui consiste à se concentrer sur le comportement observable déterminé par l'environnement des interactions de l'individu avec son milieu

Dans le milieu scolaire, l'évaluation occupe une place primordiale dans le processus enseignement-apprentissage. Si enseigner consiste à se fixer des objectifs en prenant en considération une situation initiale de départ des apprenants, à mobiliser ensuite des stratégies didactiques adéquates pour atteindre ces visés, ce pendant il est tout à fait évident que cette entreprise soit voué au néant et sans production si on ne pouvait pas disposer d'un feed-back ou rétroaction [4].

L'évaluation se révèle nécessaire pendant le déroulement de l'action didactique, soit à la fin de cette démarche pour juger dans quelle mesure et jusqu'à quel niveau les objectifs préfixés ont été atteints par les enseignés.

Dans l'univers scolaire, l'évaluation a pour premier but de signaler aux formateurs le niveau et la qualité d'acquisition des connaissances par ses élèves qui seront par la suite d'une utilité capitale à la continuation de leur scolarité.

L'évaluation permet en outre de motiver les sujets apprenants, de les inciter à se dépasser au delà de leurs limites. D'autre part, l'évaluation permet aussi au formateur de remettre en cause ses méthodes de travail, de les réviser et de les adapter à la formation tant du point de vue contenue que du point de vu de la forme.

#### 1.4.1. L'évaluation objet d'étude scientifique: La Docimologie

La Docimologie [5] est l'étude des épreuves, c'est une discipline scientifique qui se consacre à l'étude du déroulement des évaluations en pédagogie et notamment à la façon dont sont attribuées les notes par les correcteurs.

##### i. Historique de la Docimologie

Henri Piéron psychologue Français, fondateur en France de la psychologie scientifique introduit en 1921 le terme Docimologie. En 1951, il en donna la définition de la docimologie comme «l'étude systématique des examens (mode, notation, variabilité interindividuelles et intra-individuelles des examinateurs, facteurs subjectifs, etc.)»

Selon Henri Piéron, la docimologie est l'ensemble des travaux visant à améliorer, perfectionner et faire progresser les techniques et les procédures d'examens, dans le sens d'une plus grande équité entre la note obtenue par l'élève et la valeur réelle de sa copie [6].

Tout en s'inspirant de la psychologie expérimentale, la docimologie se range dans le contexte de l'éducation nouvelle qui se donne pour objectif de jeter de nouvelles bases de l'enseignement sur une méthode scientifique en remettant en cause les schémas traditionnelles.

##### ii. Cadre d'études théoriques

D'après les expériences, le constat fait est que le résultat final d'une évaluation est en général dépendent à des facteurs multiples. L'objectif premier de la Docimologie, est d'identifier les

facteurs entrant en jeu dans l'évaluation qui sera faite d'un travail oral ou écrit fournit par un apprenant. Ceci indépendamment de la valeur intrinsèque de ce travail ou de l'apprenant en question.

Une procédure d'étude expérimentale consiste à observer la variabilité des notes obtenues pour une même copie soumise à différents évaluateurs ou évaluer dans différentes conditions un apprenant donné.

Il en ressort à la suite d'une étude pareille la mise en évidence de plusieurs types de facteurs qui sont supposés donc influencer le résultat final d'une évaluation.

Parmi ces facteurs intervenant, on peut distinguer les facteurs liés à: l'évaluateur, les conditions de l'évaluation, la nature de l'énoncé

#### ➤ Les facteurs liés à l'évaluateur

Le jugement effectué par l'évaluateur humain peut être biaisé par des préjugés, son humeur, l'état d'esprit dans lequel il se trouve comme le degré de concentration, son niveau de fatigue physique ou intellectuelle.

Cette hypothèse du caractère subjectif de l'évaluation se confirmera dans les années soixante dix par les travaux de Laugier et Piéron qui démontrèrent le caractère subjectif des évaluations. Leur étude consistait à mener une expérience de multi correction effectuée par plusieurs correcteurs humains de copie d'agrégation en Histoire.

Les Résultats expérimentaux prouvèrent que les écarts de note pouvaient aller jusqu'à neuf points. D'un côté, la moitié des candidats reçus par un correcteur étaient cependant refusée par un second d'un autre côté.

Les facteurs liés à l'évaluateur peuvent poser des problèmes dans le cadre des évaluations continues et dans d'autres situations dans lesquelles l'évaluateur et le formateur ne font qu'un. D'une part, le formateur connaît l'élève ou l'apprenant et est en mesure de faire la part des choses entre une contre performance accidentelle et une lacune réelle.

#### ➤ Les conditions de l'évaluation

Certains sont des manifestations particulières qu'on nomme des biais dont certains on fait l'objet d'une étude approfondie par la psychologie<sup>4</sup> sociale et cognitive<sup>5</sup>.

L'influence d'autres facteurs sur le résultat final d'une évaluation comme l'effet Halo. L'effet Halo peut s'expliquer de la manière suivante: si un élève est présenté comme brillant, sa copie à la chance d'être mieux notée que s'il était présenté comme médiocre.

L'effet de contraste laisse voire qu'une copie présentée comme moyenne peut sembler meilleur après l'évaluation de mauvaises copies.

#### ➤ Influence de l'énoncé

Une question posée au sens large, la description littérale du problème faisant l'objet d'une évaluation influence la réponse. Ce fait à été étudié par la psychologie cognitive.

---

<sup>4</sup> Discipline qui en tant que branche commune à la psychologie et à la sociologie s'intéresse d'une part à l'influence des processus cognitifs et sociaux sur les relations entre individus en groupe, en société et dans les organisations dans leur double dimension d'agents psychologiques et sociaux.

<sup>5</sup> Relatif aux grandes fonctions de l'esprit notamment la perception, le langage, la mémoire, le raisonnement, la décision, le mouvement ...

L'énoncé en lui même peut induire en erreur, du fait qu'il peut contenir des erreurs ce qui doit être normalement évité.

L'énoncé peut être inadapté à la formation en se situant à un niveau trop élevé ou bien incarnant une situation marginale que l'apprenant ne peut cerner.

## 1.5. Les pratiques d'évaluation

Selon la nature des objectifs à atteindre, il existe une panoplie de techniques pour procéder à une évaluation. Pour effectuer les évaluations nécessaires selon le contexte de son travail, l'enseignant dispose de plusieurs types d'évaluations. Entre autre, on peut citer :

- L'évaluation pronostique
- L'évaluation formative
- L'évaluation formatrice
- L'évaluation diagnostique
- L'évaluation sommative

### 1.5.1. L'évaluation pronostique

L'évaluation pronostique aide pour une prise de décision, de sélection ou d'orientation dépendant de l'aptitude présumée pour suivre un nouveau cursus d'un cycle de formation quelconque. Autrement dit, cette évaluation a pour objectif de prévoir la réussite d'un apprenant dans une formation donnée où les formateurs se permettent d'estimer les chances de réussite d'un apprenant en phase finale d'une formation. Le mobile principal de ce genre d'évaluation est d'évaluer les chances de réussite d'un apprenant dans des formations ultérieures.

### 1.5.2. L'évaluation formative

L'évaluation formative vient en appui et fournie une aide à l'apprentissage. Rieunier en donne la définition suivante: « Evaluation continue des processus apprentissage, elle a pour but d'informer l'apprenant puis l'enseignant sur le degré d'atteinte des objectifs. <sup>6</sup>»

Dans la même optique que Rieunier, Vandeveldé conçoit ce type d'évaluation comme suit: l'évaluation formative «est une évaluation intervenant, en principe, au terme de chaque tâche d'apprentissage et ayant pour objet d'informer du degré de maîtrise atteint et / ou découvrir où, et en quoi, un, des, les élèves éprouvent des difficultés d'apprentissage non sanctionnées comme erreurs; en vue de proposer ou de faire découvrir des stratégies susceptibles de permettre une progression.»

Sur ce l'enseignement, l'apprentissage et l'évaluation ne sont pas envisagés en séquence, comme des moments distincts de la démarche pédagogique, mais plutôt dans leur interaction dynamique au sein de cette démarche.

### 1.5.3. L'évaluation formatrice

---

<sup>6</sup> Pédagogie, dictionnaire des concepts clés, 1978

G. Nunziati (1990) définit l'évaluation formatrice comme une évaluation qui « vise à rendre l'apprenant gestionnaire de la régulation de l'apprentissage en lui permettant de construire un modèle personnel d'action ».

L'évaluation formatrice reprend le concept d'évaluation formative. Elle se démarque de cette dernière sur le point où « c'est l'élève lui-même qui doit assurer la régulation du circuit d'apprentissage, la gestion de ses erreurs et de ses réussites.<sup>7</sup> »

L'évaluation formatrice a comme point de départ, les instruments privilégiés de la construction des apprentissages qui sont :

- l'appropriation par les élèves des critères d'évaluation des enseignants
- la pratique de l'autocontrôle, l'autogestion des erreurs
- la maîtrise des processus d'anticipation et de planification de l'action

#### 1.5.4. L'auto-évaluation

Dans le cadre des théories socioconstructivistes [7], l'apprenant est l'acteur principal de son apprentissage et de sa formation. En parallèle, il lui revient la tâche d'acteur principal de l'évaluation de son apprentissage.

L'évaluation prend de ce fait une dimension formatrice. L'apprenant doit évaluer sa participation et ses méthodes d'action pour un repérage. Le concept d'évaluation dans ce cas doit aider l'apprenant à se construire une référence pour réguler son action en se représentant la tâche à effectuer, aussi les moyens d'y aboutir en termes d'objectifs, identifier les compétences visées, les stratégies à mettre en place.

Pour l'apprenant, il lui est donc nécessaire de:

- avoir une réflexion métacognitive<sup>8</sup>. Autrement dit, la métacognition consiste à avoir une activité mentale sur ses propres processus mentaux ou encore « penser sur ses propres pensées » sur son apprentissage
- être soutenu pour admettre ses difficultés sans perte d'estime de soi
- avoir le temps suffisant pour travailler sur ses difficultés et lacunes éventuelles

#### 1.5.5. Évaluation par les pairs ou Co-évaluation

Ce type d'évaluation fait référence à l'évaluation des travaux d'autres étudiants par les étudiants eux mêmes.

Auto-évaluation et évaluation par les pairs participent à développer des compétences de niveau élevé comme la capacité à porter des jugements critiques sur soi et sur ce qui nous environne. Tout compte fait, l'auto évaluation, est dépendent de la bonne volonté de l'évalué.

#### 1.5.6. L'évaluation diagnostique

L'évaluation diagnostique s'effectue au fil d'un apprentissage ou d'une formation. Elle permet de déceler et d'identifier les difficultés éprouvées par l'étudiant ou l'apprenant dans l'optique d'adopter des solutions ou réponses pédagogiques adéquates.

Ce type d'évaluation a pour premier but de permettre aux enseignants d'observer les compétences et d'apprécier les réussites, ainsi que les difficultés éventuelles des apprenants,

---

<sup>7</sup> Propos de G. Scallon, 1982

<sup>8</sup> La «cognition sur la cognition»

considérés individuellement, à un moment précis de leur cursus apprentissage. L'évaluation diagnostique se présente donc comme un outil d'aide à la décision pour la planification de la suite de l'apprentissage.

Les critères apportés par cette évaluation complètent et enrichissent les différentes sources d'information dont disposent les enseignants pour identifier les acquis et les difficultés des apprenants.

L'évaluation diagnostique planifiée en amont d'un apprentissage ou d'une formation, permet aux enseignants de répondre à la question si le candidat possède ou non les capacités ou pré requis pour entreprendre sans difficultés un apprentissage ou une formation.

#### 1.5.7. L'évaluation sommative

L'évaluation sommative réalise une exploration à la reconnaissance des compétences.

Cette évaluation intervient au terme des tâches d'apprentissage constituant une entité de formation bien déterminée, à la fin d'un enseignement, à la fin d'un cycle. Elle aide les enseignants à dresser un bilan des apprentissages, situer l'élève ou l'apprenant ou de prendre une décision d'orientation ou de sélection dépendant des acquis.

«L'évaluation sommative attribue une note chiffrée à une performance jugée représentative de l'apprentissage terminé, et ceci aux fins de classer ou de sélectionner les élèves. La procédure ne poursuit donc plus, en théorie, aucun dessein pédagogique, mais répond à des exigences administratives, institutionnelles et sociales.» (M. Minder)

Cette évaluation permet à l'enseignant de s'assurer que le travail des élèves est en conformité avec les exigences prédéfinies par lui et par le programme pédagogique de formation.

L'évaluation certificative est une évaluation sommative qui vise la délivrance d'un diplôme, d'un certificat attestant des capacités et compétences de l'apprenant.

### 1.6. Synthèse

Dans l'enseignement, l'évaluation a une portée polymorphe. Elle n'a pas une mais de définitions. L'évaluation reste une activité subjective qui se doit d'être la plus objective possible selon les besoins, l'évaluateur dispose de plusieurs types d'évaluations pour la conception des enseignements. Le tableau [8] suivant récapitule les différentes formes d'évaluations suivant leurs objectifs, et l'insertion dans le processus d'apprentissage c'est à dire à quel moment précis l'évaluation est menée.

Types d'évaluation	Pronostique	Diagnostique	Formative	Formatrice	sommative
Objectifs	Prédire. Contrôler l'accès à un cycle ou à une année d'étude.	Informé. Évaluer un niveau de compétences.	Informé, Réguler l'activité de l'apprenant	Informé. Permettre à l'apprenant de réguler son apprentissage	Certifier. Établir un bilan certifié des résultats de l'apprenant.

Moment d'insertion	Avant l'apprentissage	Juste avant un apprentissage	Pendant l'apprentissage	Pendant l'apprentissage	Après l'apprentissage
--------------------	-----------------------	------------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------

Tableau 1.1 : Résumé des pratiques d'évaluation

## **CHAPITRE 2: LES TIC DANS LE MONDE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE L'APPRENTISSAGE**

## 2.1. Historique et bref aperçu des TIC

Les désignations TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) et NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) font allusion aux techniques et procédés employés dans les traitements et transmission de l'information. On parle en général de l'Informatique, de l'Internet et des Télécommunications.

L'usage croissant des TIC dans les pays développés est souvent à l'origine d'une fracture numérique. Par fracture numérique on fait allusion à l'inégalité des chances d'accès aux ressources, moyens de contribution à l'information et atouts favorisés par les TIC [9].

De jours en jours, les TIC ont tendance à s'arracher une place de choix dans les activités humaines et économiques. Les TIC prendront une dimension de grande envergure avec l'avènement de l'Internet<sup>9</sup> et principalement du Web.

Gérard Ayache dans son œuvre intitulé *La Grande Confusion*<sup>10</sup> parle d'«hyper information» pour designer l'impact anthropologique des TIC. D'un autre point de vue, les internautes quant à eux considèrent l'internet comme un outil technologique de relation. La normalisation du Web en sa version Web 2.0<sup>11</sup> a été en particulier favorisée par les tendances évolutionnistes des TIC.

Les TIC regroupent et font appel à des ressources hétérogènes indispensables pour manipuler de l'information en l'occurrence des ordinateurs, programmes et réseaux nécessaires pour sa conversion dans différents formats, la stocker, la gérer, la transmettre et la retrouver au besoin. On peut regrouper les TIC par secteurs suivants:

- l'équipement informatique; serveurs<sup>12</sup>, matériel informatique;
- la microélectronique et les composants
- les télécommunications et réseaux informatiques;
- le multimédia
- les services informatiques et Logiciels
- le commerce électroniques et les médias électroniques

## 2.2. Critiques liées à l'usage des TIC

### 2.2.1. Le stress lié à l'usage des TIC

Le Techno stress [10] ou stress technologique est encore appelé ergostressie. Il est le résultat d'un manque de cohérence dans la conception et la réalisation des systèmes informatiques complexes.

Il est de même aperçu comme un stress apparaissant chez une personne lié à une utilisation des TIC au delà de ses possibilités d'adaptation, auquel peut s'ajouter un stress d'ordre professionnel.

Yves LASFARGUE Chercheur et consultant, spécialiste des TIC, Créateur de l'OBERGO (OBServatoire des conditions de travail et de l'ERGOstressie), présente rapidement l'ergostressie d'après une analyse des Risques Psycho-Sociaux comme une accumulation de fatigue physique, fatigue mentale, du stress et du plaisir.

---

<sup>9</sup> Système d'interconnexion qui constitue un réseau informatique mondial usant d'un ensemble standardisé de protocoles et de transfert de données.

<sup>10</sup> *La Grande Confusion* est un essai de Gérard Ayache publié en 2006, édité par France Europe.

<sup>11</sup> W3C Recommandations, Règles pour l'accessibilité des contenus Web (WCAG) 2.0 traduction française <http://www.w3.org/Translations/WCAG20-fr/>

<sup>12</sup> Site explicatif de ce qu'est un serveur [http://fr.wikipedia.org/wiki/Serveur\\_informatique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Serveur_informatique)

Craig Brod écrivait en 1984 que le techno stress est « une maladie moderne d'adaptation due à l'incapacité à faire face aux nouvelles technologies informatiques d'une manière saine.<sup>13</sup>»

### 2.2.2. Les problèmes liés à la rentabilité

Les problèmes de rentabilité se dressent à cinq niveaux majeurs à savoir:

- le coût du matériel, du logiciel, de l'entretien et du renouvellement : Certains matériels présentent une vétusté prématurée en un bref délai par rapport aux exigences du moment
- Le suréquipement; Il est récurrent d'assister à une surabondance d'équipement par rapport aux besoins. La conséquence directe qui en découle est une sous-utilisation des logiciels.
- Le coût de la formation du personnel, de sa ténacité aux changements
- Coût engendré par la modification des structures, par la réorganisation du travail, par la surabondance des informations.
- La Rentabilité est difficilement quantifiable ou difficilement prévisible

### 2.2.3. Les problèmes liés à la consommation d'énergie

La vulgarisation des TIC, favorise un accès illimité en temps à partir de n'importe quel point du globe terrestre à un ensemble de ressources utilitaires en particuliers les données, puissance informatique de calcul sur des serveurs distants pour le télétraitement des données en produisant en parallèle des effets néfastes en termes environnementaux.

Les serveurs informatiques dissipent autant d'énergie électrique à eux seul que le parc électronique de tous les ordinateurs, pour le refroidissement en particulier. Leur consommation et systèmes refroidissement inclus est passé de 3,6 TWh/an<sup>14</sup>, à 5,2 TWh/an, dans la période de 2006 à 2008, alors que la consommation des Data center diminuait fortement.

Un rapport intitulé « *Votre cloud est-il Net?* » (avril 2012) dresse le constat suivant: «Certains centres de traitement des données consomment autant d'électricité que 250 000 foyers européens. Si le «cloud<sup>15</sup>» était un pays, il se classerait au 5e rang mondial en termes de demande en électricité, et ses besoins devraient être multipliés par trois d'ici à 2020». Des efforts supplémentaires permettraient de diminuer cette consommation jusqu'en 2020.

Des mesures ayant pour but d'endiguer les problèmes de consommation énergétiques lié à l'usage massif des TIC se résument en un nouveau concept désigné par l'expression anglophone «*Green computing*» ou encore «*Green Information Technology*», en abrégé «*green IT*» qui signifie en français mot à mot «*informatique verte*».

Le concept du «*Green Computing*» désigne un ensemble de connaissances et de règles dans un contexte informatique qui a pour but de réduire les nuisances causées par des équipements informatiques «du berceau jusqu'à la tombe», autrement dit de l'usine de fabrication jusqu'à l'état de déchet électronique.

### 2.2.4. Les problèmes d'ordre social et moral

De graves problèmes sont en prendre en compte en matière de sécurité et d'éthique; on peut à cet effet citer: le chantage, le vol d'identité, le vol de données personnelles, la cyber

---

<sup>13</sup> Brod, Craig, Technostress: The Human Cost of the Computer Revolution. Reading, Mass: Addison Wesley, 1984

<sup>14</sup> 1 TWh= 10<sup>9</sup> Wh (Watt heure); le Wh est une unité de mesure de l'énergie électrique

<sup>15</sup> Cloud signifie « nuage » en anglais. Le nuage est l'image généralement utilisée dans le monde informatique pour symboliser Internet

escroquerie, la subversion à l'égard de certaines personnes vulnérables comme les enfants, personnes âgées, individus naïfs ou mentalement attardés. La prolifération des virus informatique sur le super réseau. Tout compte fait, la vie privée est constamment menacée sur la toile.

### 2.3. TIC pour l'Enseignement

Les TIC employées dans le contexte de l'enseignement sont appelés par les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement dont l'acronyme TICE [11] est une contraction. Elle regroupe en son sein les outils et produits numériques pouvant être utilisés dans le contexte de l'éducation et de l'Enseignement d'où la formule:

$$\text{TICE} = \text{TIC} + \text{Enseignement}$$

Les TICE regroupent les outils conçus et utilisés pour produire, traiter, stocker, échanger, classer, retrouver et lire les documents numériques à des fins d'enseignement et d'apprentissage. Au courant du XXe siècle, les établissements d'enseignement vont se lancer dans l'appropriation des médias et dispositifs techniques dans le but d'améliorer leur rendement et d'étendre leurs action sur de longues portées. On voit apparaître ainsi des moyens de mise en œuvre comme la radio scolaire (années 1930), la télévision scolaire (année 1950), informatique (années 1970), le magnétoscope (années 1980), multimédia (années 1990).

En 1995, dans des pays comme la France, bon nombre d'écoles et d'établissements de formation se lancent dans des projets d'établissement d'une connexion internet. Plusieurs Académies françaises en 1996 proposent leur site web au public. Cette même année, naissait l'ARFE qui est l'Anneau des Ressources Francophones de l'Éducation. L'ARFE fût l'œuvre des chercheurs, des enseignants et étudiants d'un point de vue historique, ce fût l'un des premiers endroits où étaient mise à disposition des ressources éducatives en ligne à télécharger. En 1997 est lancé en France un plan national qui eut pour but d'équiper et d'interconnecter tous les établissements d'enseignement public de la maternelle à l'université.

