

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

العلمياالبحثولعالياالتعليموزارة

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté des Sciences de l'ingénieur
Département d'Informatique

Année 2019/2020

Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3ème Cycle LMD

intitulé
Utilisation des ontologies dans un EIAH

Option : Ingénierie de la Connaissance (*I.C*)

Par :
TEIMZIT Amira

DIRECTRICE DE THESE :

MAHNANE Lamia - MCA Université Badji Mokhtar - Annaba

Co DIRECTEUR DE THESE :

HAFIDI Mohamed - MCA Université Badji Mokhtar - Annaba

Devant le Jury

PRESIDENT:

KIMOUR MED. TAHAR Pr. Université Badji Mokhtar - Annaba

EXAMINATEURS :

LAFIFI YACINE Pr. Université 8 Mai 1945 - Guelma

TALEB Nora MCA Université Badji Mokhtar - Annaba

Remerciement

Tous d'abord, mes remerciements vont à DIEU le tout puissant de m'avoir donné la force et le courage de mener à terme ce projet de recherche.

*Dans un second temps, je tiens à remercier de tout mon cœur ma directrice de thèse, **Dr MAHNANE Lamia**, pour la confiance qu'elle m'a accordée, pour ses conseils avisés et son perpétuel encouragement. C'est à ses côtés que j'ai compris ce que rigueur et précision signifient.*

*Un grand Merci aussi à mon co-directeur de thèse, **Dr HAFIDI Mohamed**, pour ses judicieuses remarques qui ont fortement enrichi mon parcours.*

Je suis honorée d'avoir eu la chance de travailler à leur côté, car en plus de l'appui scientifique qu'ils m'ont apporté, ils ont toujours été là pour me soutenir et me guider tout au long de l'élaboration de ce travail de recherche.

*Je tiens aussi à remercier les membres du jury : **Pr. KIMOUR Med Tahar**, **Pr. LAFIFI Yacine** et **Dr TALEB Noura**, pour avoir bien voulu évaluer notre travail de thèse et contribuer à sa concrétisation.*

Je tiens à remercier particulièrement tous les enseignants du département d'informatique pour tous les enseignements enrichissants qui m'ont offert tout au long de mon cursus universitaire et surtout pour m'avoir ouvert une nouvelle fenêtre d'espoir.

*Il m'est impossible d'oublier **Mlle KHELFI Amira** pour son aide précieuse. Elle a toujours fait tout son possible pour m'aider et je lui souhaite un grand succès pour son projet de doctorat.*

*Je remercie également toute l'équipe de la **SARL RYM SERVICES EXPRESS** pour leurs patiences, soutien et encouragements.*

Mes derniers remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce projet de recherche.



À mes chers parents pour leurs encouragements et soutiens
À tous les membres de ma famille grands et petits pour leur
présence
À tous ceux que j'aime !



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	i
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
Résumé.....	1

Introduction

<i>Contexte général de recherche</i>	6
<i>Problématique</i>	7
<i>Méthodologie de recherche</i>	10
<i>Objectifs à atteindre</i>	11
<i>Organisation du manuscrit</i>	12

Chapitre 1 : Environnement Informatique d'Apprentissage Humain EIAH

1. Introduction :	16
2. Définition	16
3. L'évolution historique de la formation à distance :	17
3.1. Enseignement par correspondance :	18
3.2. Enseignement télévisé et modèle industriel :	18
3.3. Enseignement à distance interactif :	19
3.3.1. Enseignement programmé	19
3.3.2. <i>EAO ... IA ... EIAO ... Tuteur Intelligent</i>	20
3.3.3. Hypertextes et hypermédia	21
3.3.4. Les Environnements informatique d'apprentissage humain EIAH .	22
4. Positionnement en ingénierie des EIAH	23
4.1. Les EIAH entre la science et l'application :	23
4.2. Les EIAH en tant qu'environnements interactifs de connaissance	24
5. Les besoins des EIAH	24
5.1. Besoin d'une représentation explicite et formelle :	24
5.2. Besoin de partager la connaissance :	25

5.3. Besoin d'une assistance pour le design pédagogique :.....	25
5.4. Besoin d'indexer des objets pédagogiques :.....	25
6. Les avantages majeurs :.....	25
Conclusion	27

Chapitre 2 : Les ontologies dans le domaine des EIAH

1. Introduction	31
2. Notion d'ontologies	32
2.1. Définition :.....	32
3. Constituants d'une ontologie.....	33
3.1. Concepts.....	34
3.2. Relations	35
3.3. Fonctions	35
3.4. Règle	35
3.5. Instances	35
4. Pourquoi développer une ontologie ?	36
5. Typologie d'ontologie	37
5.1. Typologie selon l'objet de conceptualisation.....	37
5.2. Typologie selon le niveau de détail de l'ontologie	38
5.3. Typologie selon le niveau de complétude.....	39
5.4. Typologie selon le niveau du formalisme.....	40
6. Le cycle de vie des ontologies	40
7. Fondements de l'ingénierie ontologique.....	42
7.1. Principes	42
7.2. Méthodologies de construction d'ontologies	43
8. Usages des ontologies.....	44
Conclusion	46

Chapitre 3 : La théorie de la classe inversée

1. Introduction.....	51
2. La Classe inversée et l'enseignement inversé	52
3. Définition :.....	53
4. Revue de la littérature.....	56
4.1. Une salle de classe inversée	56
4.2. La classe inversée pour l'apprentissage de l'algorithme	57
4.3. Discussion	59

5.	Naissance et évolution de la classe inversée	60
5.1.	La différence entre la taxonomie de Bloom et taxonomie révisée de Bloom.....	60
5.2.	Taxonomie révisée de Bloom :	61
6.	La pédagogie de classe inversée	63
6.1.	Qu'est-ce que la pédagogie de classe inversée ?.....	63
6.2.	L'organisation d'une séance d'apprentissage en mode inversé	65
6.3.	Les besoins d'apprentissage en classe inversée	67
6.3.1.	L'apprentissage inversé exige des environnements flexibles.....	67
6.3.2.	L'apprentissage renversé exige un changement dans la culture d'apprentissage	68
6.3.3.	L'apprentissage inversé exige un contenu intentionnel.....	68
6.3.4.	L'apprentissage inversé exige des enseignants professionnels.....	69
6.4.	L'intérêt des outils utilisés :	69
6.4.1.	Quels outils peuvent - être utilisés ?	70
6.4.2.	Quel intérêt donner aux divers outils ?	71
7.	Réponse à quelques critiques récurrentes sur la classe inversée	71
7.1.	Les apprenants ne vont pas regarder les vidéos.....	72
7.2.	La classe inversée s'appuie sur/augmente les inégalités	72
7.3.	Le manque d'interactivité.....	73
7.4.	La classe inversée accroît le temps passé devant un écran pour les élèves.....	73
7.5.	La classe inversée accroît le temps consacré aux devoirs	74
7.6.	La classe inversée ne remet pas véritablement l'élève au cœur de l'apprentissage	74
8.	Les avantages des classes	74
8.1.	Renforcement de la relation entre l'enseignant et les apprenants	74
8.2.	Libérer du temps en classe pour utiliser plusieurs techniques pédagogiques	75
8.3.	Développement de l'autonomie des apprenants	75
8.4.	Un environnement d'apprentissage plus agréable.....	75
8.5.	Aider à améliorer la qualité d'apprentissage.....	76
9.	Les inconvénients des classes inversés	77
9.1.	Nécessite du travail de mise en place.....	77
9.2.	Nécessite plus d'organisation.....	77
9.3.	On ne rattrape pas forcément TOUS les élèves.....	77