### 2.4. L'Enseignement Assisté par Ordinateur: L'apprentissage en ligne

#### 2.4.1. Les Environnements Informatique d'Apprentissage Humain

Les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) sont des environnements informatiques qui ont pour but de permettre ou susciter des apprentissages, de les accompagner et de les valider. Les plates formes de formation en ligne font partie intégrante à la famille des EIAH. Les mises en œuvre en matière de EIAH sont multiples mais la portée de leur succès n'est pas la même partout.

Les recherches dans le domaine des EIAH ont pris naissance avec l'informatique cependant elles vont le plus s'axer sur l'intelligence artificielle pour connaître un développement dans les années soixante dix. De nombreuses appellations sont utilisées; ce pendant le terme EIAH est né dans les années 90, avec pour objectif de mettre en évidence l'interaction et la complémentarité de deux disciplines qui participent à une mise en œuvre d'un projet technologique et scientifique à caractère complexe:

- l'informatique avec la modélisation computationnelle qu'elle exige et son inscription matérielle
- l'apprentissage humain pour lequel on ne dispose encore que de modèles très partiels.

La recherche dans le domaine des EIAH mobilise plusieurs disciplines, en appelant à la coopération différents secteurs de l'informatique comme:

- le génie logiciel, réseau, la modélisation des connaissances et des interactions, etc.

- les sciences de l'homme et de la société parmi elles, la psychologie, la didactique, l'ergonomie, les sciences des langages, les sciences de la communication, etc.

Les EIAH modifient, sans mesurer l'expérience de l'apprenant. Dans un contexte d'auto-formation, l'écran de l'ordinateur devient l'interlocuteur devant lequel l'apprenant répond. En 1986, lors de ses travaux, Bakhtine a apporté le concept de dialogisme ou de réciprocité dans le domaine de l'interaction langagière [12].

Le besoin de se former tout au long de sa vie et de se mettre à jours en matière de connaissances qui évoluent très vite s'impose dans de nombreuses situations de travail. D'un autre côté, il s'agit aussi de pouvoir s'adapter à l'usage de nouveaux outils ou de nouvelles méthodes dans le but de pouvoir progresser dans sa carrière ou d'améliorer sa position sur le marché du travail. Pour répondre à ce besoin, les offres de formations se sont diversifiées. Parmi celles-ci se trouve la formation à distance qui se fait via internet et qui connaît un engouement particulier. La formation à distance via internet est l'héritière lointaine des cours par correspondance et l'héritière directe de l'EAO [13] (enseignement assisté par ordinateur).

Le concept du e-learning<sup>16</sup> [14] concerne non seulement les formations continues, mais aussi la formations initiales, c'est-à-dire l'usage des TIC dans l'enseignement, les didacticiels (logiciels éducatifs), les jumelages virtuels entre écoles, les campus virtuels créés par les universités et les grandes écoles.

Le e-learning englobe des méthodes pédagogiques qui ont déjà connu des évolutions remarquables sous l'impulsion des TIC; ses caractéristiques sont: la formation à distance, l'enseignement programmé et modulaire, l'auto- apprentissage accompagné de tutorat [15].

On distingue habituellement trois formes d'e-learning:

- Asynchrone : l'apprenant se connecte au serveur de formation et travaille à son propre rythme; il se fait assister par un tuteur qui, par courriel, via un forum ou par téléphone, le guide dans son programme et l'aide à réaliser ses tâches; les apprenants peuvent créer une communauté virtuelle pour échanger leurs expériences.
- Synchrone: après un travail individuel de préparation en ligne, un système de visioconférence sur internet rassemble les apprenants et les formateurs dans une "classe virtuelle", où ils réalisent ensemble les tâches pédagogiques: explications, questions et réponses, exercices, simulations, recherche d'information, évaluation.
- Hybride connu sous l'appellation de *blended learning*: la formation individuelle en ligne est combinée avec des sessions de travail en présentiel, avec les formateurs et les autres apprenants, pour partager les expériences, réaliser des travaux de groupe, faire des jeux de rôle, approfondir les aspects relationnels de la formation.

Après une consultation d'au moins 50 articles donnant une définition du e-learning, Romiszowski (2003) a énuméré une vingtaine de propositions différentes. Au lieu de tenter

---

<sup>16</sup> L'e-learning est l'utilisation des nouvelles technologies multimédias de l'Internet pour améliorer la qualité de l'apprentissage en facilitant d'une part l'accès à des ressources et à des services, d'autre part les échanges et la collaboration à distance

d'en ajouter une nième définition, Romiszowski propose un résumé sous forme de synthèse les différentes formes d'apprentissage et d'enseignement que recouvre le e-learning.

Le tableau suivant utilise de nombreux anglicismes, juste pour éviter des ambiguïtés que la traduction française peut introduire dans un domaine qui a au préalable des limites qui sont difficilement mis en évidence [16].

	<b>Apprentissage autonome</b> <i>Computer-Based Instruction/Learning/Training (CBI/L/T)</i>	<b>Apprentissage collaboratif/Apprentissage Coopératif</b> <i>Computer-mediated Communication(CMC)</i>
<b>Apprentissage en ligne</b> <b>Communication synchrone en temps réel</b>	Surf sur Internet, accès à des sites contenant des informations utiles pour une formation (connaissances ou expériences) en ligne (exerciceur web)	Chat rooms avec ou sans vidéo (IRC; tableau blanc, WEB TV), Audio/vidéoconférence (streaming audio et vidéo)
<b>Apprentissage hors ligne</b> <b>Communication synchrone</b>	Téléchargement D'objet Pour Une Utilisation Locale LOD (Learning Object Download)	Communication asynchrone par courriel, liste de discussion ou forum via des plates-formes

Tableau 2.1: Les différentes formes de e-learning (Romiszowski, 2003)

L'accès à une formation d'e-learning s'effectue à l'aide d'un navigateur web, via une plate-forme logicielle connue sous l'appellation technique de LCMS (Learning Content Management System) hébergée sur un serveur web. Cette plate-forme permet de gérer les accès, d'organiser les bases de données, d'uniformiser les interfaces de présentation des cours et de communication, de définir des gabarits et des feuilles de style pour les contenus de formation.

Certaines plates-formes sont des logiciels libres à l'exemple de Caroline<sup>17</sup> développé par un consortium d'universités européennes, moodle<sup>18</sup>.

#### 2.4.2. Architecture d'une plate-forme pour la Formation à Distance

Les plate formes d'enseignements ou de formation à distance sont des systèmes qui mobilisent des outils pour les différents acteurs mis en action, l'objectif est la facilitation des rôles et des

<sup>17</sup> Site web officiel : <http://www.claroline.net>

<sup>18</sup> Page d'accueil de moodle : <http://www.moodle.org/>

fonctions que joue chacun de ses acteurs: enseignant, concepteur informatique, tuteur, apprenant et administrateur.

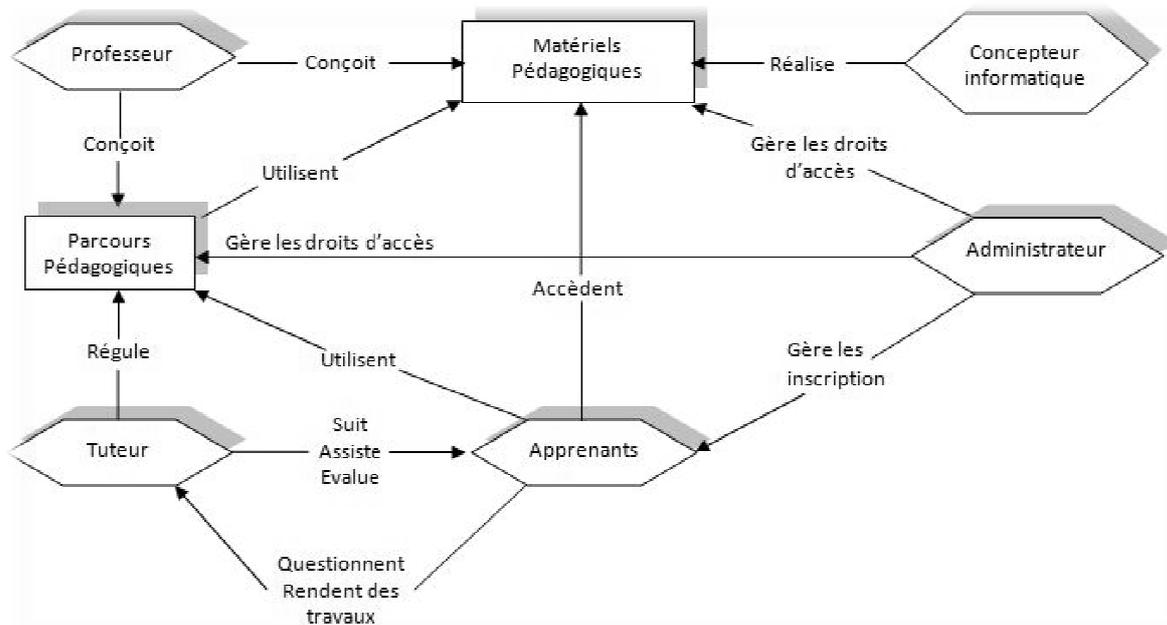


Figure 2.1 : Exemple d'architecture de plate-forme pour la Formation à Distance

Le premier rôle est celui de l'enseignant (professeur sur la figure) qui est chargé de concevoir le matériel pédagogique des cours.

Le concepteur informatique, ou l'enseignant lui-même, réalise alors les médias et support numérique de cours texte, image, vidéo, etc.

L'enseignant crée des parcours pédagogiques standards et individualisés de son enseignement. Le tuteur effectue un suivi du travail des apprenants au moyen de retours tels que l'évaluation, le temps de parcours mis pour effectuer une performance etc. Ainsi qu'une assistance dans l'apprentissage de ces derniers. Il peut si besoin l'exige, réguler leurs parcours pédagogiques.

L'apprenant consulte en ligne ou télécharge selon son besoin les contenus pédagogiques qui lui sont recommandés. Il organise son travail, effectue des exercices, s'auto-évalue et transmet des travaux au tuteur qui les évalue.

Enseignant et apprenant communiquent individuellement ou en groupe, créent des thèmes de discussion et collaborent à des documents communs.

L'administrateur installe et assure la maintenance du système, s'occupe de l'inscription administrative des étudiants, gère les accès et les droit aux ressources pédagogiques. On entend donc par administrateur un rôle spécifique à la plateforme et non un rôle administratif habituel.

Les différentes plateformes ne prennent pas toujours en compte tous ces acteurs ou ne les séparent pas forcément, d'autres par contre sont plus complètes. Des fois certaines plateformes assimilent le rôle de concepteur à l'enseignant ou bien celui du tuteur à l'enseignant.

#### 2.4.3. Interopérabilité entre les plates formes d'apprentissage

Des normes comme SCORM<sup>19</sup> (Sharable Content Object Reference Model) de ADL<sup>20</sup> (Advanced Distributed Learning) permettent le partage des ressources et l'interopérabilité des plates-formes d'apprentissage. SCORM offre la possibilité aux systèmes d'apprentissage en

<sup>19</sup> Blog francophone sur la norme SCORM <http://blog.scorm.fr/>

<sup>20</sup> Site officiel de la norme SCORM <http://www.adlnet.org/scorm/index.cfm>

ligne de trouver, d'importer, de partager, de réutiliser, et d'exporter les contenus d'apprentissage et d'évaluation d'une manière normalisée et standardisée. En résumé, SCORM est une norme permettant de:

- de créer des objets pédagogiques structurés
- d'agréger les ressources de "bas niveaux" en entité de "haut niveau"
- de suivre l'activité de l'apprenant

Aujourd'hui la norme SCORM s'impose comme un standard en matière de conception de cours et de plates-formes e-learning. L'ensemble d'un parcours pédagogique conçu sur une plateforme peut ainsi être exporté depuis celle-ci sous la forme d'un fichier compressé, conçu conformément au standard SCORM, puis importé et reconnu sur une autre plateforme.

## 2.5. Les Universités Numériques

La notion d'université numérique recouvre les systèmes pédagogiques de niveau universitaire qui utilisent du matériel numérique.

Par analogie avec un campus universitaire classique, un campus numérique est un ensemble de moyens humains et techniques, réunis pour offrir des services s'appuyant sur les TIC aux étudiants, présents ou non physiquement dans un établissement. Ces services sont très variés; ils peuvent aller de la simple diffusion de supports pédagogiques sous forme numérique à la formation ouverte assurée plus ou moins à distance (FOAD), en passant par le tutorat et le travail de groupe à distance, et par des services administratifs ou culturels variés [17].

L'université numérique se base essentiellement sur des infrastructures comme les intranets, extranets et l'internet. Elle se donne pour objectif l'exploitation et l'amélioration d'un patrimoine numérique produit par des sources tels que les archives, encyclopédies collaboratives, cours et ressources mis en ligne par des associations, individus, instituts, agences gouvernementales ou administratives, bibliothèques numérique. Les ressources partagées englobent des travaux collaboratifs en réseau, conférence, tutorat ou parrainage en ligne le tout élaboré à base d'un modèle universitaire classique.

Les Universités numériques fonctionnent en réseaux et regroupe généralement plusieurs universités et écoles de formation. Les parties prenantes mettent en partage leurs infrastructures et ressources numériques.

Le numérique trouve également des applications au sein de l'université comme la carte étudiante numérique et la facilitation à la mobilité estudiantine du programme Européen Erasmus<sup>21</sup>.

Les savoirs utiles numériques sont gratuitement mis à disposition du public et sont des fois considérés comme un bien commun. Ces savoirs sont souvent disponible sur les supports CD ou DVD, sous forme écrite mais aussi sous forme vidéo de cours ouverts «Opencourseware» disponible sur des sites de partage vidéo comme Youtube.

Tout compte fait, l'Université numérique ne peut prétendre remplacer toutes les grandes fonctions d'une Université Traditionnelle. Certains savoir-faire, pratiques nécessitant des machines ou matériels de laboratoire de pointe et de haute de précision qui ne peuvent être acquis en ligne.

## 2.6. Les jeux sérieux: Motiver l'apprentissage par le concept du jeu sérieux

---

<sup>21</sup> Erasmus (European Region Action Scheme for the Mobility of University Students) Erasmus Mundus est un programme qui vise à améliorer la qualité de l'enseignement supérieur européen et à renforcer la compréhension interculturelle. Site web officiel du programme Erasmus e français : <http://www.erasmusworld.org/>

Les jeux sérieux furent utilisés pour la première fois dans les années 80<sup>22</sup> par l'armée américaine pour la formation des recrues. Ce succès qu'a connu le jeu sérieux au sein de l'armée américaine va amener les musées, les grandes entreprises, les grandes organisations internationales à utiliser les jeux sérieux pour recruter ou former leur personnel et promouvoir leur production.

L'expression «jeux sérieux» [18] a un sens polysémique et de nombreuses acceptions. La première définition fait référence à la notion de jeu vidéo et à l'usage de ses technologies de développement pour des fins d'apprentissage.

En 2005, le premier Serious Game Summit Europe à Lyon donnait une définition des serious games comme suit: «Les serious games sont des applications de simulation/formation qui utilisent les dernières technologies issues du monde du jeu vidéo et de la réalité virtuelle.»

La première définition a laissé place progressivement à d'autres acceptions qui, en gardant des liens avec les technologies du monde des jeux vidéo, ajoutent la notion d'un double aspect : soit le jeu n'a aucun lien avec le contenu à apprendre, soit l'objectif du jeu est d'acquérir le contenu du jeu lui même. Dans la première situation, le joueur joue à un jeu et il accède à un contenu éducatif qui n'est pas en relation avec le jeu, soit il accède à un contenu éducatif d'une manière traditionnelle accompagné d'un système de récompense.

---

<sup>22</sup> Egenfeldt-Nielsen, 2007

# **CHAPITRE 3: ÉTUDES DES SYSTÈMES D'ÉVALUATION ET DE CORRECTION AUTOMATIQUE**

### 3.1. Organisation de l'évaluation

La première des démarches à effectuer dans le cadre d'une évaluation de connaissances est le choix du type d'évaluation sachant qu'il existe différents types d'évaluation qui se présente sous forme d'évaluations écrites, orales ou pratiques. Les évaluations pratiques sont utilisées dès lors que les objectifs à évaluer sont des objectifs de maîtrise de gestes et de concepts théorique à mettre en œuvre.

Les évaluations orales [19] sont délicates à utiliser et demandent une interaction entre évaluateur et évalué et perturbent dès fois une réelle évaluation des capacités dans un sens qui peut être favorable comme défavorable. Les évaluations orales sont réservées aux cas où il est souhaitable d'évaluer des capacités et niveau d'expression orale et de maîtrise de la langue.

Les évaluations écrites sont majoritairement utilisées pour l'évaluation des connaissances à un niveau plus élevé. Il est possible cependant de combiner l'évaluation écrite et orale à l'exemple d'un rapport d'étude écrit et présenté oralement à une commission d'évaluation composée d'experts et de professionnels.

### 3.2. Typologie des questions d'évaluation

On distingue en général comme type de question, les questions fermées et les questions ouvertes. Les questions fermées ne nécessitent pas de rédaction mais plutôt un choix des réponses parmi un ensemble de propositions alors que les questions ouvertes nécessitent la rédaction d'une réponse avec des mots. Par contre, il faudra retenir pour les questions ouvertes qu'aucune démarche n'est proposée et que plusieurs stratégies de résolution sont possibles.

#### 3.2.1. Avantages et inconvénients des différents types de questions

- Avantages et inconvénients des questions fermées
  - se corrigent vite et objectivement c'est juste ou c'est faux
  - permettent réellement d'identifier les connaissances d'une personne sur un sujet donné
  - ne peuvent pas être utilisés si l'on veut tester les capacités du registre de la prise de décision, de l'initiative personnelle, de la créativité ou de la communication
- Avantages et inconvénients des questions ouvertes
  - Réponses plus difficiles à corriger et toujours avec une part de subjectivité
  - les questions ouvertes demandent une réponse élaborée ou développée
  - ces questions se présentent sous forme d'un énoncé présentant un problème à résoudre
  - la résolution d'un problème exige une structuration de la réponse en tenant compte du cadre de référence, de rédiger ou exprimer oralement la réponse avec ses propres mots, son style et son écriture ou encore agir en situation dans le cas d'une épreuve pratique
  - chaque étudiant fournit généralement une réponse avec des degrés variables de pertinence, de justesse et de précision.
  - Fréquemment, les rédacteurs de questions sous-estiment les difficultés d'utilisation, de rédaction et de correction

#### 3.2.2. Les différents types de questions ouvertes

Parmi les différents types de questions ouvertes, on cite les questions rédactionnelles classiques et les questions à réponses courtes.

Une question à réponse courte est une question à laquelle on peut répondre en quelques mots ou phrases. Dans le cas d'une question avec des sous-questions, la réponse à chacune de celles-ci doit pouvoir être exprimée en quelques mots ou phrases. Les questions à développement court n'exige qu'un seul élément d'information comme réponse et prévoit plusieurs éléments d'informations.

### 3.2.3. Les différents types de questions fermées

Dans le groupe des différents types de questions fermées on peut citer :

- Questions à choix multiples (QCM)
- Questions de type vrai-faux
- Questions de type appariement
- Questions de type réarrangement
- Questions de type problème mathématique
- Questions de type phrase à compléter
- Test de closure<sup>23</sup>

### 3.3. Les questions à choix multiples (QCM)

Les QCM sont des questions comprenant un énoncé dans lequel est présenté le problème à résoudre et le cadre de référence permettant de le résoudre ainsi qu'une suite de réponses suggérées acceptables parmi lesquelles l'évalué choisit. Les mauvaises réponses suggérées sont des leurres ou distracteurs.

Le petit Larousse illustré (1998) donne la définition suivante : « questionnaire d'examen proposant, pour chaque question posée, plusieurs réponses entre lesquelles il s'agit de choisir la bonne ».

Selon la définition de Dieudonné Leclercq, un QCM est une série de questions auxquelles « l'étudiant répond en opérant une sélection (au moins) parmi plusieurs solutions proposées, chacune étant jugée (par le constructeur de l'épreuve et par un consensus entre spécialistes) correcte ou incorrecte indépendamment de l'apprenant qui doit y répondre.<sup>24</sup> »

Un questionnaire à choix multiples (QCM) est donc une technique d'évaluation dans laquelle sont proposées plusieurs réponses pour une question posée. La caractéristique de ce type d'évaluation est que une ou éventuellement plusieurs de ces propositions de réponse sont correctes tandis que les autres réponses sont erronées, ceux ci sont appelées distracteurs. L'évaluation basée sur l'usage des QCM permet à un enseignant de jauger le niveau d'un candidat et de savoir si ce dernier a bien compris et retenu une réponse juste et qu'il est apte à se démarquer des erreurs.

Un test d'évaluation utilisant les QCM peut comprendre aussi bien les exercices lacunaires que les exercices d'appariement. Notons que ce type d'exercice est souvent considéré comme étant très guidé. Cependant, c'est d'ailleurs la raison pour laquelle ils répondent assez bien à la contrainte technique du multimédia.

#### 3.3.1. Mise en Œuvre au sein des EIAH

---

<sup>23</sup> Le test de closure est un outil pour mesurer l'effet de l'illustration sur la compréhension de textes

<sup>24</sup> Leclercq, 1986

Les QCM deviennent un outil d'apprentissage grâce à l'introduction des TIC intégrant une séquence pédagogique et pas seulement comme un instrument d'évaluation. Cela ne va pas sans dire que les préoccupations en matière d'injustice et du hasard n'ont plus les mêmes incidences. D'où le fait de garder à l'esprit que la phase de la conception est d'une importance cruciale.

Les TIC introduisent dans ce mode d'évaluation, l'interactivité et une rétroaction instantanée avec les apprenants qui devient un effet formateur d'une importance capitale, car l'apprenant n'attend plus la fin de la correction du test par le formateur pour passer une étape de remédiation à ses défauts et lacunes.

L'apprentissage des langues sur les plateformes donne aux QCM, de nouvelles perspectives même si la conception reste le maillon fort dans ce contexte [21].

De nos jours, ils existent un grand nombre de logiciels en partage libre sur le web qui permettent de concevoir de nombreux exercices de types Quiz QCM. Les QCM informatisés ont une grande montée en puissance, tout en sachant que les outils qui permettent de les construire sont de plus en plus simples d'emploi et efficaces.

### 3.3.2. Quelques critiques de l'usage des QCM dans les évaluations

Les évaluations utilisant les QCM demeurent une méthode à la foi fiable, objective, valide et rentable. Les QCM sous leur forme papier sont souvent mal vus parce que réduisant les tests d'évaluation de connaissances à de simples cases à cocher ou en renvoyant une réponse de type vrai ou faux.

Les enseignants critiquent sans ambiguïté les QCM pour plusieurs raisons: la complexité liée à la rédaction des questions, la restriction du champ de connaissances, la conception difficile des leurres, il arrive souvent que les étudiants répondent de manière stéréotypée à des questions mises à leur disposition dans une banque de questions-réponses collectée sans en saisir le fond de la réponse.

La critique la plus sévère à l'égard des QCM pointe du doigt la place qu'a le hasard dans le choix des réponses et par conséquent l'injustice qu'ils entraînent en évaluation. La problématique est de faire la part des choses entre les «choix heureux par ignorance» et «choix corrects par compétence<sup>25</sup>».

Une solution préconisée est d'augmenter le nombre de propositions de réponses d'une part et de l'autre de retirer des points de pénalité en cas d'erreur pour démotiver les pronostiqueurs dans les jeux du hasard

### 3.4. Les Questions de type vrai-faux

Les questions de type vrai-faux comprennent un énoncé ou une proposition et le candidat doit indiquer s'il est vrai ou faux. Les différentes formes de questions de type vrai-faux sont :

- la forme de base
- la forme bon-mauvais habituellement utilisée pour l'orthographe
- la forme correction dans laquelle il faut d'une part indiquer si l'énoncé est vrai ou faux et d'autre part, si l'énoncé est faux, écrire les mots nécessaires correspondant à une partie soulignée de l'énoncé pour que l'énoncé devienne vrai
- la forme « plus grand au plus petit » utilisée notamment en mathématiques,

### 3.5. Les Questions de types appariement

---

<sup>25</sup> Leclercq, 1986 : 32

Les questions de type appariement sont formées de séries d'énoncés constituant l'ensemble-stimuli à chacun des éléments auquel on demande d'associer un élément d'un ensemble-réponses. En général, l'ensemble-stimuli est placé à gauche et plus long à lire même s'il peut comporter moins d'éléments que l'ensemble-réponses.

Les différentes formes de questions de type appariement sont :

- association simple dans ce cas on a un seul ensemble-réponses dont chaque élément doit être associé à un élément de l'ensemble-stimuli,
- association multiple : plusieurs ensemble-réponses
- classification : l'ensemble-réponses comporte une série de catégories

### 3.6. Les outils simplifiés d'évaluation

Sont habituellement utilisés comme outils d'évaluation simplifiée, les questions à réponse courte et les QCM. Ces formes d'évaluation sont largement utilisées dans tous les pays, dans toutes les disciplines, à tous les niveaux de formation et également dans les concours.

### 3.7. Evaluation en ligne

#### 3.7.1. Enjeux et perspectives

Pour l'enseignant, l'évaluation instrumentée à l'aide des technologies, facilite la conception de questionnaires, ainsi que leur correction et permet de disposer instantanément de statistiques de résultats. Pour les élèves et étudiants, passer une épreuve sur ordinateur valorise leur capacité à travailler sur ordinateur, permet de travailler sur des ressources variées comme des contenus multimédias et de bénéficier de feedback.

Dans les universités Européennes et Américaines qui font déjà usage des TICE, les évaluations assistées par ordinateur (EAO) sont d'usages courants. D'après le rapport "Joint Information Systems Committee" (JISC, 2007), l'Université Loughborough en Grande Bretagne utilise des logiciels de questionnaires depuis 1999 et a effectué plus de 80 000 évaluations électroniques durant l'année 2006 [22].

Les évaluations dont il est question sont sous la forme de QCM intégrés sur des ordinateurs la plus du temps. Cela est déjà vu pour beaucoup comme une évolution significative puisque l'on reproche souvent aux évaluations par QCM de ne permettre qu'une évaluation de la mémorisation des connaissances.

Dans les nouvelles pratiques courantes, les outils d'évaluation en ligne ont été principalement développés pour des usages de formation en ligne, intégrés sur les plateformes libres de e-learning. En fonction des choix de l'enseignant et de l'enjeu de l'examen, il arrive que ces outils soient utilisés pour des évaluations sommatives, soit en présence dans une salle d'examen surveillée, soit à distance par internet.

Une nouvelle tendance est de pouvoir réaliser les soutenances orales à distance à l'aide des outils gratuits de visioconférence. De ce fait, les difficultés de fonctionnement du réseau deviennent des événements banaux dans l'activité pédagogique avec lesquels enseignants et candidats sont contraints de s'accommoder [23].

Tout de même, dès lors que les enjeux que revêtent les examens sont importants, ces moyens technologiques ne peuvent pas se prêter à ces derniers, car le dispositif à utiliser doit faire preuve d'une robustesse suffisante et être apte à répondre aux différentes contraintes qu'exigent les examens.

### 3.7.2. Les exigences en matière de contrainte d'un système d'évaluation en ligne

Les évaluations en ligne peuvent permettre de bénéficier de nouvelles ressources pour l'enseignant si elles sont bien utilisées. La sauvegarde des données sur internet permet une accessibilité des données à tout moment et en tout lieu, mais également un suivi des évolutions des candidats. Pour cela, le dispositif d'évaluation à un examen de grand enjeu doit satisfaire à plusieurs exigences en matières de contraintes parmi les quelles nous avons:

- La contrainte de temps : une épreuve sommative est réalisée dans un temps défini, qui doit être de durée équivalente pour l'ensemble des candidats. Cela implique qu'en cas de panne, des ordinateurs de secours soient disponibles pour permettre à un candidat de poursuivre son épreuve et pour cela, que le contenu de ses réponses puisse être récupéré même en cas d'interruption brutale de l'application. Il doit aussi permettre de limiter le temps de réponse sur une question.
- La contrainte de lieu et de ressources: la mise en situation pour la passation d'une épreuve doit permettre de vérifier d'une part l'identité du candidat, d'autres parts, que le candidat n'a pas accès à d'autres ressources au cours de l'épreuve comme des smartphones, livres, documents etc. La surveillance des candidats dans un même lieu reste pour cela nécessaire.
- La contrainte de triche: le dispositif doit permettre le caractère aléatoire des questions et des réponses pour éviter les fuites lors de l'épreuve.
- La contrainte de sécurité des données : les sujets, de même que les copies numériques lors des échanges, doivent être entièrement cryptés et sécurisés afin d'éviter toute fraude.
- La contrainte d'équité: chacun des candidats doit être capable de manipuler l'application suffisamment aisément pour d'une part ne pas perdre de temps à l'usage du dispositif et d'autre part pouvoir répondre aux questions aussi bien que sur papier.
- La contrainte de maintenance: le dispositif doit être suffisamment facile à implémenter dans tout établissement et recevoir toute l'assistance nécessaire pour la gestion les serveurs.

L'usage d'un dispositif d'évaluation en ligne doit également permettre de faire évoluer les pratiques pédagogiques :

- Un corrigé ou retour pédagogique peut être intégré automatiquement ou semi automatiquement suivant les réponses pour renvoyer une copie corrigée de manière détaillée au candidat par internet ;
- Le contenu des questions ou des réponses doit pouvoir être enrichi à l'aide d'illustrations, de formules mathématiques à éditer ou insérer directement, d'animations, de fichiers audio ou vidéo ;
- Les questions d'évaluation peuvent être améliorées par la gestion de banques de questions, permettant d'évaluer le niveau de difficulté des questions ;
- Des barèmes et ajustements complexes peuvent être gérés en cas d'annulation d'une question ;

- Un suivi des candidats peut être assuré sur l'ensemble des épreuves passées.

### 3.8. Dématérialisation de la correction des copies d'examen : du support papier à la gestion par Ordinateur

#### 3.8.1. L'évolution des pratiques de correction

La correction traditionnelle des copies d'examen est un travail fastidieux qui demande beaucoup d'investissement en attention du correcteur. La majorité des examens se composent de questions ouvertes aux quelles les candidats doivent rédiger une réponse. Il en revient à l'enseignant, la lourde et minutieuse tâche de correction au cours de laquelle il doit faire preuve d'une grande concentration pour pouvoir évaluer puis ensuite noter un ensemble de copies de manière équitable tout en s'efforçant d'être d'une grande précision et être le plus impartial possible, le tout de cette activité de correction se déroulant dans un environnement calme et isolé. Dans ce travail, l'efficacité du résultat repose sur le contrôle de la fatigue et de l'humeur du correcteur. La démarche de la correction traditionnelle des copies reste pour un grand nombre d'enseignants, une activité qui relève davantage de l'empirisme plutôt que d'une formation particulière. Ce faisant, des méthodes personnelles sont utilisées par chaque enseignant pour mener à bon terme son activité.

Des changements de méthodes en étroites relations avec les TICE amènent à la dématérialisation des copies [24]. Ce pendant, la dématérialisation des copies exige un processus de numérisation des supports en feuilles ou papier pour l'obtention d'images numérisées et sécurisées que l'on envoie vers une plateforme de gestion et de correction en réseaux ou par internet.

La dématérialisation des copies d'examen a pour principal avantage d'alléger les déplacements, la manutention et les coûts de l'organisation d'un examen. Elle permet aussi la coordination et le suivi synchronisé des corrections à distance par les enseignants et organisateurs de l'épreuve. Le dispositif basé sur l'architecture d'une application web permet d'identifier le candidat correspondant à chaque copie, de reconnaître les différentes questions et de répartir les réponses à travers les différents intervenants composés de correcteurs, responsables pédagogiques et jurys d'examen.

Le dispositif de dématérialisation apporte une modification des pratiques de correction pour les enseignants et conserve les caractéristiques de l'examen réalisé sur papier et de l'écriture manuscrite du candidat. Les réponses rédigées par les candidats pourront ensuite faire l'objet d'un traitement à l'aide d'une grille de notation pour automatiser la correction des copies.

#### 3.8.2. Les avantages de la dématérialisation de la correction des copies

La dématérialisation du papier offre de nombreuses et nouvelles opportunités en matière de traitement des copies. La phase de numérisation passée, la copie est marquée d'une identification pour être associée d'une manière automatique au candidat correspondant avant d'être envoyée au correcteur tout en respectant les règles strictes de l'anonymat.

Le système assurant la dématérialisation regroupe un ensemble de technologies et de participants au traitement des corrections à distance, l'administrateur qui paramètre l'épreuve, le traitement, l'envoi rapide et sécurisé d'une réponse pour une éventuelle consultation est donc possible.

La copie numérisée peut ainsi être dupliquée à volonté, partagée, annotée, commentée, corrigée, sans restriction. L'environnement prenant en compte la dématérialisation permet de disposer instantanément d'informations sous forme graphique sur les performances de notation des correcteurs en fonction des heures de travail de même que les moyennes sur

l'ensemble des corrections. Cette activité intégrée permet au superviseur d'intervenir en temps réel pour ajuster le paramétrage des notes en fonction des résultats.

La dématérialisation assure également l'archivage de l'aspect original de la copie sous la forme d'une image numérisée. Une fois corrigée, la copie peut soit être consultée par internet par le candidat, soit recouvrir son support initial par réimpression du document. Ce processus élargit la trajectoire de la copie-papier.

3.8.3. L'organisation d'un examen ou d'un concours est un Viatique ePASS une plateforme sécurisée pour les examens en ligne

Projet de grande complexité aux enjeux énormes. Nécessitant des successions de tâches manuelles et d'opérations intellectuelles, il mobilise des moyens lourds, comporte de grands risques et souffre des délais difficilement ajustables selon l'approche traditionnelle.

L'application VIATIQUE ePASS a été conçue pour supporter des épreuves en répondant à l'ensemble des contraintes que cela implique. La condition essentielle du dispositif est de permettre une adaptation des candidats au passage du papier au numérique, sans pénaliser ceux qui ne seraient pas à l'aise avec certains outils informatiques. Les choix de conception de l'application ont été orientés sur des fonctionnalités suffisamment intuitives et n'impliquant pas des actions et manipulations trop complexes.



Figure 3.1 : Acteurs de la plate-forme Viatique

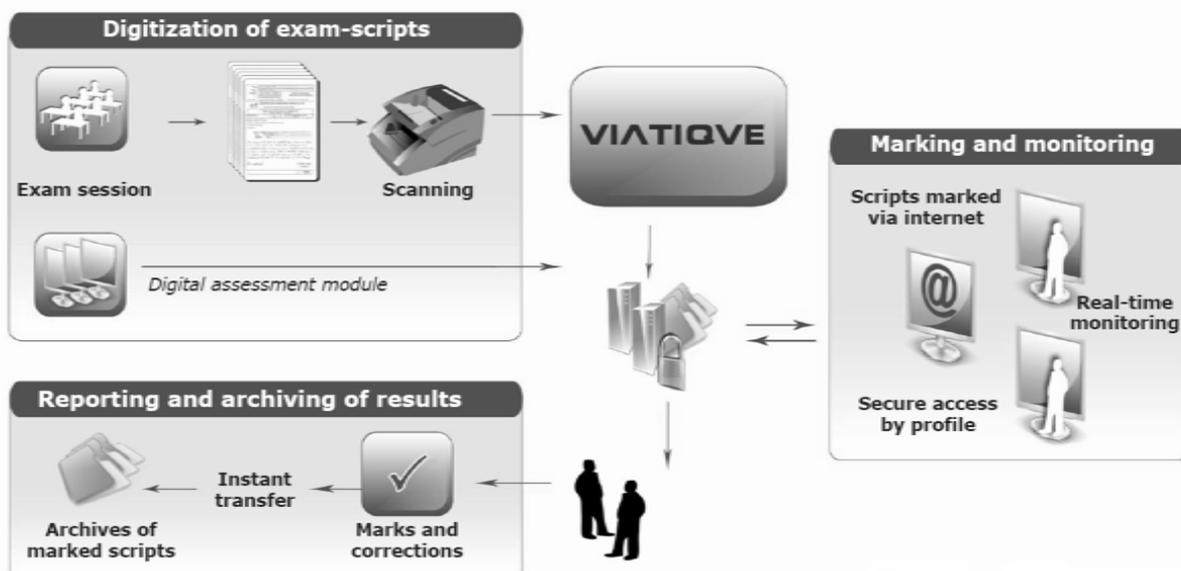


Figure 3.2 : Processus de dématérialisation des copies d'examen sur Viatique

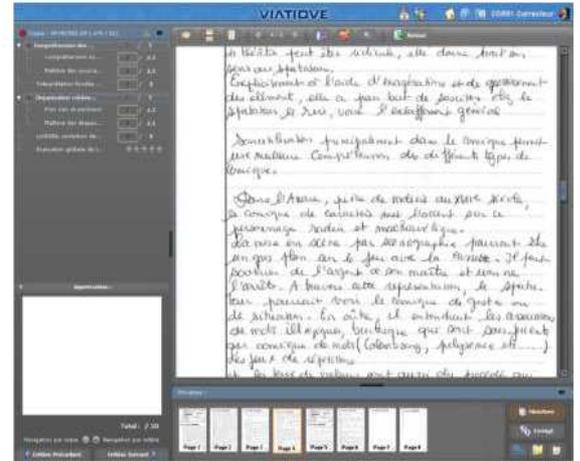
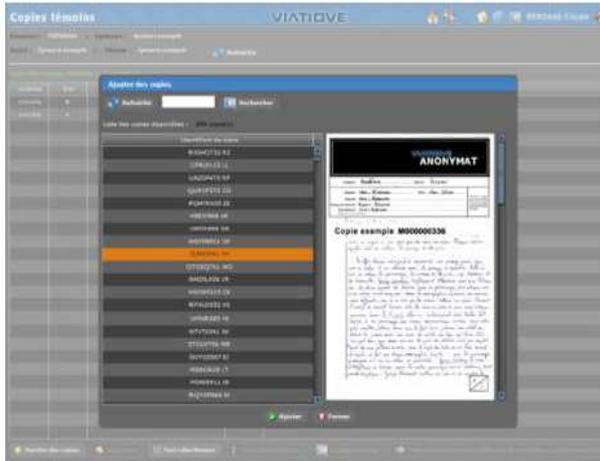


Figure 3.3 : Aperçu d'une copie numérisée sur Viatique



Figure 3.4 : Tableau de bord du logiciel Viatique

Fonctionnalités	Avantages
Numériser des copies papier avec optimisation pour correction à l'écran	Elimination du transport et donc des pertes de copies, réduction des coûts du support papier
Gestion automatique de l'anonymat par traitement numérique	Respect parfait du principe de l'égalité des chances sans la moindre préparation
Correction des copies d'examen sur plateforme sécurisé	Gain de temps et diminution de fatigue dans l'évaluation des copies, flexibilité dans leur disponibilité
Automatisation de l'attribution des copies ou des items, de l'application du barème, du calcul des points...	Simplification et fiabilisation du processus, raccourcissement du temps nécessaire pour l'évaluation
Suivi et contrôle en temps réel des corrections en cours	Réactivité et transparence accrue, gestion dynamique des imprévus, assurance du respect des consignes
Enregistrement direct et automatique des résultats lors de la correction	Remontée instantanée des résultats, élimination des erreurs de saisie
Création de rapports statistiques par épreuve, par question...	Valeur ajoutée sans effort et sans coût supplémentaire avec analyse de tout le processus d'évaluation
Archivage automatique et consultation en ligne des copies numériques et des corrections	Accès instantané aux copies, simplification de la logistique pour jury ou pour consultation par candidat

Tableau 3.1 : Tableau récapitulatif des fonctionnalités de la plate-forme Viatique (source Neoptec)

L'accès à l'application par internet en mode SaaS<sup>26</sup> (Software as a Service) permet aux établissements de s'affranchir de la gestion informatique des serveurs. Les corrections peuvent être automatisées ou semi-automatisées sur les questions fermées ou semi-fermées et réalisées à tout moment par l'enseignant sur internet, en disposant d'un suivi de l'évolution de ses corrections. L'implémentation de l'application dans un établissement permet le suivi des candidats avec leur dossier d'épreuves.

Ce système entièrement sécurisé donne désormais aux établissements la possibilité de faire passer les examens dans les salles équipées ou directement sur ordinateurs portables par internet.

<sup>26</sup> Le Software as a Service SaaS est un concept consistant à proposer un abonnement à un logiciel plutôt que l'achat d'une licence. Il n'est plus question d'installer une application de bureau, mais d'utiliser un programme client-serveur. Ce concept, apparu au début des années 2000.

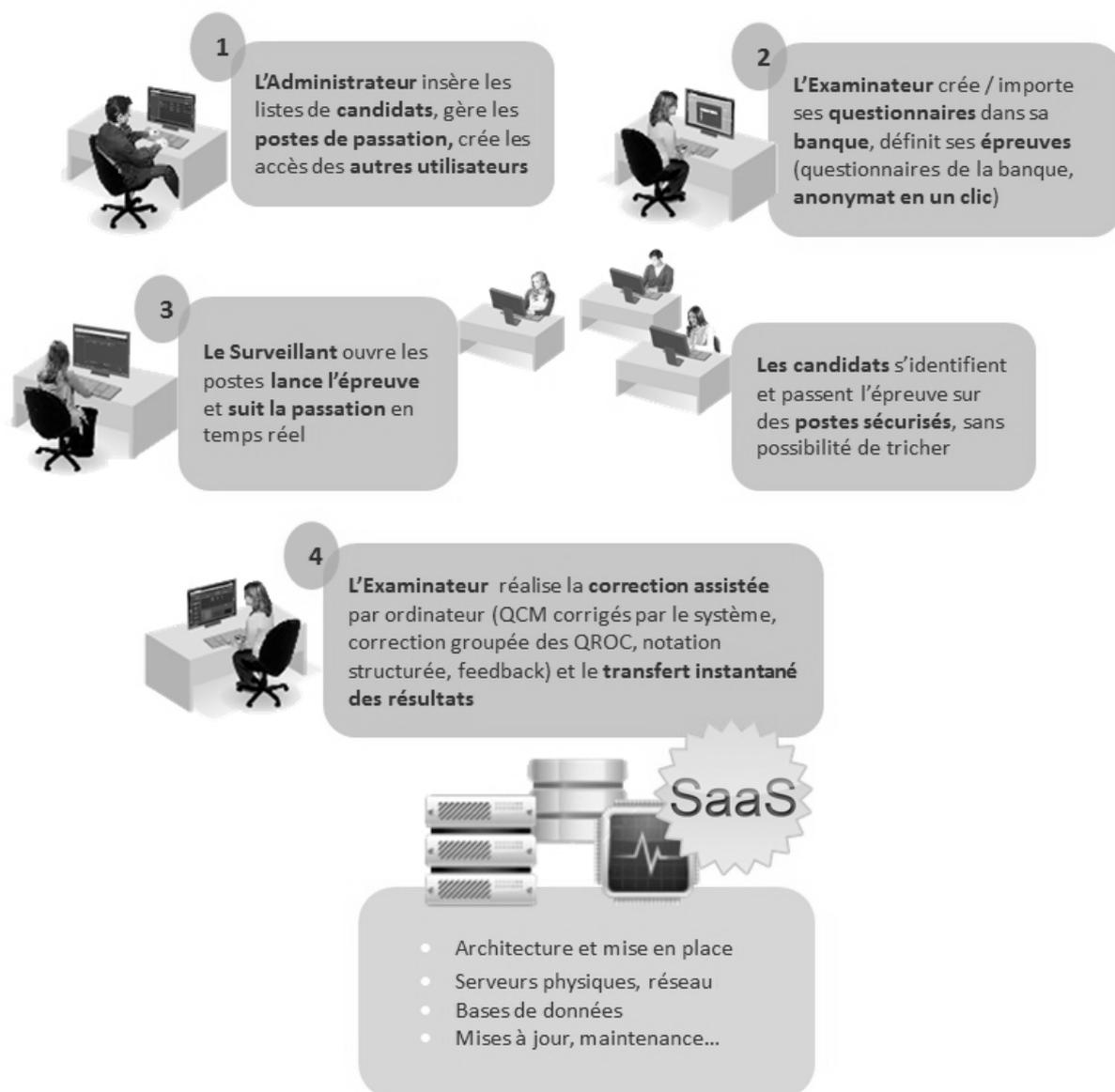


Figure 3.5 : Architecture détaillée de la plateforme Viatique (source Neoptec)

### 3.9. Evaluation des connaissances avec une nouvelle génération de QCM: étude du logiciel QCM Direct

Logiciel de création et de correction automatique de questionnaires à choix multiples, QCM Direct a au cours de ces 15 années d'existence corrigé par scanner plus de cent millions de copies. Le logiciel QCM Direct<sup>27</sup> a de même été l'agent principal d'une performance de correction automatique d'épreuves QCM jamais réalisée.