10. Discussion.....	78
Conclusion	79

Chapitre 4 : Conception d'un EIAH à base d'ontologie pour une classe inversée

1. Introduction.....	83
2. Conception du système	83
2.1. Objectif du système.....	83
2.2. Étude des besoins fonctionnels.....	83
2.3. Les fonctions offertes par le système	84
2.4. Rôle du système et les acteurs	85
2.4.1. Rôle administrateur.....	85
2.4.2. Rôle des enseignants.....	85
2.4.3. Rôle de l'apprenant	85
3. Modèle du domaine :	85
3.1. Approche de modélisation du modèle de domaine :	86
3.3. Construction de l'ontologie « OntoAlgo » selon METHONTOLOGY	88
a. Spécification des besoins.....	89
b. Conceptualisation	90
c. Formalisation	100
d. Codification	101
4. Modèle de l'apprenant :	108....
3.2.1. Approche de modélisation du modèle apprenant :	109
Conclusion.....	109

Chapitre 5 : Conception d'une classe inversée d'algorithmique

I. Conception d'une classe inversée.....	113
1. Introduction	113
2. Modèle de classe inversée d'algorithmique :	114
3. Plate-forme d'apprentissage de classe algorithmique inversée.....	115
3.1. Objectifs.....	115
3.2. Théorie de la taxonomie révisée de Bloom dans un cours algorithmique.....
4.2. Conception de la classe inversée révisée par la théorie de Bloom	117
4.3. Conception d'une vidéo pédagogique :	121
Conclusion :	121

II. Conception du prototype de classe inversée d'algorithmique AlgoToLearn	
1. Introduction	122
2. Démarche et objectifs pédagogiques d'AlgoToLearn	122
3. Architecture d'AlgoToLearn.....	124
Conclusion	126

Chapitre 6 : Implémentation et évaluation d'une classe inversée d'algorithmique

I. Implémentation de la classe inversée d'algorithmique	128
1. Introduction :	129
2. Conception de l'environnement AlgoToLearn :	129
2.1. Interface enseignant :	129
2.2. Interface apprenant :	130
II. Évaluation de la classe inversée d'algorithmique	132
1. Introduction	132
2. Participants et procédure.....	132
a. Expérience d'apprentissage pour la classe inversée	133
b. Expérience d'apprentissage pour la classe traditionnelle	135
c. Post-test	135
3. Résultats	136
a. Prétest	136
b. Post-test	136
4. Sondage auprès des apprenants et évaluation	137
5. Discussion	139
a. Impact sur l'apprentissage algorithmique de l'apprenant	140
b. Perceptions des apprenants	140
Conclusion	141

<i>Conclusion générale & travaux futurs</i>	142
---	-----

<i>Bibliographie</i>	145
----------------------------	-----

LISTE DES FIGURES

Figure I : Schéma de l'organisation du manuscrit	09
Figure 2.1 : Le triangle du sens selon (Uschold M. & King M., 1995)	38
Figure 2.2. Cycle de vie d'une ontologie	46
Figure 3.1. Pyramide de la taxonomie de Bloom	61
Figure 3.2. Changements de terminologie "Le graphique est une représentation du NOUVEAU verbage associé à la taxonomie familière de Bloom depuis longtemps. Notez le passage de Noms à Verbes [p. ex., Application à Appliquer] pour décrire les différents niveaux de la taxonomie. Notez que les deux niveaux supérieurs sont essentiellement échangés de l'Ancienne vers la Nouvelle version." (Schultz, 2005)	62
Figure 3.3. Le modèle d'enseignement transmissif d'une part et le modèle inversé	64
Figure 3.4. Enseignement traditionnel transmissif	64
Figure 3.5. Inversion des moments et activités synchrones et asynchrones	65
Figure 3.6. Une séquence d'enseignement traditionnel transmissif	67
Figure 3.7. Une séquence d'enseignement en mode inversé	68
Figure 4.1. Hiérarchies de concepts	83
Figure 4.2. Diagramme des relations binaires	94
Figure 4.3. Hiérarchie de classes de premier niveau, sous Protégé 2000	101
Figure 4.4. Hiérarchie complète des classes, sous Protégé 2000.	102
Figure 4.5. Hiérarchie complète des classes, sous Protégé 2000, visualisée par le plugin « Jambalaya »	102
Figure 4.6. Les propriétés des classes, sous Protégé 2000	103
Figure 4.7. Les relations sémantiques, sous Protégé 2000	104

Figure 4.8. Les attributs des classes, sous Protégé 2000	104
Figure 4.9. Diagramme des relations sémantiques, sous Protégé 2000, visualisé par le plugin « Jambalaya »	105
Figure 4.10. La Hiérarchie 1, visualisée par le plugin « Jambalaya »	105
Figure 4.11. Description du concept « Collection_Object », sous Protégé 2000	106
Figure 4.12. La Hiérarchie 4, visualisée par le plugin « Jambalaya »	107
Figure 4.13. Description du concept « Structure_Abstraite », sous Protégé 2000	107
Figure 4.14. Présentation du profile apprenant	109
Figure 5.1. Rôles des enseignants et des élèves dans le modèle de classe inversée	115
Figure 5.2. Taxonomie de BLOOM (Selon (Pohl, 2000))	121
Figure 5.3. Modèle de classe algorithmique inversée	122
Figure 5.4. Comparaison du positionnement des activités entre le modèle traditionnel et inversée Source : (Dufour, 2014)	128
Figure 5.5. Positionnement de AlgoToLearn Par rapport à la taxonomie de Bloom	129
Figure 5.6. Architecture externe de AlgoToLean	130
Figure 5.7. Architecture interne de AlgoToLearn	131
Figure 6.1. Interface enseignant	135
Figure 6.2. Interface du cours de l'apprenant	136
Figure 6.3. Extrait du code d'analyseur OWL	137
Figure 6.4. Navigation par tags	137

LISTE DES TABLEAUX

Table 1. Taux de réussite dans le module d'algorithmique par rapport aux autres modules	09
Table 4.1 : Phase conceptualisation	90
Table 4.2 : Construction d'un dictionnaire de concepts	94
Table 4.3 : Construction de la table des relations binaires	95
Table 4.4 : Construction de la table des attributs	95
Table 4.5 : Construction de la table des axiomes logiques	95
Table 4.6: Construction d'un dictionnaire de concepts	96
Table 4.7 : Construction de la table des relations binaires	96
Table 4.8 : Construction de la table des attributs	96
Table 4.9 : Construction de la table des axiomes logiques	96
Table 4.10: Construction d'un dictionnaire de concepts	97
Table 4.11 : Construction de la table des relations binaire	97
Table 4.12 : Construction de la table des attributs	97
Table 4.13 : Construction de la table des axiomes logiques	98
Table 4.14 : Construction d'un dictionnaire de concepts	98
Table 4.15 : Construction de la table des relations binaires	98
Table 4.16 : Construction de la table des attributs	98
Table 4.17 : Construction de la table des axiomes logique	99
Table 4.18: Construction d'un dictionnaire de concepts	99
Table 4.19 : Construction de la table des relations binaires	99
Table 4.20 : Construction de la table des attributs	100
Table 4.21 : Construction de la table des axiomes logiques	100
Tableau 5.1: Exemple de sujet de déclaration de contrôle (R SedgeWick, K Wayne, 2011)	123
Table 6.1: Résultats du pre-test	142
Table 6.2: Résultats du post-test	142
Table 6.3 : l'évaluation par les apprenants de l'expérience de la salle de classe inversée	143

ملخص

يتطلب مجتمع اليوم مهارات وكفاءات جديدة وتلعب الجامعة دورًا مهمًا في اكتسابها. يشهد مجتمع التعليم حاليًا تحولات عميقة بسبب تكامل واستغلال تقنيات المعلومات والاتصالات الجديدة المطبقة على التعليم. استخدام هذه التقنيات في بيئات التدريب يجعل من الممكن التفكير في مناهج جديدة للتعليم. ومع ذلك، فإن جودة هذه الأساليب تعتمد على قدرتها على تزويد المتعلمين بمحتوى تعليمي متوافق مع احتياجاتهم وأيضًا تفضيلاتهم.

يتعلق هذا العمل البحثي باستخدام الأنطولوجيا في EIAH (البيئات الحاسوبية للتعليم الإنساني) بشكل عام وبشكل خاص دمج نظام التعلم المقلوب لتدريس خوارزمية في المبتدئين.

إن مجال التطبيق لدينا، الخوارزمية، كان منذ نشأته تخصصًا صعبًا لتدريسه للمعلم والمعقد لاستيعابه للمتعلم. لمحاولة حل مشكلة التعلم الخوارزمي، تم تطوير العديد من الأنظمة لمساعدة المبتدئين في الخوارزمية والبرمجة. غالبًا ما تشمل هذه الأنظمة والأدوات مرحلة التكييف في التعلم ونقل المعرفة والدراية الخاصة بالمعرفة التي تتم معالجتها في خوارزمية للتركيز على البرمجة وترميز حل مشكلة معينة، أو سوء فهم لمفهوم حسابي أساسي أو سوء تفسير له يؤدي بالضرورة إلى تحقيق أو تصميم خوارزمية خاطئة.

جميع دورات الخوارزمية التي يتم توزيعها في رخصة السنة الأولى هي من النوع وجهاً لوجه، يطمح بحثنا إلى تحسين التعلم الخوارزمي من خلال الفصل المقلوب. لا سيما من حيث الرضا الذاتي للمتعلمين والسرعة وأداء التعلم.

تتمثل الطريقة التي اتبعناها في تطبيق نظام التعليم المقلوب، يستند إلى تصنيف بلوم المنقح واستغلال علم الوجود الخوارزمي والتي من شأنها تحسين نقل المعرفة من أجل استيعاب أفضل.

الكلمات المفتاحية: بيئة الكمبيوتر للتعليم البشري، EIAH، الأنطولوجيا، الفصل المقلوب، تصنيف بلوم، تعليم الخوارزميات.

Résumé

La société d'aujourd'hui exige de nouvelles aptitudes et compétences et l'université joue un rôle important dans leur acquisition. Le milieu de l'éducation subit actuellement de profondes transformations dues à l'intégration et à l'exploitation des nouvelles Technologies de l'Information et de La Communication appliquée à l'Education (TICE). L'utilisation de ces technologies dans les milieux de formation permet d'envisager de nouvelles approches d'apprentissage. Toutefois, la qualité de ces approches dépend de leur capacité à fournir aux apprenants, des contenus pédagogiques adaptés à leurs besoins et aussi à leurs préférences.

Ce travail de recherche concerne l'utilisation des ontologies dans les EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) d'une manière générale et en particulier, l'intégration d'un système d'apprentissage par classe inversée pour l'enseignement de l'algorithmique chez les débutants.

Notre domaine d'application, l'algorithmique, a été depuis sa naissance une discipline difficile à enseigner pour l'enseignant et complexe à assimiler pour l'apprenant. Dans le but d'essayer de résoudre ce problème d'apprentissage de l'algorithmique, plusieurs systèmes ont été développés pour aider les débutants en algorithmique et en programmation. Ces systèmes et outils négligent souvent la phase d'adaptation de l'apprentissage et de transmission de savoir et savoir-faire spécifique aux connaissances traitées dans algorithmique pour se concentrer sur la programmation et le codage de la solution d'un problème donné, or une mauvaise compréhension d'une notion de base algorithmique ou une fausse interprétation de cette dernière, conduit forcément à la réalisation ou la conception d'un algorithme erroné.

Tous les cours d'algorithmique dispensés en première année licence sont de type présentiel, notre recherche aspire à l'amélioration de l'apprentissage de l'algorithmique par classe inversée. Notamment sur le plan de la satisfaction subjective des apprenants et la vitesse et la performance d'apprentissage.

La démarche que nous avons adoptée consiste à la mise en œuvre d'un système d'apprentissage par classe inversé, basé sur la taxonomie révisée de Bloom et exploitant une ontologie de domaine de l'algorithmique qui vont améliorer la transmission de connaissances pour une meilleure assimilation.

Mots clés : *Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain EIAH, Ontologie, Classe inversée, Taxonomie de Bloom, enseignement de l'algorithmique.*

Abstract

Today's society requires new skills and competencies and the university plays an important role in their acquisition. The education sector is currently undergoing profound transformations due to the integration and exploitation of the new Information and Communication Technologies Applied to Education (ICTE). The use of these technologies in training environments allows new learning approaches to be considered. However, the quality of these approaches depends on their ability to provide learners with pedagogical content adapted to their needs and to their preferences.

This research work concerns the use of ontologies in CEHL (Computer Environments for Human Learning) in general and in particular, the integration of a flipped classroom learning system for teaching algorithms to beginners.

Our field of application, algorithmic, has been since its inception a discipline that is difficult for the teacher to teach and complex for the learner to assimilate. In order to try to solve this algorithmic learning problem, several systems have been developed to help beginners in algorithmic and programming. These systems and tools often neglect the phase of adapting learning and transmitting knowledge and know-how, specific to knowledge processed in algorithms in order to focus on programming and coding the solution to a given problem, yet a poor understanding of a basic algorithmic notion or a misinterpretation of it necessarily leads to the realisation or design of an incorrect algorithm.

All the algorithmic courses given in the first year of the bachelor's degree are of the classroom type, our research aims to improve the learning of algorithmic by flipped class. In particular, in terms of learners' subjective satisfaction and learning speed and performance.

The approach we have adopted consists in implementing a flipped class learning system, based on Bloom's revised taxonomy and exploiting an algorithmic domain ontology that will improve the transmission of knowledge for better assimilation.

Keywords: *Computer Environment for Human Learning, Ontology, Flipped Classroom, Bloom Taxonomy, Algorithmic Education.*

Introduction

<i>Contexte général de recherche</i>	6
<i>Problématique</i>	7
<i>Méthodologie de recherche</i>	10
<i>Objectifs à atteindre</i>	11
<i>Organisation du manuscrit</i>	12

Contexte général de recherche

De nos jours la technologie occupe une très grande place dans la vie des étudiants qui passent déjà une bonne partie de leur temps libre sur Internet pour apprendre ou échanger de l'information. C'est d'ailleurs, pour cela que les établissements d'enseignement Supérieur ne peuvent plus répondre aux besoins de leurs apprenants en leur offrant uniquement des cours traditionnels (magistraux) en salle de classe.