Grâce à son automatisme et à sa précision, QCM Direct numérise et corrige les copies d'évaluation tout en laissant l'entière maîtrise sur la conception des épreuves, les critères de correction et le contrôle des résultats. Utilisant la technologie de lecture informatique par scanner mise au point par NEOPTec<sup>28</sup>, QCM Direct a fait naître une nouvelle génération de QCM. Intégrant des principes docimologiques éprouvés et innovants, des barèmes finement

<sup>27</sup> La version récente (2012) du logiciel QCM Direct est la version QCM Direct 5

<sup>28</sup> NEOPTec est une société créée en 1994 à Montpellier par Jean Pierre MOUSSETTE, NEOPTec développe des logiciels pour optimiser la gestion d'évaluations et le traitement de tous types de questionnaires

paramétrables et des outils de contrôle et d'analyse, l'ère des QCM constitués d'oppositions simpliste et de questions-réponses machinales se voit révolue.



Figure 3.6 : écran d'accueil du logiciel QCM Direct 5

### 3.9.1. Les fonctionnalités de QCM Direct

Offrant une prise en main rapide et facile, Le logiciel QCM Direct assure les fonctionnalités nécessaires pour réaliser des QCM en adéquation avec les objectifs pédagogiques de tout enseignant :

- Création des énoncés sous Microsoft Word, à l'aide d'une barre d'outils; un énoncé dactylographié au format Word sera directement exploitable par QCM Direct.
- Gestion de différentes matières et thèmes dans un même QCM
- Import simple et rapide des questionnaires et des listes de candidats : importation depuis un fichier Excel
- Barèmes pédagogiques paramétrables : points, pénalités, annulation de questions etc.
- Impression des grilles de réponse sur du papier blanc standard
- Reconnaissance automatique des identifiants manuscrits des candidats; Grâce à la LAD<sup>29</sup> le logiciel reconnaît les éléments renseignés de manière manuscrite par le candidat lors de l'épreuve
- Correction instantanée des grilles à l'aide d'un scanner de documents; QCM Direct est capable de corriger plusieurs milliers de copies par heure, selon le modèle de scanner utilisé
- Export des résultats vers un système d'information; les résultats peuvent être exportés directement vers l'application de gestion de la scolarité de

---

<sup>29</sup> La lecture automatique de documents (LAD) est un ensemble de technologies qui permet de segmenter et d'extraire, par reconnaissance optique de caractères (OCR), des informations textuelles sur des documents numérisés de type formulaires structurés ou semi-structurés

l'établissement, permettant la communication instantanée des résultats ainsi qu'une fiabilité parfaite

- Intègre un ensemble d'outils de contrôle et d'analyse pédagogique complets telle l'analyse statistique par question, taux d'échec...

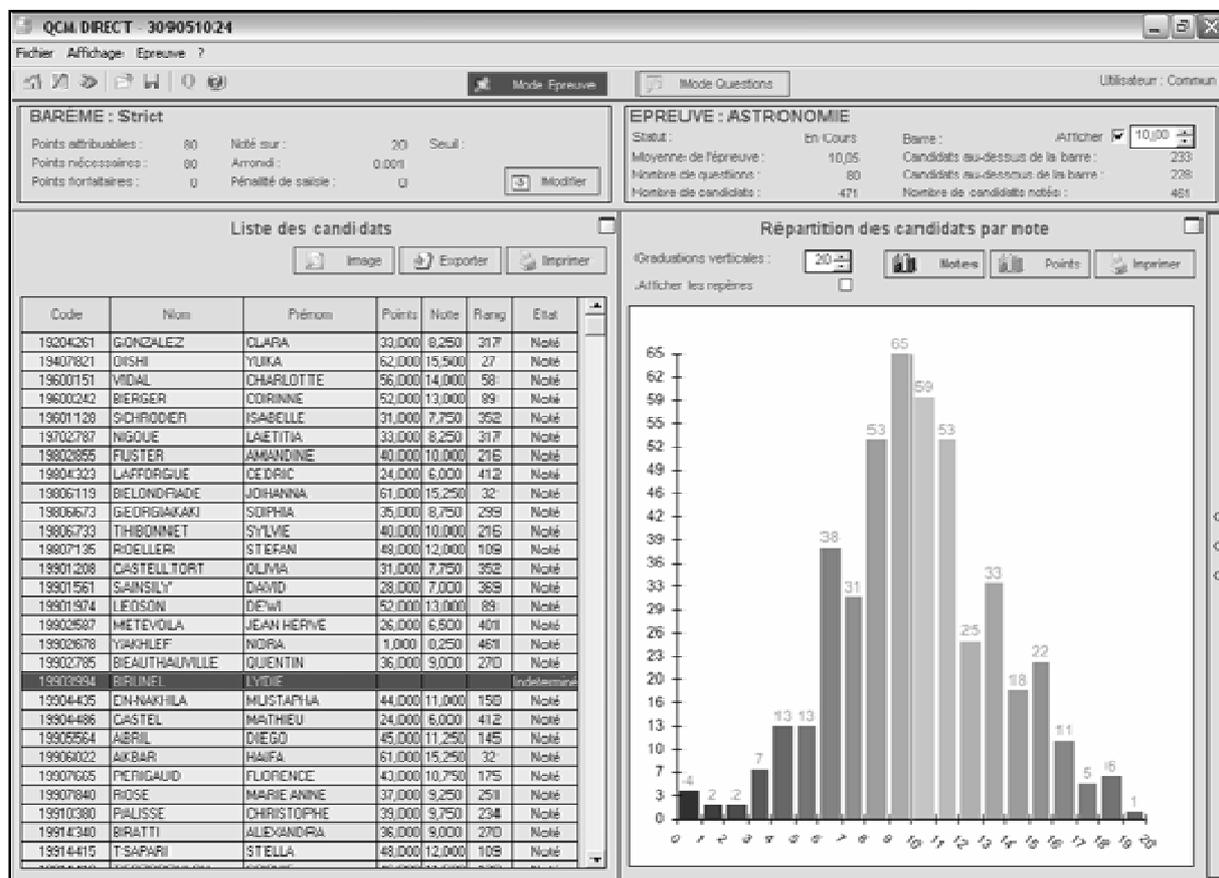


Figure 3.7 : Analyse statistiques après évaluation dans QCM Direct 5

Les nouveautés offertes par QCM Direct sont entre autres: le mélange automatique de l'ordre des questions qui consiste à générer et corriger instantanément un questionnaire avec un positionnement variable des cases réponses pour un même sujet d'examen et pour finir une grille de réponses standard.

De par sa simplicité de mise en œuvre et son objectivité, l'épreuve QCM reste un outil pédagogique performant, pour des évaluations formatives et des évaluations sommatives. Les épreuves QCM offre la possibilité de tester très rapidement des connaissances et aussi les capacités d'analyse et de raisonnement si l'énoncé est bien conçu. Grâce à la correction automatisée, le QCM permet d'évaluer fréquemment sans perdre de temps.

### 3.10. Conception et mise en place des évaluations de type formatif et sommatif avec le logiciel pédagogique Netquiz Pro

Le logiciel Netquiz Pro est un éditeur de questionnaires formatifs ou sommatifs qui peuvent être déposés sur un serveur web et accessible à partir d'internet. Les questionnaires de type formatif par défaut respectent la norme SCORM. Il est donc possible d'effectuer un certain suivi des résultats des répondants (note par question et note globale) lorsque ces questionnaires sont intégrés à une plate-forme pédagogique qui respecte les spécifications

SCORM. D'autres types de questionnaires non compatibles avec la norme SCORM (formatif avec soumission à un serveur ou sommatif) permettent d'effectuer un suivi encore plus détaillé des réponses des répondants.

Avec Netquiz Pro, on peut composer onze types de questions: associations, choix multiples, damier, développement, dictée, mise en ordre, réponse brève, réponses multiples, texte lacunaire, vrai ou faux, zones à identifier sur une image.

### 3.11. Le Langage de modélisation pédagogique

Un langage de modélisation pédagogique [25] (LMP) est un outil qui est d'une aide importante à la conception, l'implémentation et la description des scénarios pédagogiques pour modéliser des activités d'apprentissage.

“Un scénario d'apprentissage représente la description, effectuée a priori ou a posteriori, du déroulement d'une situation d'apprentissage visant l'appropriation d'un ensemble précis de connaissances, en précisant les rôles, les activités ainsi que les ressources de manipulation de connaissances, outils et services nécessaires à la mise en œuvre des activités.”<sup>30</sup>

Suite aux travaux menés par le groupe « Learning Design » du consortium IMS<sup>31</sup>, naîtra en 2002 une proposition de spécifications ayant pour objectif de s'imposer comme un standard IMS-Learning Design noté en forme abrégée IMS-LD [26].

LOM<sup>32</sup> [27] ou Le « Learning Object Metadata » est un schéma de description de ressources d'enseignement et d'apprentissage. Le LOM peut être utilisé pour décrire des ressources tant numériques que non numériques.

---

<sup>30</sup> Pernin et Lejeune, 2004

<sup>31</sup> IMS Global Learning Consortium est une ONG mondiale à but non lucratif composée de membres qui ont en commun l'objectif de développer l'utilisation des technologies au service de l'apprentissage et de l'éducation, au profit des éducateurs et étudiants et de la communauté éducative dans le monde entier

<sup>32</sup> Techniquement, son nom est IEEE 1484.12.1-2002 (LOM)

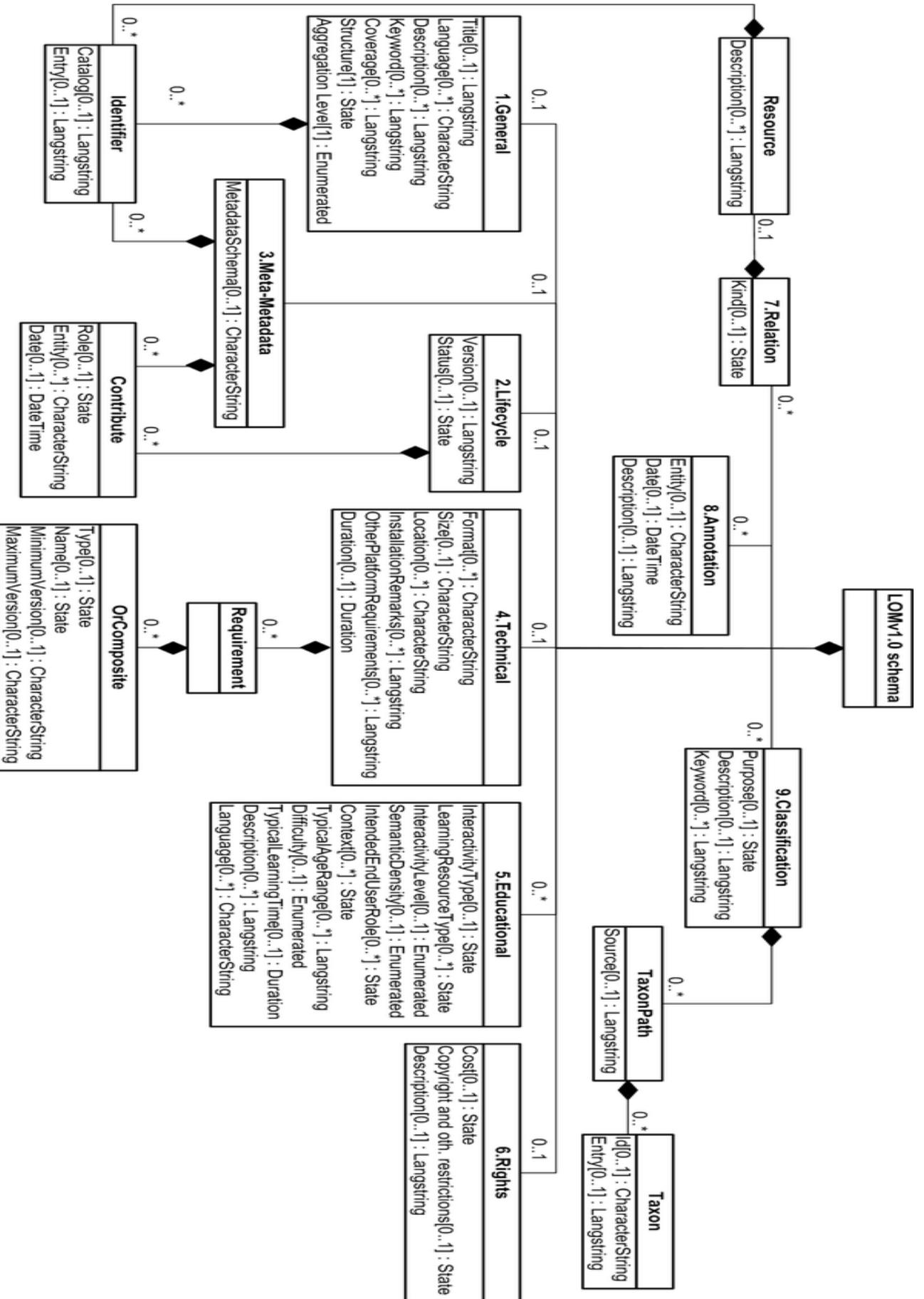


Figure 3.8 : Diagramme de classe du « Learning Object Metadata »

Le "learning design" peut se réaliser à trois niveaux [28]:

- Au premier niveau, on ne peut concevoir que des scénarios prédictifs sans tenir compte dans l'enchaînement des activités des résultats des apprenants.
- Au deuxième niveau on peut concevoir un modèle de l'apprenant et en tenir compte dans l'enchaînement des activités, on peut individualiser le déroulement du scénario.
- Le troisième niveau offre un moyen simple de synchroniser les multiples processus qui se déroulent pendant une unité d'apprentissage.

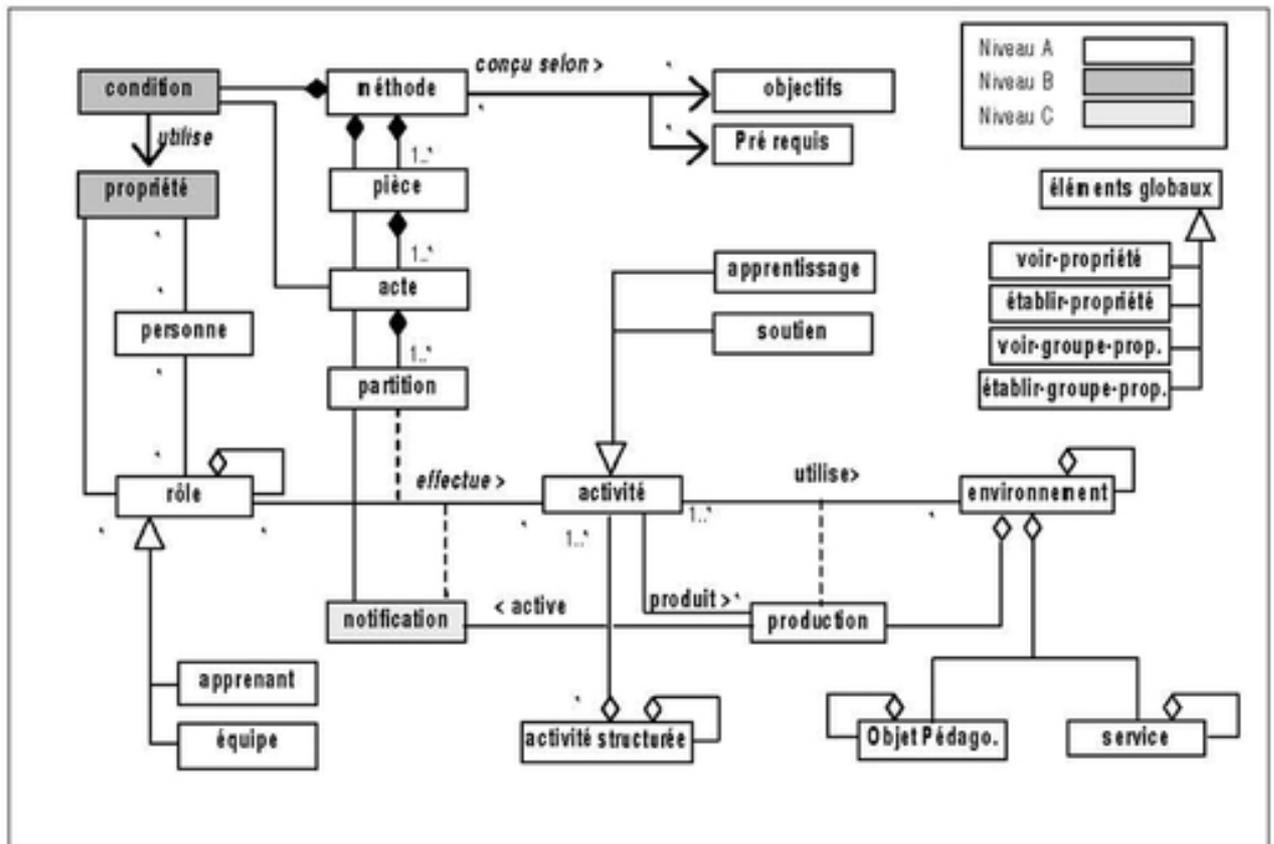


Figure 3.9 : modèle IMS-LD (IMS, 2003)

### 3.12. L'évaluation sous moodle

La plate forme Moodle offre 10 différents formes d'évaluations sous forme de Quizz que l'enseignant peut mettre à la disposition des apprenants.

Parmi les fonctionnalités offertes par l'activité des quizz, on peut citer :

- la limitation dans le temps de l'activité d'évaluation
- la limitation du temps de l'activité
- la limitation du nombre d'essais
- la possibilité de paramétrer le nombre de questions par page
- la possibilité de mélanger l'ordre des questions
- la possibilité de mélanger l'ordre des réponses dans les questions
- la possibilité d'allouer un barème aux questions chaque question peut donc rapporter un nombre différent de points

- la possibilité d'allouer des pénalités pour des mauvaises réponses
- la possibilité d'attribuer un mot de passe ou une clé pour chaque quizz
- Système de protection de quizz par adressage réseaux
- Restriction de l'accès au quizz à un groupe donné d'apprenants
- Définition d'appréciations générales pour chaque quizz
- Les questions de quizz peuvent contenir du texte, des images et des éléments multimédias.

Les formes d'évaluation rencontrées sous moodle sont :

- les questions vrai/faux
- les questions du type QCM
- le quizz à réponse courte
- le quizz correspondances
- le quizz rédaction ou développement

### 3.12.1. Les devoirs en ligne sous moodle

Parmi les activités, les Devoirs sont utilisés pour la diffusion des travaux des élèves. Il en existe trois types. Les modules Déposer un fichier et Dépôt avancé de fichiers demandent aux élèves de remettre un travail sous forme d'un ou plusieurs fichiers numériques. La plateforme ne limitant pas le format des fichiers, on peut envisager le dépôt de tout type de documents : textes, feuilles de calcul, images, diaporamas, mais aussi vidéos, enregistrements audio...

Avec le module Texte en ligne, les élèves n'auront pas à déposer un document, mais tout simplement à rédiger leur travail directement en ligne. L'éditeur WYSIWYG<sup>33</sup> est pour ce fait bien utile pour des mises en page complexes. Les travaux ne sont visibles que de leur propriétaire et de l'Enseignant. Ce dernier accède à la liste des travaux rendus qu'il consulte directement dans son navigateur ou qu'il télécharge. Il évalue le travail effectué en complétant le champ « Note » et laisse un commentaire que l'élève est invité à consulter. Ce dernier pourra, si le module a été paramétré dans ce sens, modifier son travail en tenant compte des remarques de son professeur.

Le module Activité hors ligne permet de saisir la note ou l'appréciation d'une activité réalisée en dehors de la plate forme (prestation orale, capacité expérimentale, devoir traditionnel sur papier...). Moodle sert alors ici de carnet de notes. Les Devoirs, comme toutes les autres activités de la plate-forme, sont paramétrables, l'Enseignant définissant la période de début et de fin de la mise à disposition, déterminant l'échelle de notation (sur 5, sur 10, sur 20, sur 100), tolérant ou non la remise des devoirs en retard, etc.

---

<sup>33</sup> WHAT YOU SEE IS WHAT YOU GET L'éditeur WYSIWYG, soit en français « ce que vous voyez est ce que vous obtenez »...ou presque, présente une interface semblable à celle des traitements de texte. Il permet d'éditer un texte intuitivement et produit du code HTML normal

### 3.12.2. Le module « Lesson » de moodle

Le module « Lesson » permet de combiner en une seule activité des éléments de cours et des questions. L'enseignant peut configurer ce module de telle façon que l'apprenant est obligé de répondre aux questions pour pouvoir avancer dans la leçon.

Le module « Lesson » correspond à la réalisation de parcours pédagogiques dans lesquels l'Étudiant chemine de façon autonome. C'est un ensemble de pages auxquelles il accède en fonction des choix effectués dans un menu ou des réponses données à des questions. En effet, il s'accompagne d'un module Test permettant la conception d'une grande diversité d'exercices de type QCM et quiz. Il est également possible d'intégrer des tests plus élaborés, développés à l'aide du logiciel Hot Potatoes et téléchargés sur la plate-forme. Ainsi l'Enseignant dispose d'une banque de questions qu'il peut réutiliser dans d'autres cours et partager avec d'autres collègues.

Le module Test offre une grande souplesse dans la conception des exercices avec affichage aléatoire des questions, contrôle du nombre de tentatives, analyse des performances, affichage de messages de rétroaction... L'élève travaille de façon autonome et s'auto-évalue. Ce module peut, par exemple, trouver sa place dans le cadre d'un soutien scolaire ou de séances de révisions. L'enseignant dispose d'un outil Rapports, aux nombreux filtres d'affichage, qui lui permet de consulter l'historique des activités pour son cours. Il peut ainsi savoir, dans l'ordre chronologique, qui a fait quoi mais également sélectionner le nom d'un utilisateur, cibler une ressource ou une activité spécifique pour connaître exactement le nombre de fois qu'un Étudiant a consulté un document d'aide ou de consignes ou le nombre de tentatives qui lui ont été nécessaires pour réaliser une activité donnée.