C'est pour cette raison que ces dernières années ont connu un fort essor de la FOAD (Formation Ouverte et À Distance). Cet essor est dû en grande partie à l'explosion des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) et à leur déploiement dans différents secteurs, notamment la formation et l'éducation.

A l'aide des TICE (Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement), L'étudiant exerce un rôle beaucoup plus actif, cognitivement parlant, dans le processus d'apprentissage.

Cette thèse se situe dans le contexte du développement des TICE et en particulier dans le domaine de recherche ayant pour objet d'études les EIAH : Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Il s'agit d'environnements destinés à favoriser l'apprentissage dans un domaine précis. Les EIAH sont extrêmement variés ; dans ce travail, nous nous intéressons à l'utilisation des ontologies dans un EIAH pour l'apprentissage de l'algorithmique aux premières années licence. L'algorithmique qui est une discipline longtemps utilisée de manière naïve, sans formalisme particulier. Cette discipline est souvent source de problème aussi bien pour l'enseignant que pour l'étudiant.

Dans ce contexte, les ontologies qui sont des systèmes conceptuels qui permettent de partager et de réutiliser des concepts grâce à une sémantique computationnelle ont un rôle principal à tenir en tant qu'amplificateur d'intelligence pour le partage et la réutilisation de connaissances. Rôle qui se

trouve maintenu grâce à la médiation faite par l'ordinateur pour la dissémination des connaissances entre les différents acteurs.

Dans cette thèse, nous souhaitons améliorer l'apprentissage de l'algorithmique en proposant un système basé sur l'utilisation des ontologies dans les EIAH. Plus précisément, nous tentons à travers cette présente recherche d'apporter des changements dans la méthode d'enseignement de ce module.

Problématique

Le déroulement d'un cours d'algorithmique se fait généralement en présentiel dans de grands amphithéâtres et classe (le cas de notre université). Chaque leçon est partagée en deux séances une dans laquelle l'enseignant présente le cadre théorique du cours ; dans lequel l'ensemble des définitions sont dictés par l'enseignant quant aux exemples, ils sont proposés majoritairement sur le tableau ou l'enseignant doit faire un schéma ou un dessin démonstratif. La deuxième séance TD (travaux dirigés), toujours programmée après la théorie, dans laquelle les étudiants essayent de résoudre des exercices suivis d'un corrigé donné par l'enseignant.

En parallèle et pour toute la durée du semestre les étudiants sont chargés de faire un TP (travaux pratiques) afin de les mettre dans un bain de pratique sur machine qui leur permet de voir un résultat instantané et réel de l'application des notions apprises dans le cadre théorique (cours et TD) et cela en utilisant un langage de programmation spécifique, il y aura une évaluation à la fin de la période désignée préalablement par l'enseignant.

En dépit de tous ces efforts fournis, il a été démontré que plusieurs étudiants trouvent l'apprentissage de l'algorithmique et de la programmation comme un savoir difficile à maîtriser (Thomasetal., 2002).

D'ailleurs, une étude remarquable menée au sein de notre université par Bensalem et Bensebaa(2010) qui consistait à comparer le taux de réussite des étudiants en algorithmique avec d'autres modules enseignés pendant la

même année a révélé un taux d'échec de 75% dans l'apprentissage de l'algorithmique sur deux années consécutives.

L'étude a porté sur les étudiants de deuxième année LMD informatique de l'université Badji-Mokhtar d'Annaba, qui s'est étalée sur une période de deux années universitaires ; lors de la première année (2006-2007) l'étude avait porté seulement sur les nouveaux étudiants, tandis que pour la deuxième année de l'étude (2007/2008), l'intérêt s'est dirigé vers les étudiants ayant refait le module pour la deuxième fois.

Dans cette étude, ils ont suivi l'évolution du niveau des étudiants via leurs résultats en algorithmique¹. Ensuite, ils ont validé les notes obtenues en les comparant avec celles obtenues dans les autres unités de valeur du même semestre. Enfin, ils ont démontré l'influence de l'échec en algorithmique¹ sur les résultats d'algorithmique² et leur forte corrélation. Cette étude s'est terminée par un recueil de constatations faites par les enseignants.

a) Évolution des résultats des étudiants ayant suivis le module d'algorithmique :

b) Comparaison des résultats obtenus dans le module d'algorithmique 1 avec les modules enseignés en parallèle aux nouveaux étudiants 2006/2007 :

Table 1. Taux de réussite dans le module d'algorithmique par rapport aux autres modules

Note / Module	Probabilité statistique	Système d'information	Logique mathématique	Analyse numérique	Architecture des ordinateurs	Cognition	Algorithmique 1
<5	5.69%	6.10%	6.91%	8.94%	9.35%	12.60%	75.61%
>=5 et < 10	18.29%	20.33%	55.28%	27.64%	33.33%	31.71%	21.14%
>= 10	76.02%	73.57%	37.81%	63.42%	57.32%	55.69%	3.25%

Ce problème d'échec en algorithmique ne concerne pas seulement notre institution. Plusieurs études sur l'apprentissage de l'algorithmique menées par différentes institutions dans d'autres pays (McCracken et al., 2001 ; Lister et al., 2004) ont convergé vers la même conclusion qui est l'apprentissage de l'algorithmique est toujours une source de difficulté non seulement pour les étudiants, mais pour les enseignants aussi.

C'est d'ailleurs pour tenter de pallier ces difficultés que le projet dans lequel s'inscrit notre travail a été conçu. Nous souhaitons au travers de notre recherche améliorer la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage de l'algorithmique à l'université de Badji-Mokhtar. Pour y aboutir, nous nous sommes interrogées sur le moyen qui permettrait d'améliorer la qualité de la compréhension de l'algorithmique des apprenants de notre université et quelle serait la stratégie d'apprentissages la plus appropriée pour faciliter la compréhension des notions de base ?

Delà une idée nous est venue à l'esprit, c'est celle qui implique l'utilisation de la pédagogie de la classe inversée. Nous nous demandons dans le cadre de notre recherche si l'adoption d'une pédagogie de la classe inversée en utilisant une ontologie de domaine dans un EIAH permettrait d'améliorer l'apprentissage du module de l'algorithmique pour les premières années licence ?

Pour répondre à la question posée ci-dessus, nous avançons les hypothèses suivantes :

L'adoption d'une nouvelle méthode d'apprentissage relative à la classe inversée favorise l'apprentissage de l'algorithmique pour les apprenant de première année licence.

L'intégration d'une ontologie de domaine permet à l'apprenant de mieux comprendre les connaissances relatives au modulé étudié.