The screenshot shows the Moodle interface for course LCC77. The main content area is titled 'Aperçu des thèmes' and displays a list of resources for the 'Suites' theme. The resources are categorized as follows:

- Définition:** Suites arithmétiques, Suites géométriques
- Cours:** Cours sur les suites, Cours sur les suites (version papier), Cours, Cours interactif sur les suites arithmétiques, Cours interactif sur les suites géométriques
- Travaux pratiques (Tableur):** TP (Usage du tableur), TP suites tableur (Somme), Retour des TP
- Tests (QCM):** Test pour vous entrainer, Devoir
- Sujets de devoirs et corrections:** Contrôle, Contrôle n°4, Correction du contrôle n°4, Correction exercice n°3 page 57 n°107

Other visible elements include a search bar, a calendar for May 2009, and a list of recent news items.

Figure 3.10: dépôt de ressources fichiers pour utilisateurs dans Moodle

### 3.12.3. Les outils de communication de moodle

Moodle propose de nombreux outils de communication. Par défaut, une messagerie instantanée est activée sur la plateforme permettant des échanges en temps réel entre les utilisateurs connectés. En cas d'absence d'un membre sur la plateforme, le message lui est automatiquement envoyé sur sa messagerie électronique. L'Enseignant peut mettre en place à l'intérieur de son cours, sur des périodes prédéfinies, des activités de clavardage avec le module Chat. De même, le module Sondage peut-être utilisé à des moments clés d'une séquence d'apprentissage en proposant un vote aux Étudiants ou en leur permettant de se répartir les sujets d'une étude, par exemple. L'enseignant voit le tableau des résultats et peut décider de le rendre visible ou non aux autres utilisateurs. Un agenda (appelé Calendrier) retrace l'ensemble des événements du cours et de la plate-forme en général (création de ressources, d'activités...).

Chaque utilisateur peut également créer un événement personnel pour en informer les autres membres de la plate forme. Est associé à ces outils de communication un blog visible et enrichissable par tous les utilisateurs identifiés sur la plate-forme. L'enseignant modère les billets déposés par les Étudiants inscrits à ses cours. Des activités Forum et Wiki peuvent être rattachées à un cours donné (et donc accessibles uniquement par les élèves de ce cours et leurs professeurs) pour favoriser une réelle collaboration entre les acteurs de ce cours. Enfin, un autre outil intéressant de travail collaboratif est le module Glossaire qui permet, aux membres d'un cours, la création d'une liste de définitions à laquelle est associé un moteur de recherche.

Les mots du Glossaire, identifiés dans le contenu des pages du cours, sont automatiquement mis en évidence [29].

Prénom / Nom ↑		test d'évolution	TP taux	Remise devoir n°2	Retour devoir n°3	test atelier	test atelier	Entrenez vous à calculer	Devoir à faire avant	Test pour vous entraîner	Devoir à faire	Devoir (QCM) obligatoire	Révisions sur les ...	Test pour vous entraîner	Retour des TP	Devoir	Devoir à faire avant	Problème de statistiques 1	Test boub	Problème de statistiques ent	1
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	6,00	-	5,00	5,00	-	-	-	4,50	8,00	7,08	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	8,00	-	-	4,00	-	-	-	4,00	-	6,13	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	7,00	-	-	7,00	-	-	-	9,00	6,00	9,17	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	5,00	-	5,00	7,00	-	-	-	6,00	7,50	7,26	-	5,00	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	9,00	-	7,50	10,00	-	-	-	-	-	3,21	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	7,00	-	-	7,00	-	-	-	7,00	10,00	7,38	-	5,00	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	7,50	-	7,00	9,00	-	-	-	6,00	8,00	7,50	-	3,67	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	5,00	-	-	9,00	-	-	-	7,00	3,00	6,67	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00	-	-	-	-	3,00	3,33	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	8,00	-	6,17	4,00	-	-	-	-	0,00	2,26	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	7,00	-	7,00	-	-	-	-	1,33	-	5,83	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	5,00	-	-	-	6,00	-	-	-	6,50	5,83	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	-	6,33	-	-	9,00	-	-	-	7,00	7,00	5,71	-	-	-
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	3,00	5,25	6,00	-	5,00	5,00	-	5,00	2,00	5,60	-	5,00	-	
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	10,00	-	6,50	8,00	-	-	-	6,00	6,00	7,26	-	-	-	
Armand	Armand	-	-	-	-	-	3,00	5,00	4,00	8,00	6,25	-	-	-	8,00	9,00	7,26	-	0,00	-	
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	6,00	-	6,00	5,00	-	-	-	5,00	9,00	7,50	-	5,00	-	
Armand	Armand	-	-	-	-	-	-	8,00	-	-	4,00	-	-	-	5,00	6,00	8,21	-	3,33	-	

Figure 3.11 : Gestion des carnets de note sous moodle

### 3.12.4. Interopérabilité des tests d'évaluation créés avec d'autres applications annexes

Moodle peut également servir de plateforme d'accueil et de présentation pour des quiz construits avec des applications différentes. Moodle se contente simplement de stocker et de présenter à l'internaute les quiz. Dans certains cas, si le quiz est compatible avec les normes SCORM [30], Moodle peut récupérer ses résultats pour les stocker dans sa base de données. Cet élément est très pratique pour les institutions qui doivent migrer des sites déjà existants et permet de gagner du temps et d'économiser de l'énergie.

### 3.12.5. Le module « Journal »

Le module « Journal » permet à l'enseignant de proposer aux apprenants une zone personnelle pour la rédaction de rapports, de comptes rendus, de résumés. Une fois que l'étudiant a rédigé son texte, l'enseignant peut commenter le travail et le noter.

Application pédagogique :

- L'élève peut noter dans son journal une synthèse des connaissances apprises pendant un cours
- Réagir, commenter, critiquer une action, un fait, un texte...

### 3.12.6. Reddition de documents

Spécialement conçu pour la reddition de gros documents, Moodle propose le module « assignement » qui offre aux apprenants une zone spéciale de stockage qui peut seulement être consultée par l'enseignant. Une fois que le document a été corrigé par l'enseignant, il peut introduire la note dans un tableau de notes. Moodle accepte tout type de document sans aucun problème.

❖ Synthèse

Module	Evaluation formative	Evaluation sommative	Mise en place	Autocorrection de la part du logiciel	Sauvegarde des résultats	Interaction avec l'élève
Quiz	Oui	Oui	Simple	Oui	Oui	limitée
Quiz généré avec une autre application	Oui	Oui	Variable	Oui	Dans de nombreux cas	limitée
« Lesson »	Oui	Oui	Simple	Oui	Oui	limitée
Journal	Non	Oui	Simple	Non	Non	Oui
Reddition	Non	Oui	Simple	Non	Non	Oui

Tableau 3.2: tableau récapitulatif des systèmes d'évaluation dans Moodle

**CHAPITRE 4 : EVALUATION EN  
ALGORITHMIQUE ET PROGRAMMATION  
DANS LES EIAH, ETUDE DE CAS DE LA  
PROGRAMMATION EN LANGAGE C**

## 4.1. Évaluation en algorithmique et programmation dans les EIAH

L'algorithmique est un ensemble de règles et de techniques qui sont impliquées dans la définition et la conception d'algorithmes. Autrement dit, c'est un processus systématique de résolution d'un problème permettant de décrire les étapes vers le résultat final.

Le mot algorithme tire son origine du nom latinisé d'un mathématicien arabe répondant au nom de Al-Khawarizmi. Selon la définition classique que l'on rencontre dans beaucoup de terminologie, un algorithme est une suite finie et non-ambiguë d'opérations ou d'instructions permettant de résoudre un problème.

Thomas Cormen et al. donnent une définition formelle d'un algorithme comme suit: « procédure de calcul bien définie qui prend en entrée une valeur, ou un ensemble de valeurs, et qui donne en sortie une valeur, ou un ensemble de valeurs. Un algorithme est donc une séquence d'étapes de calcul qui transforment l'entrée en sortie<sup>34</sup>. »

De nos jours, les algorithmes trouvent une place importante dans bon nombre applications comme la cryptographie, le routage d'informations, la planification et l'optimisation de ressources, la bioinformatique, etc.

Un algorithme est jugé correct lorsque pour chaque instance, il se termine en produisant la bonne sortie, c'est-à-dire qu'il résout le problème posé. On mesure l'efficacité d'un algorithme notamment par sa durée pour produire le résultat attendu et par sa consommation de mémoire. Les ordinateurs sur lesquels tournent ces algorithmes ne sont pas infiniment rapides. Un algorithme sera donc dit performant s'il utilise d'une manière judicieuse les ressources dont il dispose en particulier le temps CPU et la mémoire. L'analyse des algorithmes, la quantification de la ressource mémoire sollicitée pour l'exécution correcte d'un algorithme relèvent de la complexité algorithmique.

## 4.2. Pratiques de l'évaluation en algorithmique dans le contexte des EIAH

L'automatisation de l'évaluation d'une solution à un problème d'algorithmique dans un EIAH ne se révèle pas tout à fait évidente du fait de l'existence d'une multitude de solutions à un seul problème. Dans l'enseignement, l'algorithmique est restée une discipline utilisée de manière naïve [31]. Ceci a souvent eu comme répercussion, des difficultés dans l'enseignement tant bien au niveau de l'enseignant que chez l'étudiant, du fait que d'un côté, l'enseignant doit trouver des moyens pour inculquer aux étudiants qui sont en phase d'initiation, des concepts abstraits.

D'ailleurs, des travaux de recherches en psychologie cognitive prouvent que les difficultés que regorgent la discipline de l'algorithmique est responsable de l'échec des étudiants en premier cycle de formation universitaire [32]. Parmi ces difficultés, d'un côté on cite souvent un manque de modèles natifs pour les étudiants débutants contrairement à d'autres disciplines

---

<sup>34</sup> Thomas Cormen et al. , Introduction à l'Algorithmique, 2e édition, Dunod, 2004

scientifiques comme en physique et d'un autre côté on mentionne aussi le caractère abstrait en algorithmique [33].

La question que se posent des chercheurs en pédagogie universitaire est de savoir quelles méthodes et outils pourront apporter une amélioration de l'apprentissage de l'algorithmique.

Grâce à l'intégration des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage, on peut affirmer qu'un usage adéquat des TIC couplés à des méthodes pédagogiques innovatrices et des outils bien adaptés au contexte de la formation, pourraient y remédier aux problèmes que posent l'apprentissage de l'algorithmique [34].

Malgré quelques évolutions majeures dans le domaine de l'édification des EIAH dans tous leurs aspects fonctionnels, par des standardisations et formalismes, l'évaluation en dépit des ses diverses fonctions dans la pédagogie demeure une laissée pour contre ceci à cause de la nature difficile de l'évaluation elle même.

Des méthodes ont été mises au pied et des outils édités mais tous cela demeurent en quelques sortes incapables de gérer efficacement l'évaluation parce que d'un côté, ils sont soit inefficaces ou douteux et d'un autre côté dédiés à un seul domaine spécifique et ne pouvant donc pas être utilisés à n'importe quel autre domaine.

D'après un groupe de chercheurs de l'Université Badji Mokhtar, vue la multitude de solutions qui existe en algorithmique pour un problème, la mise en œuvre d'une l'évaluation automatique en algorithmique dans un EIAH n'est pas une chose évidente. Même pour un expert du domaine, il ne peut être exhaustif dans toutes les solutions possibles et les intégrer dans une base de solutions d'un côté et d'un autre la localisation de l'erreur qui reste un facteur important dans la progression des apprenants est une autre difficulté à prendre en considération. Tout ceci ne peut que rendre la réalisation d'un système d'évaluation en algorithmique complexe.

A la suite de ses travaux, cette équipe de chercheurs recommande l'usage de méthodes telles que la simplification des solutions aux problèmes d'algorithmique; en amenant l'étudiant à décomposer sa solution en étapes ou modules et ensuite, la mesure de similarité entre graphes par rapport à une solution experte intégrée dans une base de solution est utilisée comme méthode d'évaluation étant donnée qu'un algorithme peut être formalisé sous forme d'un graphe ou algorithme.

#### 4.2.1. Décompositions des solutions d'algorithmique en modules

Cette étape de résolution consiste à décomposer les tâches complexes en de tâches moins complexes et réitérer la démarche jusqu'à aboutir à un stade de décomposition ne comportant que des opérations de base ou/et des opérations élémentaires. La solution au problème posé ne sera que la combinaison de ces dernières opérations de base et élémentaires. Le nombre d'étapes dans le processus de résolution est en fonction de la complexité du problème c'est à dire plus le problème est complexe plus le nombre d'étapes est important.

Cette méthode d'approche descendante encore appelée méthode de raffinages successifs permet le passage avec un maximum de chances de réussite, de la description abstraite de la solution du problème à l'algorithme qui permettra sa résolution.

L'algorithme est au dernier niveau de raffinement lorsqu'il ne comporte que des opérations de bases, des opérations élémentaires et des structures de contrôle. On appelle opération de base, une opération connue en algorithmique, telle que le tri d'un tableau. Une opération élémentaire, est vue comme une opération algorithmique simple, à l'image de l'affectation ....

En gros, au premier niveau, le problème est disséqué en un ensemble d'opérations de bases, d'opérations élémentaires et d'opérations décomposables qui peuvent être mises en relation par des structures de contrôle. Tout en gardant à l'esprit que le nombre de niveaux de décomposition dépend de la complexité du problème résolu. En allant vers les niveaux inférieurs, seules les opérations pouvant être décomposées seront à leur tour décomposées. Ce pendant, la décomposition s'arrête à un niveau renfermant essentiellement des opérations de base et des opérations élémentaires comme schématisé sur la figure qui suit.

Les bienfaits qu'offre cette méthode de résolution est qu'elle diminue dès le départ, et d'une manière graduelle la complexité du problème à résoudre. Aussi notons l'autonomie qu'offre cette méthode à l'apprenant en lui permettant une libre expression de sa solution sans aucune restriction.

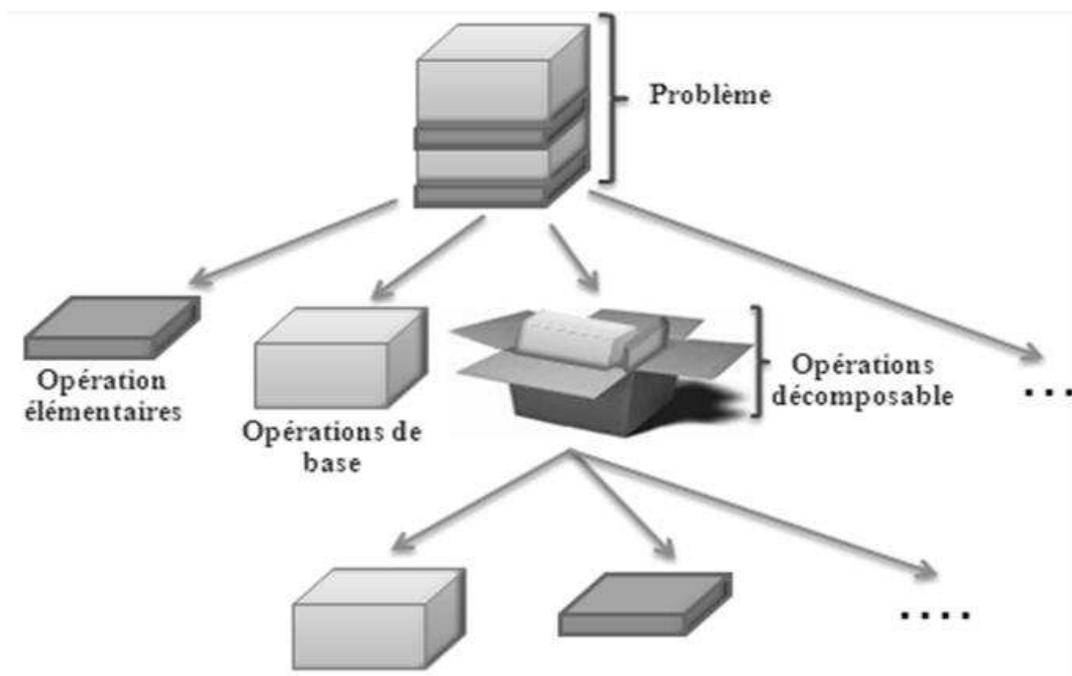


Figure 4.1 : décomposition en modules du problème à résoudre

#### 4.2.2. Validation des solutions d'algorithmique

La solution proposée par l'apprenant est comparée à celles d'un expert regroupées dans un plan de solution. Un plan solution dans ce cas est un ensemble de chemins représentant les différentes démarches pour un même exercice donné et est constitué par un expert. Ce plan solution peut comporter aussi bien des démarches correctes que des démarches erronées.

#### 4.2.3. Principe de validation de solutions

Un programme peut être considéré comme un graphe orienté ; les sommets représentent les actions ; les arcs représentent l'enchaînement des actions [35].

Exemple : programme de calcul de la factorielle de n

```
int f, i, n;
f = 1;
for(i=1; i<=n; i++) {
f = f * i;
}
printf("%d", f) ;
```

La schématisation est donnée sous forme d'organigramme et sous forme de graphe. Le graphe est orienté avec cycle.

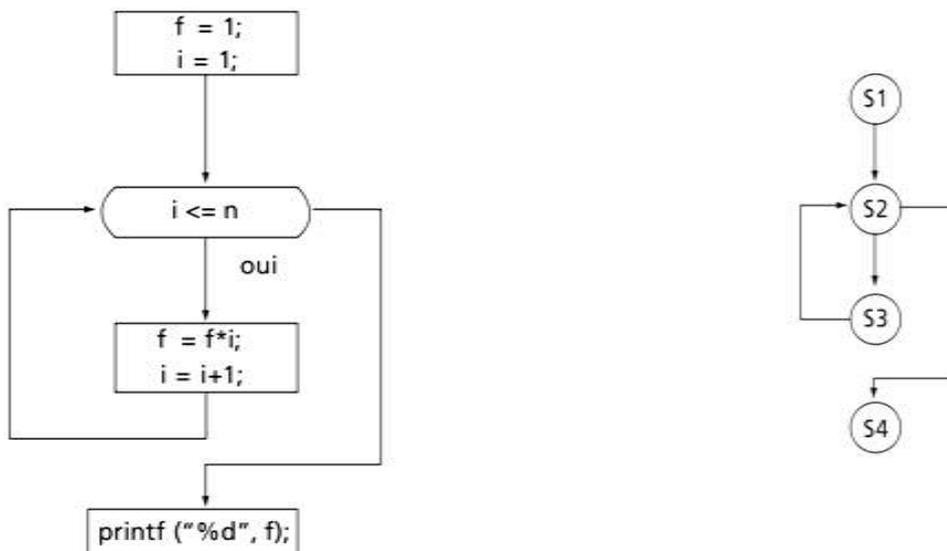


Figure 4.2: Programme schématisé sous la forme d'un graphe

#### 4.2.4. Mémorisation des graphes

Suivant le rapport entre le nombre de sommets et le nombre d'arcs, on choisit soit une mémorisation sous forme de matrice, soit une mémorisation sous forme de listes d'adjacence. Dans ce dernier cas, la matrice serait dite creuse avec beaucoup d'éléments mémorisés inutilement.

- Mémorisation sous forme de matrices d'adjacence

Chaque arc (i, j) est représenté par un booléen V (vrai) dans la matrice. Une valeur F (faux) non notée sur le schéma de la Figure suivante indique une absence de relation entre le sommet i et le sommet j. Le tableau nomS contient les noms des sommets et leurs caractéristiques.

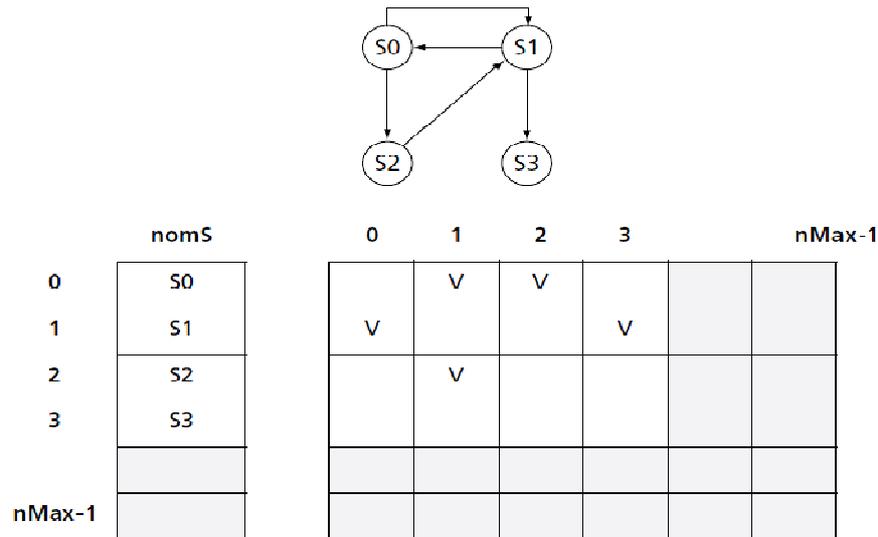


Figure 4.3: Mémorisation sous forme d'une matrice d'adjacence

#### 4.2.5. Automatisation de l'évaluation des solutions

Dans le but d'automatiser l'évaluation de la solution de l'apprenant avec celle de l'expert ou plan solution, des chercheurs de l'Université Badji Mokhtar proposent d'affecter une description pour chaque démarche. Par la suite, cette description se révélera nécessaire pour un appariement inspiré des travaux de Sorlin [36] qui mesure d'une manière générique la similarité des graphes. La quantification de la similarité de graphes se révèle utile pour mettre en correspondance leurs descriptions respectives.

### 4.3. Proposition d'une méthode d'évaluation de la programmation en langage C

La technique d'évaluation automatique de solutions aux problèmes d'algorithmique que nous allons présenter par la suite, se base essentiellement sur la sémantique opérationnelle des langages de programmation.

#### 4.3.1. Sémantique des langages de programmation

La sémantique a pour objet d'associer un sens à des éléments composants un langage. En informatique, un programme peut être considéré d'un point de vue sémantique comme un objet mathématique sur lequel on peut effectuer des opérations, manipulations formelles et des preuves [37]. En programmation, on distingue trois types de sémantiques.

- La sémantique opérationnelle:

On associe à un programme une suite d'états d'une machine (abstraite) qui l'exécute

- La sémantique dénotationnelle:

On associe à un programme la fonction mathématique qu'il calcule.

- La sémantique axiomatique:

On associe à un programme l'ensemble des assertions logiques reliant ses sorties et ses entrées.

La sémantique opérationnelle est une des meilleures approches qui donne une signification aux programmes d'une manière rigoureuse. La sémantique opérationnelle d'un langage de programmation décrit la façon dont un programme valide est interprété en suite d'états

successifs de la machine. La signification d'un programme est donc la suite des états de la machine qui exécute le programme. D'une autre manière, un programme peut être considéré comme un système de transition d'états [38]. Dans le contexte de la sémantique opérationnelle, les programmes

```
i=1; j=0;
```

et

```
i=1;
```

```
j=0;
```

sont équivalents c'est à dire ont la même signification, mais le programme

```
j=0; i=1;
```

ne leur est pas équivalent même si au final le résultat est le même, les actions n'ont pas lieu dans le même ordre.

On peut faire abstraction de la sémantique opérationnelle des langages de programmation par observation d'une partie de la mémoire de la machine sur laquelle s'exécute le programme, ou en n'observant que les sorties à l'écran ou trace du programme [39].

Dans notre cas, les programmes seront évalués selon leur sémantique opérationnelle en analysant leurs traces d'exécution sauvegardées dans des fichiers par redirection de flux de données. Ceci étant, il sera recommandé de respecter d'une manière stricte la présentation à l'écran des données et informations à afficher.

#### 4.3.2. Phase conceptuelle

L'objectif ici est de présenter l'architecture d'une application qui pourra d'une manière automatique évaluer un programme écrit en C. Cette application peut être de la famille client/serveur et on peut l'imaginer comme suit.

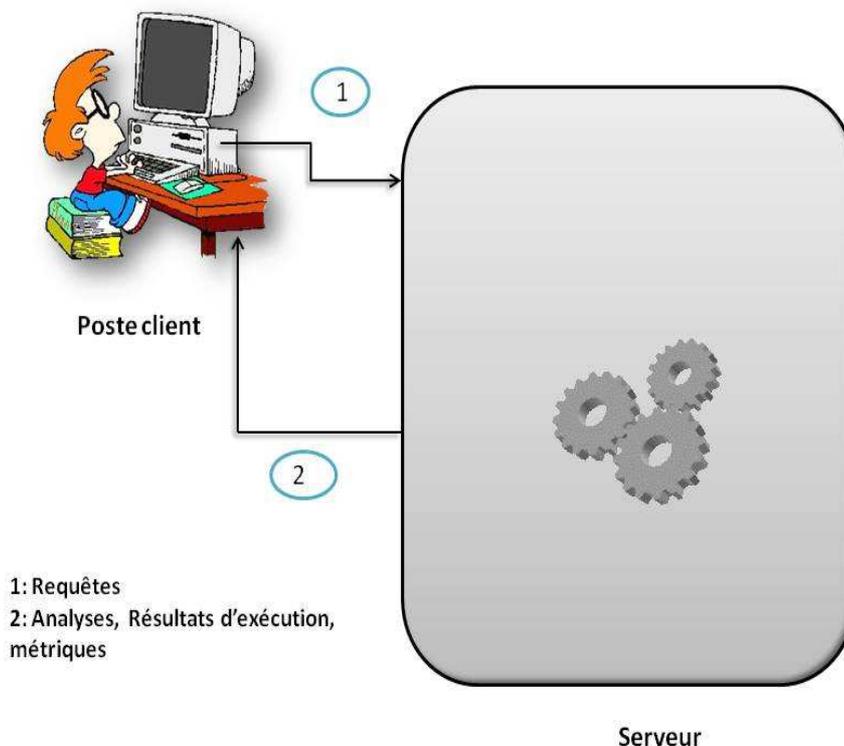


Figure 4.4: Architecture en mode client/serveur

C'est le concept du web based programming. En un premier lieu un utilisateur produit du code source en C suivant des recommandations dans un éditeur depuis une interface web. Ensuite il soumet son programme qui sera uploadé sur un serveur distant pour être évalué et exécuter. L'utilisateur reçoit après tout les résultats d'analyse ou de l'exécution sur son interface.

#### 4.3.3. Etude de la faisabilité

Une méthode simple et efficace qui s'est avérée fiable est l'interaction du PHP avec le Shell. En effet depuis les versions 4 et 5 du PHP, il est désormais possible d'exécuter une commande Shell à l'aide d'un script PHP [40]. Ceci pouvant se faire avec la fonction `Shell_exec` [41] du PHP qui prend en argument une commande à exécuter sous forme de chaîne de caractère.

```
string shell_exec (string $cmd);
```

`cmd` est la commande à exécuter

Ainsi donc l'application à concevoir peut présenter une architecture à deux niveaux dont le niveau le plus bas effectue les traitements avec du Shell.

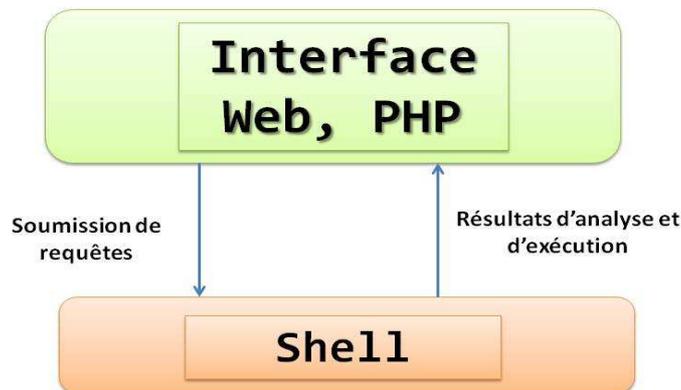


Figure 4.5: Interaction entre le Shell et le PHP

L'exemple suivant nous montre comment on peut utiliser la fonction `Shell_exec` pour exécuter du Shell et recevoir les résultats à partir d'une page web.

```
<?php
$output = shell_exec('ls -lart');
echo "<pre>$output</pre>";
?>
```

Une possibilité permettant de compiler un fichier source et d'afficher le résultat d'exécution du programme dans une page web est donné par le bout de code PHP suivant.

```
<?php
```

```

$commande= 'gcc -o -Wall monFichier.exe monFichier.c ' ' ' ;
$compilation=shell_exec($commande);
$execution=shell_exec(''./monFichier.exe'');
echo <pre>$execution</pre>;
?>

```

Remarque :

Il est important de savoir que sur un serveur, cette fonction est par défaut désactivée par le safemode. Le safemode étant le mode de sécurité de PHP.

#### i. Gestion de fichiers avec PHP

Le PHP dispose de fonctions incontournables pour lire, écrire et effectuer d'autres types de manipulations sur les fichiers [42]. On peut être en mesure de récupérer le code d'un programme entier édité dans une zone de texte, après soumission des données contenu dans un formulaire au serveur pour traitement. Ainsi l'on pourra écrire ou uploader sur le disque dur d'un serveur distant un fichier source portant une extension .c qui sera ensuite traité avec des outils logiciels installés sur le serveur pour évaluer le code source.

Parmi ces fonctions PHP de manipulations de fichiers celles qui peuvent nous être utiles sont : fopen pour ouvrir un fichier, fclose pour fermer un fichier, fwrite pour écrire dans un fichier, file\_get\_contents pour récupérer le contenu d'un fichier.

#### 4.3.4. Démarches Expérimentales

Dans cette partie, on se focalisera plus sur les traitements effectués au plus bas niveau avec du Shell. En C le fichier source porte une extension .c "nom\_programme.c" le compilateur utilisé pour compiler le code source est gcc<sup>35</sup>. La compilation d'un programme C valide produit un fichier exécutable portant une extension .exe.

En supposant que le fichier du programme produit par un apprenant s'appelle "exercice.c", le fichier d'entrée contenant les données avec les lesquelles les jeux d'essais seront exécutés se nomme "essai.in" et la sortie produite est "exercice.out" la ligne de commande de compilation en C que nous utiliserons est

```
gcc -Wall -O2 -o output.exe exercice.c
```

L'option -Wall active les messages d'erreurs au maximum qui méritent une attention particulière et en même temps prévient un nombre de bugs.

L'option O2 permet de produire un code plus performant est de gagner en vitesse d'exécution.

#### i. Les méthodes de redirection de flux

Les processus UNIX possèdent trois canaux de communication :

Canal de communication	Fichier	Numéro logique
Entrée standard	Stdin	0
Sortie standard	Stdout	1
Sortie d'erreur standard	Stderr	2

<sup>35</sup> GNU Compiler Collection, abrégé en GCC, est un ensemble de compilateurs créés par le projet GNU. GCC est un logiciel libre capable de compiler divers langages de programmation, dont C, C++, Objective-C, Java, Ada et Fortran

La redirection de ces canaux est très utilisée sous UNIX. Beaucoup de commandes écrivent leurs résultats par défaut sur la sortie standard, le moyen adéquat d'avoir ses résultats dans un fichier est de rediriger la sortie standard. D'autres commandes lisent sur l'entrée standard. Pour rediriger l'entrée standard, il faudra donc fournir le fichier contenant les données à traiter.

Comme de tradition les programmes vont lire et écrire les données sur les entrées et sorties standards avec les fonctions `scanf` et `printf` de la bibliothèque standard.

- Redirection de l'entrée standard (`stdin`)

La syntaxe de redirection de l'entrée standard est:

```
commande < nouvelle-entree-standard
```

Il est donc possible de rediriger l'entrée de toute commande devant lire les données depuis l'entrée standard pour que cette lecture se fasse dans un fichier contenant des données en utilisant l'opérateur de redirection "<"

- Redirection de la sortie standard (`stdout`)

La syntaxe de redirection de la sortie standard est :

<code>commande &gt; nouvelle-sortie</code>	Création/Réécriture
<code>commande &gt;&gt; nouvelle-sortie</code>	Ajout

La redirection de la sortie d'une commande devant écrire des données sur la sortie standard, est réalisée pour que l'écriture se fasse dans un fichier. Au cas où le fichier n'existe pas au moment où la commande s'exécute, le fichier de redirection est créé. Si le fichier existait, son contenu sera écrasé par la sortie standard de la commande. Par contre, si on souhaite que la sortie vienne s'ajouter à la suite du contenu initial du fichier, on utilise dans ce cas le double symbole ">>" au cas où le fichier n'existait pas, il sera créé.

- Redirection de la sortie d'erreur standard (`stderr`)

La syntaxe de redirection de la sortie d'erreur standard est faite de la façon suivante

<code>Commande 2&gt; fichier</code>	Création / Réécriture
<code>Commande 2&gt;&gt; fichier</code>	Ajout

On redirigera de même la sortie d'erreur standard dans un fichier. On utilise pour se faire les chaînes "2>" et "2>>" suivi du nom du fichier. Comme précédemment vue pour la redirection de la sortie standard les mêmes effets sont produits pendant ou après l'exécution de la commande; si le fichier n'existe pas, il est créé si non il est écrasé. On utilisera "2>>" pour que les messages de diagnostic viennent s'ajouter au contenu initial du fichier.

Dans la pratique, on utilisera deux fichiers différents pour contenir les messages de la sortie standard (`stdout`) et la sortie standard des erreurs (`stderr`).

- ii. Phase de test et jeux d'essais

Pour effectuer des jeux d'essai en testant les programmes, on va donc envoyer les données d'un fichier "essai.in" vers l'entrée standard du programme. Ensuite il faudra récupérer les résultats en redirigeant la sortie standard vers un fichier "exercice.out".

L'envoi des données du fichier "essai.in" sur l'entrée standard pour l'obtention des résultats dans la console est réalisé par la ligne de commande :

```
exercice.exe <essai.in
```

La redirection de la sortie du programme vers un fichier "exercice.out" est réalisée par la commande :

```
exercice.exe >exercice.out
```

Pour donner le fichier contenant les données de test sur l'entrée standard et écrire la sortie du programme dans un fichier, on le fait de la façon suivante :

```
output.exe <essai.in >exercice.out
```

### iii. Compilation et exécution des programmes

La première étape de l'évaluation d'un programme soumis est la compilation proprement dite du programme suivie du test. Si la compilation échoue, on va ensuite traiter le programme au cas échéant, ou retourner à la phase de pré compilation pour corriger le code.

En résumé :

```
Compilation du programme
Si compilation réussie
Alors tester le programme
Si non
Aller corriger le programme
```

### iv. La phase des tests

La validation d'un programme implique l'élaboration de jeux d'essai qui permettra de vérifier si la production d'un apprenant tient compte et obéit à toutes les spécifications demandées par le problème à résoudre.

Lorsque la codification d'une solution est terminée il est nécessaire de procéder à une vérification complète de celle-ci pour s'assurer qu'elle fournit les résultats attendus en sortie. Le plan de test se compose d'actions représentant les conditions dans les quelles opérera le programme.

Pour ce faire, il faut dans un premier lieu déterminer les résultats attendus. Dans le contexte d'une validation de production d'un étudiant, on définira les caractères et les formats données qui sont acceptés.

Les jeux d'essais se feront sur plus de situations possibles. Pour ces test en question, on définit les actions et sorties attendues en particulier les messages de confirmation ou éventuellement les messages d'erreurs.

Les situations prévues sont :

Programme valide : la production fournie est la solution recherchée, l'ordinateur applique les traitements désirés et le résultat en sortie est exact.

Programme non valide ou situation anormale ne respectant pas les spécifications : dans ce cas, l'ordinateur ne traitera pas ce programme. C'est l'occasion de détecter les erreurs de programmation et user des logs comme message de feed-back pouvant se révéler utile pour la localisation des erreurs qui est favorable à la progression de l'apprentissage.

Le jeu d'essai dans le contexte de l'évaluation des programmes écrits par les apprenants doit en effet permettre de vérifier aussi la présentation visuelle des données tant à l'écran que sur un papier. Le jeu d'essai doit permettre de découvrir les erreurs et les oublis. En bref, les jeux d'essais sont des tests à effectuer pour vérifier la solution de l'apprenant sur le plan fonctionnel du programme. Ils regroupent un ensemble de tests et les données utilisées à l'intérieur des programmes à évaluer.

Dans la pratique des choses, on doit disposer de plusieurs fichiers de test car un seul n'est jamais suffisant. Pour réaliser le test sur plusieurs fichiers tests, on utilisera par exemple les commandes :

```
exercice.exe <essai1.in
exercice.exe <essai2.in
exercice.exe <essai3.in
```

Pour une bonne traçabilité de l'évaluation des solutions, on affichera le contenu des fichiers de test et ensuite les résultats de l'exécution du programme.

### v. Comparaison de résultats

Si l'on souhaite comparer les résultats à partir d'un test unique produits par deux algorithmes distincts, il se révèle compliqué de vouloir essayer de comparer ces fichiers de sortie à la main et surtout dans le but d'automatiser l'évaluation d'un programme soumis au test on utilisera donc le programme "diff" qui est un programme disponible sous le système linux. Comme principe de fonctionnement, la fonction diff prend deux fichiers en entrée et montre ensuite la différence entre les deux fichiers en sortie; idéale donc pour la localisation des erreurs.

```
diff fichier1 fichier2
```

Pour plus de commodité et de souplesse dans l'évaluation d'une solution algorithmique par rapport à une solution experte, on utilisera les deux options -q et -w pour déterminer si le programme à évaluer passe le test ou non.

#### 4.3.5. Étude de cas pratique

Expérimentation en mode local : Supposons que nous travaillons sur un exercice simple dont l'énoncé est le suivant :

Écrire un programme en langage C qui prend en entrée 4 nombres entiers, calcul et affiche leur somme. A chaque entrée, le programme attend la saisie d'un nombre entier et l'affiche ensuite. La capture suivante donne un vue sur l'exécution correcte du programme dans une console.

```
Entrez un nombre entier :12
12
Entrez un nombre entier :3
3
Entrez un nombre entier :6
6
Entrez un nombre entier :34
34
La somme est: 55
```

L'objectif ici est de penser et de développer une méthode pour évaluer automatiquement une solution algorithmique proposée pour l'exercice précédent. Le mode opérationnel choisi pour notre étude de cas se base sur les jeux d'essais; désormais, il ne serait plus question qu'un utilisateur saisisse manuellement lors de l'exécution du programme les données (ici les 4 nombres dont on calculera la somme totale). Ce ci dans le souci d'éviter une présentation de données ayant un format inapproprié à l'évaluation proprement dite, à cet effet on apprêtera donc les données à utiliser dans un fichier.

##### i. Les données de jeux d'essai

Les données de jeux d'essai seront donc des valeurs numériques entières sauvegardées dans les fichiers qui seront utilisées dans les jeux d'essai du programme à évaluer. Dans notre cas nous allons exécuter quatre jeux d'essai successifs pour se prononcer sur la validité de la solution. Nous disposons de quatre fichiers comme suit :

*test1.in*

```
1
2
3
4
```

*test2.in*

```
13
```

```
90
65
88
```

*test3.in*

```
7
23
75
81
```

*test4.in*

```
15
9
6
3
```

## ii. Le programme expert

Un programme expert est un programme appartenant au plan solution; le plan solution est un ensemble de programmes qui vérifient et respecte de près les spécifications d'un problème d'algorithmique à résoudre. Un programme expert est supposé syntaxiquement valide et s'exécute normalement. Tout en gardant à l'esprit qu'un problème en algorithmique possède une multitude de solutions.

Nous tenons comme exemple de programme expert résolvant le problème précédent le modèle suivant :

```
#include <stdio.h>
int main()

{
int NOMBRE, SOMME, COMPTEUR;
/* Initialisation des variables */
SOMME = 0;
COMPTEUR = 0;
/* Lecture des données */
while(COMPTEUR < 4)
{
/* Lire la valeur du nombre suivant */
printf("Entrez un nombre entier :");
scanf("%d", &NOMBRE);
printf("%d\n", NOMBRE);
/* Ajouter le nombre au résultat */
SOMME= SOMME + NOMBRE;
/* Incrémenter le compteur */
COMPTEUR++;
}
/* Impression du résultat */
printf("La somme est: %d\n", SOMME);
return 0;}

```

## iii. les sorties de l'exécution du programme expert

En s'intéressant à la sémantique opérationnelle des programmes, on va donc observer les traces d'exécution du programme expert dont les flux de sortie ont été redirigés vers un fichier. L'exécution du programme expert sur quatre jeux d'essais fournit un enregistrement pour chaque jeu d'essai. On peut donc observer après exécution les résultats suivants

*test1.out*

```
Entrez un nombre entier :1
Entrez un nombre entier :2
Entrez un nombre entier :3
Entrez un nombre entier :4
La somme est: 10
```

*test2.out*

```
Entrez un nombre entier :13
Entrez un nombre entier :90
Entrez un nombre entier :65
Entrez un nombre entier :88
La somme est: 256
```

*test3.out*

```
Entrez un nombre entier :7
Entrez un nombre entier :23
Entrez un nombre entier :75
Entrez un nombre entier :81
La somme est: 186
```

*test4.out*

```
Entrez un nombre entier :15
Entrez un nombre entier :9
Entrez un nombre entier :6
Entrez un nombre entier :3
La somme est: 33:
```

#### iv. Critères d'évaluation d'un programme utilisateur

Tout programme provenant d'un utilisateur pour passer l'évaluation doit subir une phase de jeux d'essai au cours de laquelle on se prononcera sur la validité sa solution.

Dans notre conception, le programme passe le test si à chaque phase du jeu d'essai, il produit les mêmes traces d'exécution que le programme expert; c'est à dire que le programme d'une tierce personne et le programme expert sont équivalents du point de vue sémantique opérationnelle. Le fichier sauvegardant les traces d'exécution à une phase des jeux d'essai du programme à évaluer doit avoir un contenu identique à celui sauvegardant les traces du programme expert tous deux s'exécutant sur les mêmes données.

L'évaluation doit être faite d'une manière stricte si il y a une moindre différence entre les traces d'exécution du programme de l'utilisateur et du programme expert, cela implique à

attribuer un score nul (0%) à cette phase des jeux d'essai. Un score de 100% est attribué à l'utilisateur si son programme passe avec succès le test, le score global pour sa solution au problème est la moyenne arithmétique des scores obtenus à chaque phase du jeu d'essai.

#### 4.3.6. Analyse statique des programmes

L'analyse statique de programme désigne une variété des méthodes utilisées pour connaître des informations sur le comportement d'un programme lors de son exécution sans pourtant l'exécuter. Elle est utilisée dans le but de repérer des erreurs formelles de programmation ou de conception et aussi pour déterminer la facilité ou la difficulté à la maintenance du code [43].

Les erreurs détectées sont : les erreurs logiques, faille de sécurité, mélange entre la mémoire de l'espace noyau et de l'espace utilisateur et dépassement de tampon (buffer overflow)

Parmi les logiciels d'analyse statique de code nous essayerons Splint<sup>36</sup>, de la version 3.1.2 du 03 Mai 2009 [44].

Les anomalies que Splint peut détecter sont:

- Variables non utilisées ou utilisées avant leur initialisation
- Affectations dans les conditionnelles
- Boucle infinie, code non atteignable
- Fonctions ou arguments non utilisés
- Types incompatibles (par exemple sur les valeurs retournées)

Le programme ci dessous Calcule le n-ième terme  $U_n$  de la suite de FIBONACCI qui est donnée par la relation de récurrence:

$$U_1=1 \quad U_2=1$$
$$U_n=U_{n-1} + U_{n-2} \text{ (pour } n>2\text{)}$$

En considérant le code suivant on voit bien qu'il y a une erreur de type logique dans le premier test de condition if

```
#include <stdio.h>
int main(){
int U1, U2, UN;
/* pour parcourir la suite */
int N;
/* rang du terme demandé */
int I;
/* compteur pour la boucle */
do
{
printf("Rang du terme demandé : ");
scanf("%d", &N);
}
while(N<1);
U1=U2=1; /* Initialisation des deux premiers termes */
if (N=1)//erreur '=' au lieu de '==' erreur de type logique
UN=U1;
else if (N==2)
UN=U2;
else
```

---

<sup>36</sup> Secure Programming Lint

```

{
for(I=3; I<=N; I++)
{
UN = U1+U2;
U1 = U2;
U2 = UN;
}
}
return 0;
}

```

Le paradoxe est que la compilation simple de ce programme ne signale pas d'erreurs. Tout semble parfait.