Méthodologie de recherche

Pour rendre compte de l'apport de l'utilisation des ontologies dans une méthode d'apprentissage par classe inversée de l'algorithmique basée sur la taxonomie de Bloom, nous avons dû réaliser des études pour apporter quelques éléments de réponses concernant notre questionnement qui se présente comme suit :

- En quoi une meilleure représentation des connaissances pourrait-elle améliorer la qualité de l'enseignement en ligne ?
- Une organisation sémantique du cours arrivera-t-elle à attirer l'attention de l'apprenant et répondre mieux à ses besoins ?
- Comment rendre l'apprenant un acteur actif durant son apprentissage ?
- En quoi le modèle de classe inversée motive-t-il plus l'apprenant ?
- Quels sont les avantages d'inverser la classe et quels sont ses inconvénients ?
- Que devient le rôle du professeur ? Et les relations humaines ? Cela ne va-t-il pas déshumaniser l'éducation ?

À partir de ces études, nous avons procédé par la suite à la conception d'un environnement d'apprentissage nommé AlgoToLearn qui offre les fonctionnalités suivantes :

- i) une plateforme d'apprentissage pour les apprenants qui permet de visualiser des vidéos afin d'assurer les phases de mémorisation et compréhension pour la partie hors classe.
- ii) une plateforme enseignant qui permet de réaliser et d'intégrer des vidéos de cours.

iii) une plateforme d'apprentissage pour les apprenants dans la classe qui assure les phases d'application, d'analyse, d'évaluation et de création de solutions.

iv) un accès permanent à toutes les notions du cours de l'algorithmique.

Il est important de noter que le sujet a nécessité une approche interdisciplinaire exigeant la synergie entre les technologies de l'information et de la communication et les sciences de l'éducation (systèmes hypermédias éducatifs, modélisation du domaine, pédagogie inversée). Les conclusions et les résultats obtenus dans cette thèse ouvrent beaucoup de perspectives de recherche pour le domaine des EIAH.

Objectifs à atteindre

Le but ultime de cette thèse est de démontrer l'utilité de l'utilisation des ontologies dans un EIAH, comme l'indique le titre, mais au courant de nos années de recherche plusieurs sous objectifs en relation directe avec notre choix de méthode d'apprentissage et le domaine de travail sont apparus :

Sous-Objectif 1 : Vu que notre domaine de recherche est l'algorithmique, nous devons nous assurer que l'intégration d'une ontologie de domaine d'algorithmique améliora l'apprentissage de cette matière pour les novices.

Sous-Objectif 2 : L'amélioration de l'apprentissage de l'algorithmique nous a poussés à réfléchir à une nouvelle méthode d'apprentissage qui pourrait nous garantir de meilleurs résultats par rapport au sous-objectif 1, d'où la proposition de l'intégration d'une méthode d'apprentissage par classe inversée basée sur la taxonomie de Bloom, pour l'apprentissage de l'algorithmique, d'où le sous-objectif 2 « Déterminer l'efficacité de l'implémentation d'une classe inversée pour l'apprentissage de l'algorithmique pour les L1 ».

Organisation du manuscrit

Ce document est composé de six chapitres.

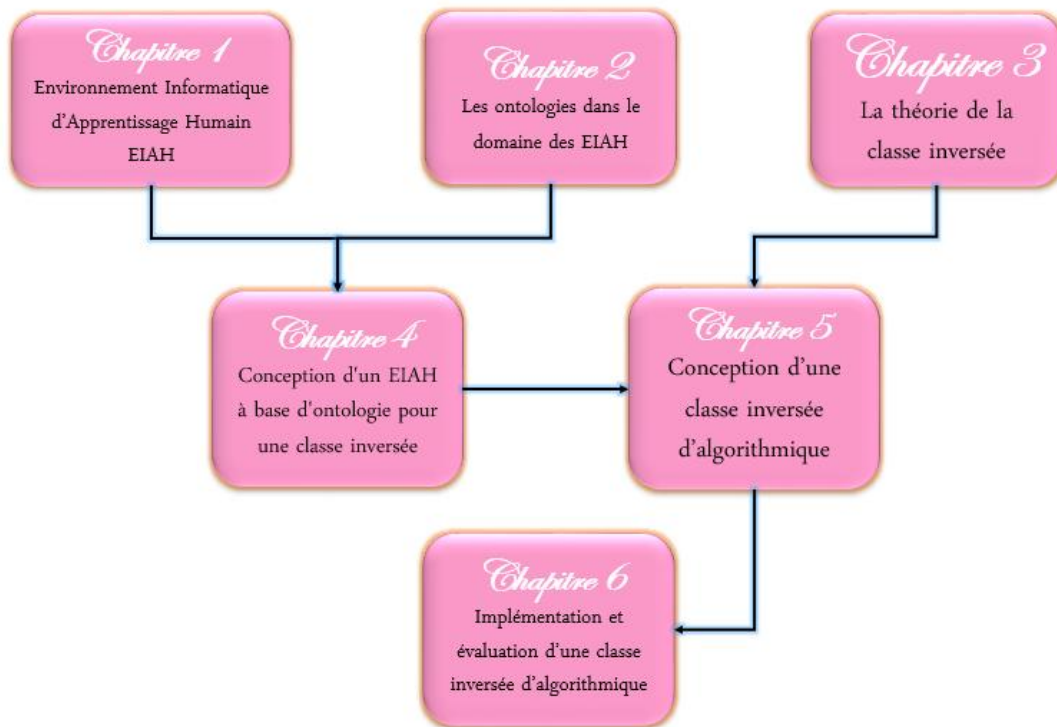


Figure I : Schéma de l'organisation du manuscrit

Le Chapitre 1 : Environnement Informatique d'Apprentissage Humain EIAH

Consacré au positionnement scientifique de nos travaux, ainsi qu'à la précision de notre problématique de recherche. Il s'agit de se focaliser sur les EIAH. Ainsi présentons-nous l'évolution des systèmes dans l'EIAH.

Le Chapitre 2 : Les ontologies dans le domaine des EIAH

Présente les approches sur lesquelles s'appuie notre travail. Qui est l'ontologie qui permet une meilleure représentation sémantique des connaissances et nous étalerons également l'apport de l'intégration d'une

telle représentation dans les environnements interactifs d'apprentissage humain.

Le Chapitre 3 : La théorie de la classe inversée

Aborde les détails de notre choix d'intégration d'une pédagogie inversée pour améliorer l'apprentissage de l'algorithmique qui est « la classe inversée ».

Le Chapitre 4 : Conception d'un EIAH à base d'ontologie pour une classe inversée

Explique les différentes étapes de conception de système, qui va de la conception de l'ontologie de domaine à son implantation dans l'EIAH pour l'apprentissage de l'algorithmique.

Le Chapitre 5 : Conception d'une classe inversée d'algorithmique

Le contenu de ce chapitre porte sur l'approche proposée dans la conception de notre classe inversée d'algorithmique.

La conception et l'architecture adoptées dans la mise en œuvre, nous allons présenter la méthodologie de conception de notre environnement AlgoToLearn et son intégration au sein d'une pédagogie de classe inversée.

Le Chapitre 6 : Implémentation et évaluation d'une classe inversée d'algorithmique

Durant ce chapitre, nous détaillons les différentes parties du prototype implémenté, les interfaces enseignant et apprenant. Ensuite, nous expliquons la procédure d'évaluation et d'expérimentation de ce dernier, pour étaler à la fin, nos résultats recueillis.

La Conclusion propose une synthèse de ce travail, donne ses limites et précise des perspectives de recherche.