Une analyse du code avec Splint nous donne des commentaires détaillés sur les erreurs accompagnés de recommandations pour les résoudre. En supposant que le fichier traité se nomme 'Fibonacci.c' la commande qui suit nous permet de lancer l'analyse statique est

```
splint -retvalint Fibonacci.c
```

L'option `-retvalint` permet d'ignorer certains logs concernant les valeurs de retours des fonctions de la bibliothèque.

```

Fibonacci.c: (in function main)
Fibonacci.c:18:5: Test expression for if is assignment expression: N = 1
  The condition test is an assignment expression. Probably, you mean to use ==
  instead of =. If an assignment is intended, add an extra parentheses nesting
  (e.g., if ((a = b)) ...) to suppress this message. (Use -predassign to
  inhibit warning)
Fibonacci.c:18:5: Test expression for if not boolean, type int: N = 1
  Test expression type is not boolean or int. (Use -predboolint to inhibit
  warning)

```

Il est des fois recommandé de coupler des outils différents d'analyse statique de programmes. Cela permet de débusquer d'autres erreurs et bugs potentiels qui n'ont été détectés au cours de la première analyse statique.

#### 4.3.7. Métrique du code

La métrique d'un code est la mesure d'une de ses propriétés comme par exemple le nombre de lignes de code. L'approche quantitative vise à extraire la qualité du code à partir de son analyse statique. Parmi les métriques courantes on peut citer le nombre de ligne de code, le nombre de méthodes par classe (pour la programmation orientée objet), le niveau d'abstraction et l'instabilité [45].

- Le ratio lignes de commentaires sur lignes de codes

Cette métrique est souvent utilisée dans le développement de logiciels pour avoir une vue sur la charge de travail comme un indicateur de la taille du projet. Cette métrique donne une indication capitale sur la qualité du code et peut être prise en compte comme un critère pour l'évaluation du code [46].

Mesure du ratio lignes de commentaires/lignes de codes avec Ohcount

Ohcount est un outil logiciel open source qui permet de faire des statistiques sur un code. Ohcount identifie les fichiers codes sources d'un grand nombre de langages de programmation et prépare des métriques concernant les lignes de commentaires, les blancs etc. Il peut établir des statistiques sur un fichier code source tout comme il peut le faire aussi sur tout un répertoire de projet de développement.

En reprenant le programme correcte et commenté qui calcul le n-ième terme de la suite de FIBONACCI

```
#include <stdio.h>
int main(){
    /* déclaration des variables */
    int U1, U2, UN;
    /* pour parcourir la suite */
    int N;
    /* rang du terme demandé */
    int I;
    /* compteur pour la boucle */
    do
    {
        printf("Rang du terme demandé : ");
        /*Lecture de la valeur de N*/
        scanf("%d", &N);
    }
    while(N<1);
    /* Initialisation des deux premiers termes */
    U1=U2=1;
    if(N==1)
        UN=U1;
    else if (N==2)
        UN=U2;
    else
    {
        /*calcul du n-ieme terme de la suite*/
        for(I=3 ; I<=N ; I++)
        {
```

```

UN = U1+U2;
/*Permutation des variables*/
U1 = U2;
U2 = UN;
}
/*Affichage de la valeur du n-ieme */
printf("Valeur du terme de rang %d : %d\n", N, UN);
}
return 0;}

```

La métrique du code lignes de commentaires/lignes de code avec Ohcount donne des résultats comme suit

Ohloh Line Count Summary						
Language	Files	Code	Comment	Comment %	Blank	Total
c	1	27	9	25.0%	3	39
Total	1	27	9	25.0%	3	39

On voit bien des statistiques qui sont données sur les lignes de commentaires, les blancs par rapport au nombre total de ligne du code.

Tout compte fait, l'évaluation en programmation dans un système d'évaluation automatique reste une chose difficile à mettre en œuvre. Du fait de la nature difficile de l'algorithmique elle-même, de la difficulté de conception des EIAH et des systèmes d'évaluation. Ce qui explique d'ailleurs la rareté des systèmes pareils. La plus part des systèmes d'évaluations en programmation utilisent des QCM car faciles à réaliser dans un bref délai. Certes des efforts sont fournis par des chercheurs qui s'intéressent à ce mode d'évaluation automatique mais ces travaux font office de boîte noire.

## *Conclusion*

L'évaluation est une étape incontournable dans un processus de formation et consiste en une interaction entre les apprenants et les formateurs. L'évaluation s'établit comme un pont entre la vie académique et la vie active ou professionnelle du monde réel. Dans ce cheminement l'évaluation ne voit plus les étudiants comme de simples étudiants mais comme des personnes et citoyens de la société.

Nous avons débuté nos travaux par une exploration du monde de l'enseignement traditionnel et les pratiques d'évaluation qui s'y rattachent. S'en est suivi un passage en revue de quelques outils informatiques qui interviennent dans le contexte de la formation et de l'apprentissage assistée par ordinateur, en étudiant de façon exhaustive leurs fonctionnalités, qui démontrent leurs performances et limites.

Dans notre travail nous nous sommes plus focalisés sur la thématique de l'évaluation dans les EIAH. Le constat est que l'évaluation elle même fait partie du cycle de la conception d'un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain. Quand à savoir ce l'on souhaite évaluer et comment s'y prendre pour le faire reste une question ouverte pour chaque concepteur.

De nos jours, des normalisations sont faites pour les technologies intervenant dans l'e-formation et l'évaluation dans le but de favoriser leur portabilité et leur interopérabilité vers d'autres plates formes homologues.

En dépit des efforts réalisés jusqu'à présent dans le but d'automatiser tous les processus de formation et d'évaluation des apprenants, une intervention humaine est malgré tout indispensable pour une meilleure coordination des activités et une évaluation optimale.

Au cours de nos travaux, nous avons déployé et essayé certaines applications utilisées dans la formation et l'évaluation assisté par ordinateur dans le cadre d'une étude pratique à l'évaluation en ligne et de sa problématique. Le cas particulier de l'évaluation en programmation C est traité dans une réalisation pratique dont les détails s'y trouvent en annexe du document.

L'évaluation dans un EIAH de l'algorithmique et la programmation pose un problème très complexe à deux niveaux. En premier au niveau des processus et choix des outils de conception de l'EIAH lui même et ensuite des difficultés que regorge la discipline de l'algorithmique et de la programmation. Ceci peut expliquer le constat selon lequel les systèmes d'évaluation en programmation disponibles ont des fonctionnalités simplifiées et offrent des tests sous forme de QCM ou de réponses brèves.

Dans la conception d'un EIAH il est primordial d'étudier l'utilisabilité des outils entrant dans l'implémentation du système. Pour l'évaluation en programmation C nous sommes intéressés à quelques outils du monde du freeware et de l'industrie logiciel qui peuvent entrer dans la constitution d'une application dédiée à cet effet.

En dernier lieu, nous avons conçu un processus d'évaluation des programmes en C s'appuyant sur le principe des jeux d'essai et de la sémantique opérationnelle des langages de programmation. Nos travaux resteront pour le moment en mode expérimental. La perspective en vue est de mettre sur pied un système d'évaluation automatique des programmes en C écrits par des étudiants.

# Annexe

## Étude de cas pratique et Problématique

Dans un contexte d'étude pratique, nous avons conçu et déployé un système d'évaluation basé sur le principe des quizz en ligne. Les modes d'évaluations sont du type exercice à trous qui consiste à compléter un programme, exercice de type développement détecter les erreurs contenus dans un programme et les corriger en reprenant le code et d'obtenir sa version correcte.

Le système est réalisé essentiellement grâce aux Technologies du web comme HTML, PHP, JavaScript. Ce site se présente comme à l'accoutumé d'une page d'accueil.

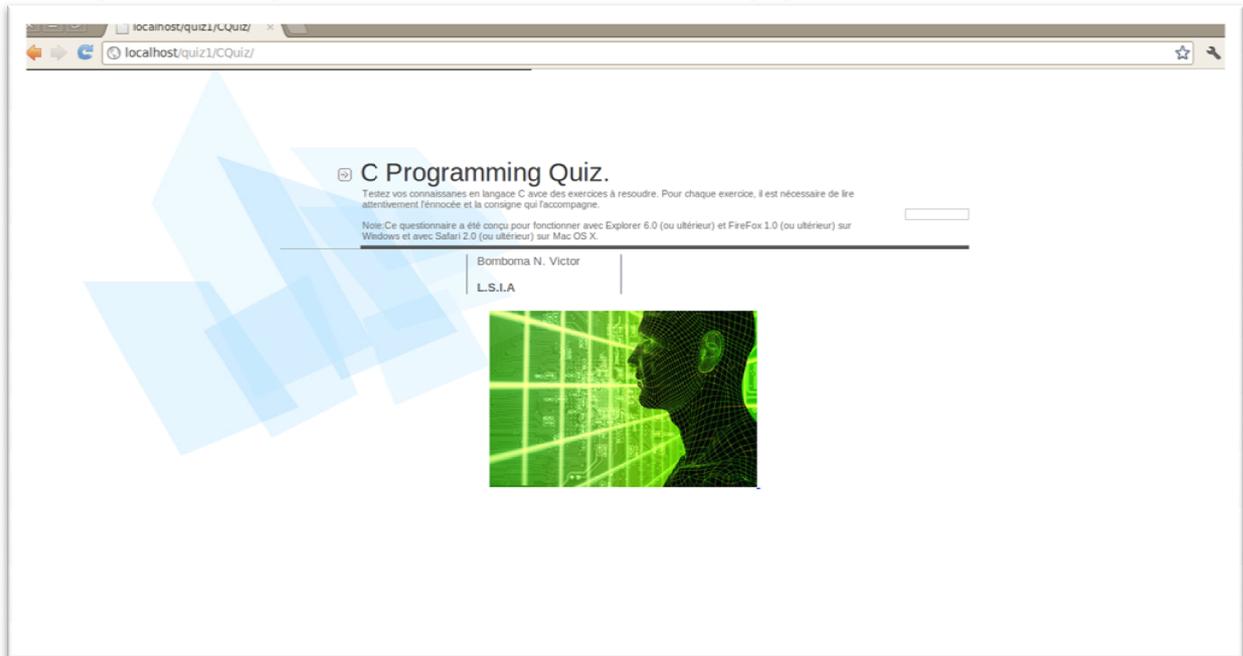


Figure a.1 : page d'accueil

Ce système comprend des exercices du type programme à trous. L'objectif de ce genre d'exercice est d'aider un débutant à adopter un modèle 'algorithme résolvant un problème posé, en complétant un programme. Ensuite de maîtriser les mots clés du langage de programmation et de savoir bien les utiliser.

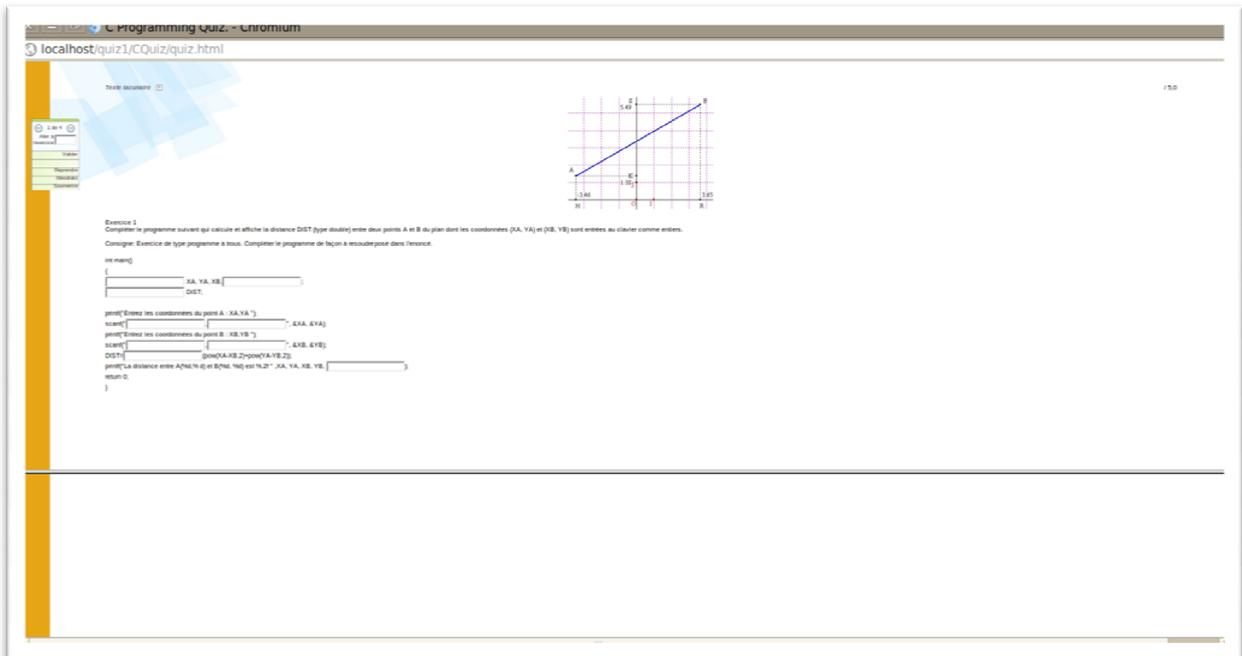


Figure a.2: exercice de type programme à trou

### Des exercices de type correction

Il s'agit de faire participer l'esprit critique de l'intéressé à détecter certaines erreurs volontairement omis et de les corriger, il participe donc à une sorte de révision de code. L'objectif de ce genre d'exercice est d'amener un étudiant de concevoir une logique des instructions et de la respecter.



Figure a.3: Exercice de type correction

Nous allons maintenant suivre un étudiant fictif qui va essayer de résoudre une série d'exercices qui lui est proposée. La première étape consiste d'abord à s'inscrire dans la base de données en remplissant les champs d'un formulaire

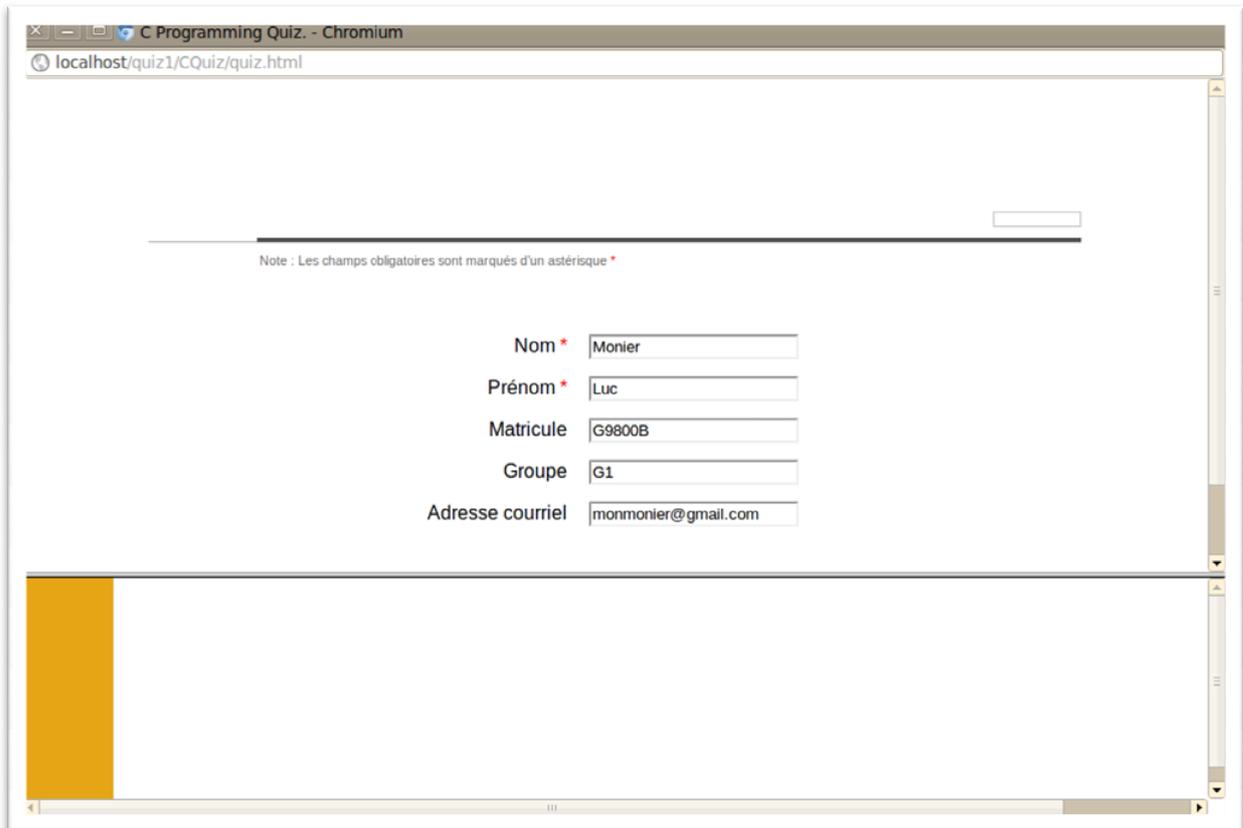


Figure a.4: Formulaire d'inscription

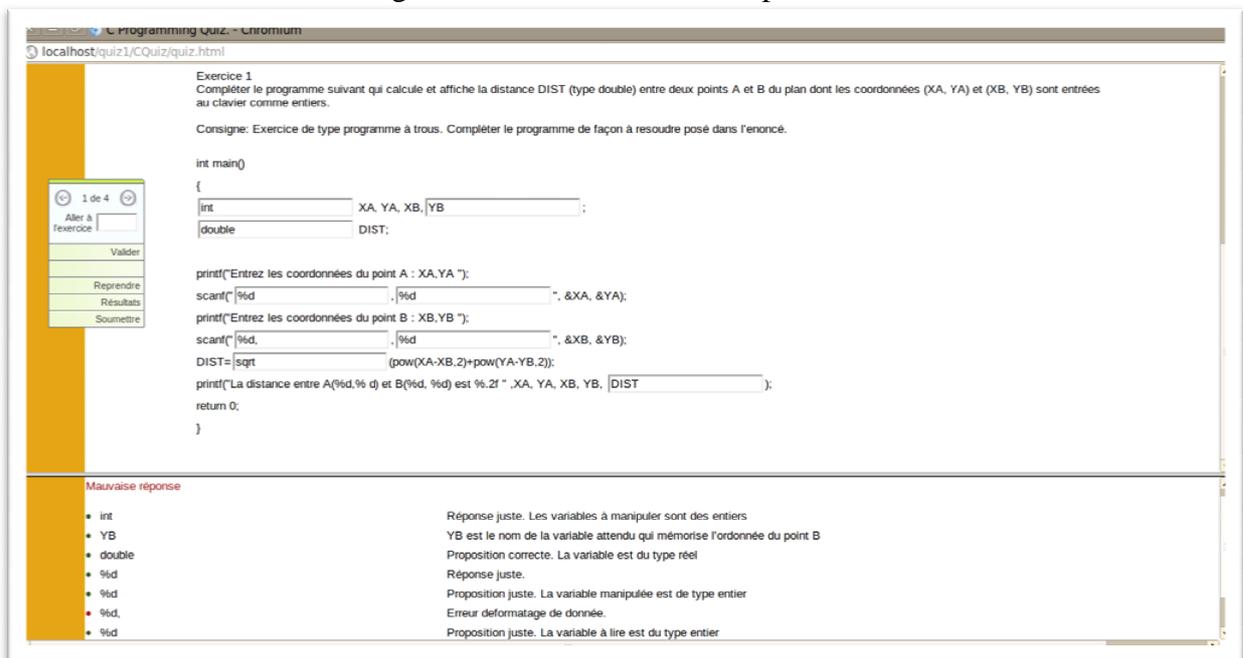


Figure a.5: Résolution d'un exercice du type programme à trous

Après avoir complété le programme et l'ayant validé à partir du menu à gauche on obtient un feedback instantané qui est une sorte de correction automatique. Les bonnes et fausses réponses sont automatiquement signalées respectivement identifiables par des points verts et rouges.

Résolution d'un exercice du type programme à corriger

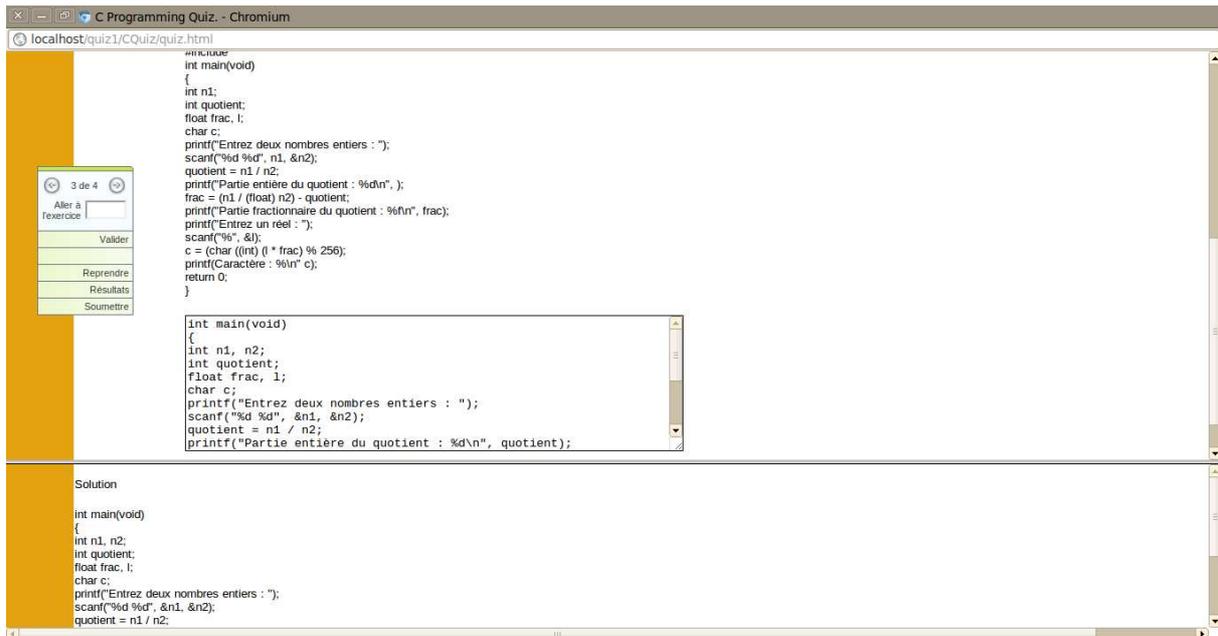


Figure a.6 : correction d'un exercice de type correction

Après avoir repris le code source et vérifier le programme dans sa logique de conception, on corrige un programme et détectant les erreurs glissés. En validant l'exercice on obtient une proposition de la solution correcte du programme. On permet ainsi donc à l'utilisateur de comparer sa proposition à la solution. Cela se révèle utile pour détecter facilement les erreurs commises au moment de la résolution. On note en passant que la localisation de l'erreur est source de progrès en apprentissage.