Chapitre 1

Environnement Informatique d'Apprentissage Humain EIAH

Ce chapitre dresse une exposition scientifique du terrain de notre recherche qui est l'Environnement Informatique d'Apprentissage Humain EIAH. Commencant par une présentation de l'état de l'art sur l'EIAH et l'évolution des travaux en EIAH, son positionnement dans l'ingénierie, ses besoins et avantages, le grand intérêt de l'adaptation dans l'EIAH.

1. Introduction :	16
2. Définition	16
3. L'évolution historique de la formation à distance :	17
3.1. Enseignement par correspondance :	18
3.2. Enseignement télévisé et modèle industriel :	18
3.3. Enseignement à distance interactif :	19
3.3.1. Enseignement programmé	19
3.3.2. EAO ... IA ... EIAO ... Tuteur Intelligent	20
3.3.3. Hypertextes et hypermédia	22
3.3.4. Les Environnements informatique d'apprentissage humain (EIAH) ...	22
4. Positionnement en ingénierie des EIAH	23
4.1. Les EIAH entre la science et l'application :	23
4.2. Les EIAH en tant qu'environnements interactifs de connaissance	24
5. Les besoins des EIAH	24
5.1. Besoin d'une représentation explicite et formelle :	25
5.2. Besoin de partager la connaissance :	25
5.3. Besoin d'une assistance pour le design pédagogique :	25
5.4. Besoin d'indexer des objets pédagogiques :	25
6. Les avantages majeurs :	26
Conclusion	27

I. État de l'art sur les EIAH

1. Introduction :

L'intégration de l'informatique dans le milieu éducatif a pour but d'améliorer l'enseignement en instrumentant des formations avec l'apparition des environnements d'apprentissages via d'ordinateur tel que : EAO, EIAO et des systèmes tuteurs intelligents, une vision des outils pédagogiques informatisés s'est dressée.

Depuis quelque années, l'accent s'est mis sur « les environnements informatiques pour apprentissage humain EIAH définie comme « des systèmes coopératifs d'apprentissage qui intègrent comme acteurs des enseignants, ou formateurs, et des apprenants, et qui offrent de bonnes conditions d'interaction à travers les réseaux entre agents humains et agents artificiels, ainsi que de bonnes conditions d'accès à des ressources formatives distribuées, humaines et/ou médiatisées » (Balacheff et al, 1997).

Les outils informatiques ont un rôle principal dans un EIAH en assurant la diffusion des savoirs et leur acquisition par les apprenants.

Nous allons voir dans ce qui suit une brève présentation des EIAH dans laquelle une vue historique sur les environnements informatiques à but éducatif ainsi qu'une définition des EIAH sont proposées.

2. Définition

Les EIAH représentent un point de jonction entre l'informatique et l'apprentissage humain en tant que systèmes informatiques, ils sont des programmes destinés à une utilisation dans des situations d'enseignement / apprentissage afin d'impliquer des apprenants en accompagnant et suscitant leur apprentissage.

En tant que champ scientifique, on peut définir l'EIAH comme l'ensemble des travaux qui visent à comprendre le processus de réalisation d'EIAH et les différents phénomènes d'apprentissage liés à ces environnements informatique. C'est un champ scientifique profondément pluridisciplinaire, car il implique

des questions relatives à l'informatique, la psychologie, la pédagogie, la science de l'éducation ou encore la science de l'information et de la communication.

La définition la plus simple d'un EIAH qui est un environnement intégrant des agents humains (apprenant et enseignant) et des agents artificiels (informatique) en leur offrant des conditions d'interactions - localement ou à travers des réseaux informatiques - ou encore des conditions d'accès à des ressources formatives - humaine et/ou médiatisées - locales ou distribuées. (Tchounikine, 2002). Ainsi différents types de logiciels rentrent dans la catégorie des EIAH.

La conception des EIAH

Un EIAH est, principalement, la réunion d'une intention didactique ou pédagogique et d'un environnement informatique.

Concevoir un EIAH, c'est concevoir, organiser et gérer un dispositif impliquant des acteurs humains (un ou plusieurs apprenants et enseignants) et un ou plusieurs artefacts informatiques.

La conception d'un EIAH pose des questions qui relèvent à la fois de l'informatique et des sciences cognitives lorsque le problème considéré est celui de la mise en œuvre de situations d'apprentissage nécessitant la conception d'un artefact informatique spécifique, qui doit présenter des propriétés ou des caractéristiques explicitement liées à l'intention didactique ou au contexte pédagogique.

3. L'évolution historique de la formation à distance :

Au milieu du dix-neuvième siècle, les études par correspondance sont apparues et ont connu une évolution considérée au fil des années, les lettres envoyées par poste ou par fax puis les cassettes audio et vidéo, les émissions spécialisées via la radio ou la télévision arrivant à l'enseignement assisté par ordinateur (EAO).

Selon (Nipper, 1989) les trois générations représentant l'évolution de la formation à distance sont les suivantes :

3.1. Enseignement par correspondance :

En 1840 le premier cours par correspondance a été lancé en Angleterre marquant le début de l'enseignement à distance, qui a connu un développement considérable en Europe et dans le monde. Un enseignement principalement destiné aux adultes en leur offrant une « seconde chance » pour terminer leur enseignement secondaire ou supérieur et on mettait à leur disposition des tuteurs afin de leur apporter une assistance par correspondance par la correction de leurs travaux écrits ou par des entretiens téléphoniques, ce qui représentait une très faible interaction et un grand abandon.

Ce n'est qu'en 1920 que des programmes éducatifs (universitaires) sont radiodiffusés en Europe, en France par exemple, le gouvernement crée en 1939, le Centre National d'Enseignement à Distance (CNED) qui continue toujours de donner des cours par correspondance.

3.2. Enseignement télévisé et modèle industriel :

Le gouvernement espagnol crée en 1970 l'Universidad Nacional de Education a Distancia (UNED), faisant le meilleur usage de la télévision et des vidéos pour mieux encadrer ses étudiants par un tutorat personnalisé, un exemple typique de l'enseignement à distance de la seconde génération avec une diversification dans les rôles des enseignants (experts académiques, pédagogues, techniciens, tuteurs, examinateurs).

Les conceptions « behavioristes » de l'enseignement ont contrôlé le développement de cette deuxième génération d'enseignement à distance. Le média de base est toujours « l'imprimé » mais l'audiovisuel avait un important rôle pédagogique. Toutefois, le défaut majeur est la limite de l'interaction dans la correction des travaux par correspondance.

3.3. Enseignement à distance interactif :

L'évolution réalisée grâce au développement des technologies éducatives et l'intégration de l'outil informatique a permis d'introduire un potentiel éducatif illimité par le biais des cours interactifs. En effet, le domaine de l'éducation a continuellement évolué, dès le moment où les premiers ordinateurs ont jailli des laboratoires pour pénétrer massivement dans les salles de classe. Ainsi, en rétrospective, le e-Learning provient d'une évolution de ce domaine qui a débuté dans les années 1950-1960 avec l'« Enseignement Programmé » des débuts de l'usage des ordinateurs.

La première machine considérée comme dédiée est élaborée dans les années 20 par Sidney Pressey, qui est une machine automatisée avec quatre touches pour corriger les QCM, quand l'étudiant presse la bonne réponse, il passe à la question suivante.

Néanmoins(Bruillard, 1997)explique dans son livre « les machines à enseigner » que le point de départ des EIAH correspond à l'enseignement programmé.