A la fin de la série d'exercices du test on peut observer sous forme d'un tableau les statistiques par exercice traité, et le score global obtenu lors du test. La fenêtre du test se ferme automatique après soumission au serveur des résultats.

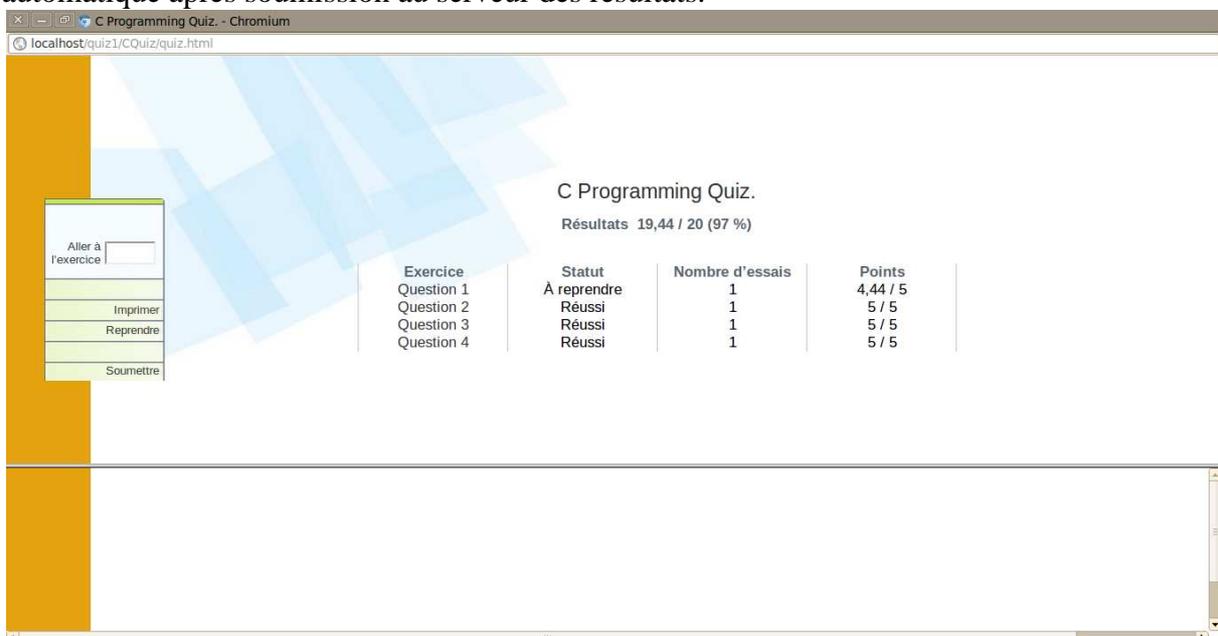


Figure a.7 : statistiques des résultats détaillés en fin de test

Dans notre cas, l'administrateur du système s'identifie au formateur. Pour avoir accès à la console d'administration, il a besoin de renseigner son login et son mot de passe.

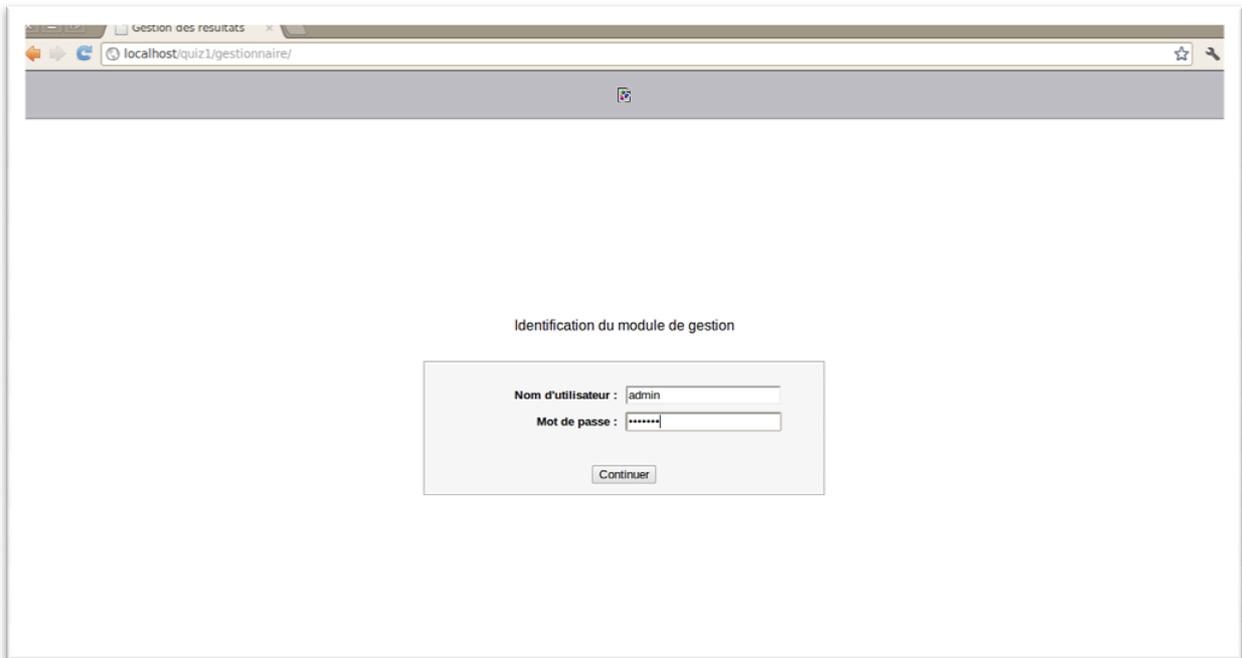


Figure a.8 : authentification de l'administrateur

Dans son interface l'administrateur a accès à la liste des tests disponible. Il peut y effectuer des opérations de modifications comme, ajouts d'exercice, suppression et de mise à jour.

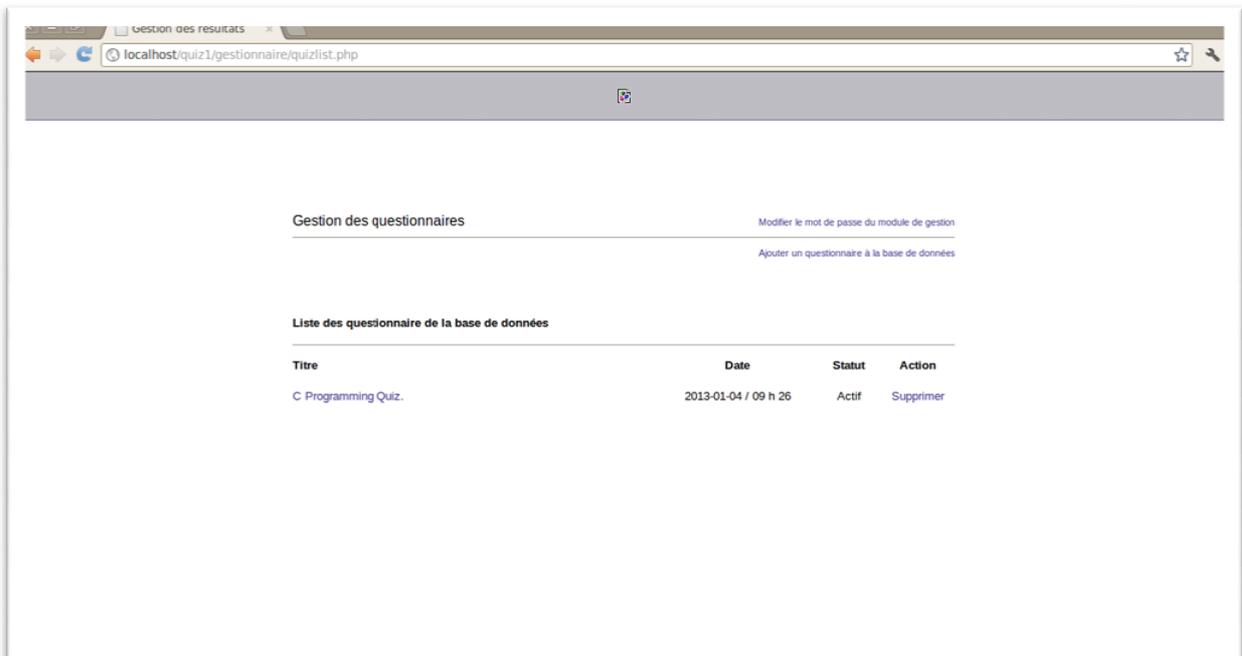


Figure a.9 : tableau de bord des performances des utilisateurs

Par test, l'administrateur dispose d'un tableau de bord qui lui donne des informations sur les répondants au test et leur score global obtenu. Il a aussi la possibilité de visualiser les détails sur les réponses des utilisateurs. Il peut donc à la suite préparer une liste de remarques et de recommandations qu'il peut envoyer aux intéressés.

The screenshot shows a web browser window with the following content:

**Gestion des resultats - Chromium**  
 localhost:quiz1/gestionnaire/viewparticipantdetail.php?idquiz=1&idparticipant=27

**Matricule :** G9800B      **Courriel :** monmonier@gmail.com  
**Nom :** Monier      **Groupe :** G1  
**Prénom :** Luc      **Soumission :** 2013-01-22 / 20 h 48

**Résultat :** 19,44 / 20 (97 %)  
**Statut :** Actif >> [Modifier](#)

N°	Titre	Type	Points	>> Points modifiés
1	Exercice 1	Texte lacunaire	4,44 / 5	4,44 / 5

**Énoncé**  
 Exercice 1  
 Compléter le programme suivant qui calcule et affiche la distance DIST (type double) entre deux points A et B du plan dont les coordonnées (XA, YA) et (XB, YB) sont entrées au clavier comme entiers.

Consigne: Exercice de type programme à trous. Compléter le programme de façon à résoudre posé dans l'énoncé.

**Réponse**  
 Mauvaise réponse.

- int
- YB
- double

Figure a.10 : détails du test passé par un utilisateur

Les limites d'un système pareil:

Malgré le dynamisme qui est offert, la routine sera au rendez vous et par après de la vétusté. En plus des utilisateurs peuvent se communiquer les bonnes réponses rendant donc inévitables l'évaluation. Le problème au quel on se heurte est de ne pas pouvoir connaître le comportement des programmes dans les types d'exercice corriger un code source. Des points peuvent être accordés gratuitement pour un exercice mal résolu. Ces limites vont nous pousser à réfléchir sur une autre technique d'évaluation en matière de programmation comme traité dans le chapitre 4.

## Bibliographie

- [1] Jean Houssaye, Le triangle pédagogique, Peter Lang, 2000
- [2] Guillaume DURAND, La scénarisation de l'évaluation des activités pédagogiques utilisant les Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain, 2006
- [3] Michel GRABISH, Evaluation subjective, Université Paris I-Panthéon-Sorbonne
- [4] Heather V. O'BRIEN, Meredith B. MARKS, Bernard CHARLIN, Le feedback (ou rétroaction) : un élément essentiel de l'intervention pédagogique en milieu clinique
- [5] D. Leclercq, Edumétrie et docimologie, 2005, Editions de l'université de Liège
- [6]. Piéron Henri, Examens et docimologie, 1969, Presses universitaires de France
- [7] Jean-Paul ROUX, Approche socio-constructiviste de la cognition humaine et des situations d'enseignement-apprentissage: une formation de formateurs en IUFM, IUFM d'Aix-Marseille et Centre de Recherches PsyCLÉ, Université de Provence
- [8] M.P. Poggi Combaz, L'évaluation scolaire. Ressource pédagogique pour la licence du sport, mention éducation et motricité de l'université de franche-comté, Technical report, mise à jour en avril 2006
- [9] Elie Michel, Le fossé numérique l'Internet, facteur de nouvelles inégalités? Problèmes politiques et sociaux, La Documentation française, n°861, août 2001, p. 32
- [10] Antoine AUGUSTI, Les nouvelles technologies de l'information et de la communication accentuent-elles notre stress?, INSA Rouen
- [11] Francis Bangou, Intégration des TICE et apprentissage de l'enseignement : une approche systémique, 2006, ALSIC, Vol 9, 145-159.
- [12] M. Hartwell, Une analyse Bakhtinienne du genre en didactique de l'anglais de spécialité, 2010, Actes du 3èmes RJC en EIAH , Page 20-26, Lyon
- [13] Maurice Fleury, l'enseignement assisté par ordinateur: que faut-il en penser?, Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval
- [14] SOM NAIDU, E-Learning A Guidebook of Principles, Procedures and Practices, 2nd Revised Edition, 2006, CEMCA
- [15] Pierre Georis, L'apprentissage en ligne et la formation continue e-Learning et nouvelles pratiques d'apprentissage, septembre 2005, Note d'éducation permanente N°20
- [16] Rapport de mission sous la direction de Michel Averous et Gilbert Touzot, Campus numériques enjeux et perspectives pour la formation ouverte et à distance, avril 2002, Technologies pour l'éducation
- [17] Fabien Fenouillet, Moïse Déro, Le « e-learning » est-il efficace ? Une analyse de la littérature anglo-saxonne, 2006, L'Harmattan
- [18] Éric Sanchez, Muriel Ney et Jean-Marc Labat, «Jeux sérieux et pédagogie universitaire: de la conception à l'évaluation des apprentissages», Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire/International Journal of Technologies in Higher Education, vol. 8, n° 1-2, 2011, p. 48-57.
- [19] Claudine GARCIA-DEBANC, Evaluer L'Oral, IUFM de Toulouse, INRP, Novembre 1999
- [20] Joël LECHEVALLIER, Règles d'élaboration d'une évaluation par Questions à Choix Multiple, 2007, Rapport d'activité 2007, CHU Hôpitaux de Rouen
- [21] Emmanuelle DUCHIRO, Atouts, limites et exploitations potentielles du choix fourni dans les logiciels de langue, ALSIC (Apprentissage de Langues Systèmes)

- [22] Lucie Audet, « Les pratiques et défis de l'évaluation en ligne », Réseau d'Enseignement Francophone à Distance du Canada (REFAD), 2011, p 23
- [23] Charnet, C. (2006) «La soutenance à distance dans un master professionnel en ligne : analyse ethnographique d'une pratique évaluative», International Journal of Info & Com for Decision, 25, 1-12
- [24] Camille Capelle, La correction de copies d'examens du support papier à la gestion par ordinateur, Laboratoire PRAXILING, UMR5267 Université de Montpellier 3
- [25] Daniel K. Schneider, Normes pédagogiques et langages de modélisation pédagogique, 2007, Technologies Internet et Education
- [26] Thierry Nodenot, Etude du potentiel du langage IMS-LD pour scénariser des situations d'apprentissage : résultats et propositions, Laboratoire LIUPPA, IUT de Bayonne
- [27] Rosa María GÓMEZ DE REGIL, Présentation des standards : (LOM) – Learning Object Metadata, Insa Lyon, 2004
- [28] Oubahssi L, Grandbastien M ., Un modèle pour améliorer l'interopérabilité des données pédagogiques apprenant, 2007, EIAH2007, Lausanne(Suisse)
- [29] Patrice NADAM, Devoirs, notes et cours en ligne avec Moodle, 2009, Médialog N°70
- [30] Robert Fentress, An Introduction to SCORM, Institute for Distance & Distributed Learning (IDDL), 2004,
- [31] Aignaert C. Étude de l'évolution des méthodes d'apprentissage et de programmation, le bulletin de L'EPI N° 50, juin 1988
- [32] Kaasboll, J., Learning Programming. 2002, Université de Oslo
- [33] Nicolas Guibert, Laurent Guittet, Patrick Girard, Apprendre la programmation par l'exemple : méthode et système, Proceedings of the 17th international conférence on Francophone sur l'Interaction Homme-Machine 2005
- [34] AIOUNI Rym, BENSEBAA Tahar, BENSALEM Hana, Approche d'évaluation de l'algorithmique dans un EIAH, 2010
- [35] Michel Divay, Algorithmes et structures de Données Génériques, 2e édition, Dunod, 2004
- [36] Sorlin, S., Sammound, O., Solnon, C., Jolion, J.-M., « Mesurer la Similarité de Graphes », Actes des 6e journées francophones Extraction et Gestion des Connaissances 2006, Atelier ECOI 2006, janvier 2006, p. 21-3
- [37] J.-P FINANCE, Une formalisation de la sémantique des langages de programmation, Revu française d'automatique, informatique, recherche opérationnelle. Informatique théorique, tome 10, n° R2 (1976), p.5-32.
- [38] Pierre Crescenzo, un modèle pour paramétrer la sémantique opérationnelle des langages à objets - Application aux relations inter-classes, thèse de l'Université de Nice Sophia-Antipolis, 2001
- [39] Sandrine Blazy, Sémantiques formelles, Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, Université d'Évry Val d'Essonne
- [40] Éric Daspet Cyril, Pierre de Geyer, PHP 5 avancé 4e édition, Editions Eyrolles
- [41] Mehdi Achour, Friedhelm Betz et al., Manuel PHP 5, Édité par Philip Olson, 2012
- [42] François-Xavier Bois, PHP 5 Le guide complet, Édition Micro Application, 1 ère

- édition, 2007
- [43] David Pichardie, Sécurité des logiciels et analyse statique, Projet Lande, INRIA Rennes - Bretagne Atlantique
  - [44] David Evans, David Laroche, David Evans, Splint Manual, Secure Programming Group University of Virginia
  - [45] HAMZA Salma, Mémoire de Master recherche en informatique, Architecture et Ingénierie Logicielles des systèmes Autonomes et Adaptatifs, 2011, Ecole Nationale Supérieure de Bretagne Sud
  - [46] Daniel M. German, Yuki Manabe, Katsuro Inoue, a Sentence-Matching Method for Automatic License Identification of Source Code Files, University of Victoria, Canada, Osaka University, Japan

## Autres ressources bibliographiques

- Emmanuel Kant, Traité de Pédagogie, traduction de Jules Barni)
- Bartram D. and Hambleton R. K. (2006) Computer-Based Testing and the internet. Issues and Advances, John Wiley & Sons, Ltd
- Moodle for Teachers, Trainers and Administrators
- Neoptec, Manuel de prise en main de QCM Direct 5
- Neoptec, Documentation officielle de la plate forme Viatique ePass
- CCDMD (Centre Collégial de Développement de Matériel Didactique), Documentation Netquiz Pro 2.9, Version sommative
- Denis Bouhineau, François Puitg, Évaluations de solutions d'exercices d'algorithmique «à la main» versus «automatiques par jeux d'essai», Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) Université de Grenoble (Grenoble-I, Univ. J. Fourier)
- Véronique Bondaz, Pascal Bouron Troumad, Introduction aux algorigrammes, 2007
- Sylvain BAUDRY, Introduction à UNIX et à la programmation Shell
- Eric Sanchis, Introduction à la programmation en Bash
- Mendel Cooper, Advanced Bash Scripting Guide

Année Universitaire 2012-2013

Master des Systèmes Intelligents et Réseaux

# **Études des systèmes d'évaluations et de correction automatique, implémentation du cas : évaluation de la programmation en langage C**

Réalisé par BOMBOMA Nawab Victor

## **Résumé**

Ce travail a été réalisé dans le cadre du stage de fin d'études du Master Systèmes Intelligents Réseaux, effectué au sein du Laboratoire de systèmes Intelligents et Applications L.S.I.A de la Faculté des Sciences et Techniques de Fes.

L'informatique appliquée à l'apprentissage et l'enseignement se vulgarise d'une manière considérable à notre époque sous l'effet de plusieurs facteurs comme l'essor technologique qui induit un faible coût des outils techniques, leur production en masse et leur facilité d'utilisation. Entre autre, l'évolution des connaissances scientifiques, la demande sociale ou encore l'évolution des méthodes des enseignants et des élèves adaptables à certaines conditions n'en sont pas du reste.

C'est dans ce remue-ménage que les TICE (Technologies de l'Information et de la Communication appliquées à l'Enseignement) offrent des possibilités d'évaluation des connaissances et l'automatisation de la correction des tests. A cet effet, les environnements informatiques offrent une diversité de formes d'évaluation parmi celles ci, des évaluations de type formatif et sommatif suivant les besoins de l'établissement de formation et des apprenants.

Dans notre travail, nous essayerons d'étudier et de la faire la synthèse sur des moyens technologiques qui offrent en notre temps des supports d'évaluation. Nous nous intéresserons ensuite à l'étude du cas de l'évaluation en programmation C et des possibilités pour sa mise œuvre. En un premier temps il nous est tout à fait primordiale d'entrer dans l'état de l'art des choses en faisant l'état des lieux dans l'enseignement traditionnel et l'évaluation des connaissances accompagnant cette activité.

### **MOTS CLÉS**

Enseignement, apprentissage, évaluation, TICE (Technologies de l'Information et de la Communication appliquées à l'Enseignement), LMS (Learning Management Système), CAT (Computer Adaptive Testing), e-learning, EIAH (Environnement Informatique pour l'apprentissage Humain), Evaluation en ligne, Algorithmique, Programmation.