3.3.1. Enseignement programmé

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

L'enseignement programmé obéit à quatre règles :

- Le principe de structuration de la matière: le regroupement les informations et leur présentation de manière à faciliter la compréhension et la mémorisation.

- Le principe d'adaptation :l'enseignement doit être adapté vis avis de ses connaissances antérieures, à son âge, etc.

- Le principe de stimulation : « l'intérêt, le désir de travailler, l'attention de l'élève doivent être constamment stimulés » (De Montmollin, 1971).

- Le principe de contrôle : l'apprentissage doit être constamment contrôlé.

L'enseignement programmé est avant tout une méthode de présentation de l'information. Ses fondements se retrouvent en partie dans l'enseignement de Socrate, de Platon, des Descartes.(Lefevre, 2017)

En effet, Socrate utilise une série de questions qui s'enchaînent logiquement afin d'amener son interlocuteur à découvrir la vérité. Quant à l'idée d'enseignement programmé mécanisé, elle naît dès le début du XXe siècle. En effet vers 1910, Thorndike imagine déjà des machines à enseigner : « *si, par le miracle de l'ingéniosité mécanique, un livre pouvait être agencé d'une telle façon que seulement pour celui qui aurait fait ce qui est demandé à la première page, la page deux devient visible, et ainsi de suite, beaucoup de ce qui requiert actuellement de l'instruction personnelle pourrait être assuré par le livre* »(Bruillard., 2000). Mais le matériel de l'époque ne permet pas de réaliser ce rêve.

Le projet PLATO (ProgrammedLogic for AutomatedTeaching Operations) dirigé par Bitzer en 1959 (Alpert et Bitzer, 1969 ;Bitzer, 1970) est un exemple de cette époque. PLATO fut la première mise en œuvre d'une activité pédagogique avec ordinateur au début des années 1960 (le projet est maintenant un projet commercial de formation).

L'intérêt suivant était l'automatisation de l'enseignement en remplaçant l'enseignant humain par un enseignement auto programmé grâce aux systèmes d'« Enseignement Assisté par Ordinateur » (EAO)

3.3.2. EAO ... IA ... EIAO ... Tuteur Intelligent

Les progrès de l'informatique et le développement des réseaux de communications (Internet en particulier) ont favorisé la venue de nouvelles technologies de l'information. Parmi ces nouvelles perspectives, on trouve l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) né dans les années 60. Avec un vaste domaine d'application tel que l'enseignement des sciences, de la technique, de la lecture et des langues.

D'abondantes recherches ont été menées dans ce sens, sur plusieurs axes, chacune ayant ses propres concepts clefs. Si certains mettent l'accent sur l'apprenant ou le domaine d'application (c'est-à-dire les connaissances), d'autres essayent plutôt de simuler le rapport apprenant-enseignant ou favorisent le travail collaboratif et l'apprentissage social.

Une expérience de cette ère est le projet Computer Curriculum Corporation en 1966-68 (Suppes, 1981). Suppes a reçu des fonds consistants du gouvernement fédéral américain pour développer du matériel d'EAO et pour le mettre à disposition des utilisateurs aux écoles américaines au début du milieu des années 1960.

C'est en 1970 que la première conférence américaine sur l'enseignement assisté par ordinateur a eu lieu. Ces recherches ont pour but de combler les limites existantes.

C'est-à-dire l'incapacité de :

- Dialoguer avec l'apprenant en langage naturel ;
- Maîtriser la discipline enseignée afin de comprendre les réponses inopinées ;
- Sélectionner la suite de ce qui doit être enseigné ;
- Anticiper, diagnostiquer et comprendre les erreurs de l'apprenant ;
- Améliorer les stratégies d'enseignement et de le modifier en fonction de l'apprenant. (Lefevre, 2017)

L'EAO devient l'EIAO où I signifie « intelligemment » grâce aux apports de l'intelligence artificielle et les tuteurs intelligents voient le jour. « *Ce courant de l'EIAO, axé sur les interactions tutoriels, porte à son paroxysme le principe d'individualisation de l'enseignement en séparant le matériel de cours et les stratégies d'enseignement, afin que les problèmes et les commentaires de remédiations puissent être gérés de manière différente pour chaque étudiant* » (Baron et Bruillard, 1996).

3.3.3. Hypertextes et hypermédia

Les définitions de ces deux termes sont les suivantes :

« Un système hypertexte est un système contenant des documents liés entre eux par des hyperliens permettant de passer automatiquement (en pratique grâce à l'informatique) du document consulté à un autre document lié. Un document hypertexte est donc un document qui contient des hyperliens.

Lorsque les documents ne sont pas uniquement textuels, mais aussi audiovisuels, on peut parler de système et de documents hypermédias. »(Gandrille, 2018).

3.3.4. Les Environnements informatique d'apprentissage humain (EIAH)

Avec l'évolution et le développement des technologies et particulièrement de l'internet, les systèmes ont de plus en plus développé des dimensions telles que la communication, le travail coopératif ou collaboratif entre apprenants. À ce moment, l'assistance de l'apprenant par la machine (face à lui) n'est plus obligatoire, car il a la possibilité d'apprendre par son interaction avec un environnement complexe (machines, pairs, enseignants, etc.).

C'est pour cela que nous parlons aujourd'hui d'EIAH (Environnement Informatique d'Apprentissage Humain) ou de TEL (*Technology-Enhanced Learning*, apprentissage amélioré par la technologie).

Tandis que les recherches en EIAO mettent l'accent sur la nécessité de la présence d'un formateur avec les apprenants pour guider leur apprentissage, les recherches en EIAH se focalisent sur la conception de situations différentes dans lesquelles peuvent coopérer à distance les différents acteurs de l'apprentissage. L'apprenant est ainsi plus autonome (Balacheff, Baron, Desmoulin, Grandbastien, & Vivet, 1997).

Les EIAH désignent donc des environnements utilisant les nouvelles potentialités de communication qu'accordent les avancées technologiques (e.g interactions synchrones/asynchrones entre différents acteurs de

l'apprentissage, mutualisation des données à distance). Il engage des agents humains (élève, enseignant, tuteur) et artificiels (agents artificiels, qui peuvent eux aussi tenir des rôles distincts) et leur offre des situations d'interférence, localement ou à travers les réseaux informatiques. (Lefevre, 2017)

Nombreuses plateformes d'EIAH ont été développées et plusieurs sont disponibles sur le web en libre accès. Ces plateformes sont des environnements qui offrent à l'enseignant la possibilité de créer et de gérer très aisément un cours sur Internet, avec la liberté de choisir la méthode pédagogique, et sans avoir à acquérir préalablement des compétences informatiques particulières. Également elles mettent à disposition des outils de communication (forums, chat), des instruments d'évaluation (exercices, sondages, travaux), et la possibilité de déposer des ressources pédagogiques (fichiers PDF, séquences vidéo, etc.) (El Bachari, El Hassan, et El Adnani, 2012).

4. Positionnement en ingénierie des EIAH

Avec l'industrialisation de la formation et le développement de l'e-learning dans les années 2000, la notion de l'ingénierie des EIAH est apparue.(Tchounikine, 2002)

Le terme d'ingénierie a été introduit dans le but de donner un caractère de rationalité aux activités correspondantes et cela pour répondre aux critiques liées au caractère expérimental de certains travaux afin d'évoluer vers une industrialisation, en vue d'assurer la croissance continue du développement de l'e-learning. Par ailleurs, il est primordial qu'un champ scientifique sur les EIAHse doive d'accomplir des éléments méthodologiques relatifs à leur ingénierie.

Néanmoins deux points de vue sur le domaine des EIAH sont assez apparents sur la possibilité de considérer qu'il s'agit d'un champ scientifique à part entière ou d'un domaine d'application.

4.1. Les EIAH entre la science et l'application :

Grandbastien et Labat (Grandbastien et Labat, 2006) dans l'introduction de l'ouvrage « Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain », propose la définition suivante :

"Le champ scientifique des EIAH correspond aux travaux focalisés sur les environnements informatiques dont la finalité explicite est de susciter et d'accompagner l'apprentissage humain, c'est-à-dire la construction de connaissances chez un apprenant (...). Il comprend les questions scientifiques soulevées par la conception, la réalisation et l'évaluation de ces environnements, ainsi que la compréhension de leurs impacts sur la connaissance et la société".

Dans un EIAH, un apprenant doit impérativement réaliser les tâches qui lui sont assignées et aussi atteindre ses objectifs d'apprentissage (ou ceux qui lui sont assignés), et c'est l'une des spécificités souvent mises en avant de ce champ scientifique (Vivet, 1999). L'aide fournie dans ces environnements diffère de celle fournie dans un système interactif uniquement orienté par tâche. Les apprenants sont constamment confrontés à des épreuves, c'est dans ce cas-là que les didacticiens parlent d' « aide minimale ».

De son côté Goodyear (Goodyear, 1999) considère que la conception des EIAH doit assurer une assistance vis à vis des apprenants dans leurs activités afin de les pousser à développer leur propre autonomie. Et delà disparaît la distinction entre objectifs liés à la réalisation de tâche et objectif d'apprentissage (Delozanne, 2002).

4.2. Les EIAH en tant qu'environnements interactifs de connaissance

Dans un second sens, les EIAH se réfèrent le plus à un domaine d'application qu'à un champ scientifique, considéré comme des environnements interactifs, les EIAH s'associent au domaine de l'interaction homme-machine ou tel que des systèmes d'acquisition et de gestion des connaissances, qui font partie du domaine de l'ingénierie des connaissances.

5. Les besoins des EIAH

Parmi les besoins des environnements informatiques pour l'apprentissage humain, il est possible d'identifier quatre besoins spécifiques à la modélisation et la représentation des connaissances :

5.1. Besoin d'une représentation explicite et formelle :

La spécificité des systèmes d'apprentissage est d'implorer un design pédagogique complet et complètement explicite (Bourdeau et Bates, 1997)

Un environnement de conception (systèmes auteurs, plateformes de support au e-learning) basé sur une représentation explicite et formelle du design pédagogique constitue un support à une conception intelligente pour une production d'EIAH intelligent (Nkambou, Frasson et Gauthier, 2003)

5.2. Besoin de partager la connaissance :

Tous les acteurs participant dans un EIAH (apprenants, concepteurs, tuteurs et gestionnaire) expriment leur besoin de partager des « choses du monde » dans lesquels ils évoluent tel que les idées, visions, activités, objets, outils ... etc.

Afin que le partage puisse se réaliser, il est nécessaire d'assurer une systématisation des connaissances où ces « choses » sont spécifiées et structurées et cela indépendamment du type du partage (répartition, la mise en commun ou l'échange).

5.3. Besoin d'une assistance pour le design pédagogique :

La conception d'un cours qui comprend la réalisation de scénario et d'objet pédagogique nécessite un travail énorme vu que généralement le cours est conçu à zéro, car les objets pédagogiques ne sont pas toujours réutilisables et la comparaison des scénarios qui existent est difficile.

5.4. Besoin d'indexer des objets pédagogiques :

L'indexation des objets pédagogiques « sémantiquement riches » est indispensable dans la diversité des tâches du concepteur (Bourdeau et Bates, 1997).

Plusieurs tâches propres à l'apprentissage telles que le repérage, le référencement et la composition dynamique des objets, et des tâches assignées à l'apprenant nécessitent l'intervention du processus d'indexation (Psyché, 2007).

6. Les avantages majeurs :

L'EIAH offre de nombreux avantages pour les apprenants et les formateurs qui n'existaient pas auparavant dans la formation classique ; parmi ces avantages, on peut citer les points suivants :

✓ Bénéficier des connaissances et de l'expérience de formateurs renommés internationale qu'on ne peut rencontrer en face à face directement.

✓ Autonomie de la formation : l'apprenant peut choisir les conditions spatio-temporelles, les thèmes voulus, construire les cours à apprendre (à la carte), définir les orientations de la formation et adaptation aux objectifs assignés et fixés et aux exigences de l'apprenant (selon ses désirs, son niveau actuel, sa qualité professionnelle, l'exigence du travail, etc.).

✓ L'apprenant est le centre de concentration et non plus le formateur. Donc, l'apprenant est incité à être un émetteur de feed-back et de participer d'une manière significative à la formation et ne plus se limiter à être un récepteur d'informations et de savoirs comme c'est le cas des étudiants à la traditionnelle.

✓ Au fil de sa formation, l'apprenant peut évaluer à chaque moment son degré de maîtrise des nouveaux savoir-faire. Le participant et l'entreprise peuvent alors mesurer directement la performance effective de la formation dispensée. Dans le cadre d'une formation tutoriel, on peut envisager une très forte réactivité, faire évoluer le contenu de la formation ou modifier les méthodes pédagogiques pour favoriser l'acquisition des connaissances.

✓ La formation est ouverte et quel que soit le temps ou le lieu, n'importe quelle personne peut accéder et suivre cette formation.

✓ L'EIAH est très bénéfique surtout pour les gens qui ne peuvent pas suivre leur apprentissage au sein de l'école ou l'université (les travailleurs et les handicapés par exemple).

✓ À une grande importance économique soit pour le formateur qui minimise le coût des équipements dédiés pour la formation et évite la répétition de cours s'il a plusieurs étudiants, ou pour l'apprenant qui évite le coût de déplacement et gagne son temps de travail (s'il travaille).

✓ Lorsqu'on utilise les outils multimédias, la formation sera très proche de la formation en mode présentiel avec l'existence de téléconférence et le service « chat » où l'apprenant peut discuter avec le formateur et pose tous les problèmes rencontrés sur les cours.

Pourtant tous ces avantages d'EIAH, il porte aussi quelques inconvénients que l'on peut le remédier avec la formation traditionnelle ; parmi ces inconvénients on peut citer les suivantes :

- Les problèmes techniques afférents au fonctionnement des systèmes de formation (perturbation du réseau de communications, pannes des ordinateurs, terminaux ou serveurs, attaques des documents électroniques de cours par des virus ou des pirates, etc.)

- L'absence de l'enseignant ce qui indique le manque de contact visuel, la perte de sens de communauté et de la rigueur de l'enseignant. (BAKL, 03)

- Nouveaux usages à inventer ou à apprendre.
- Il faut réapprendre à enseigner et à apprendre.

Conclusion

Tous les systèmes présentés précédemment avaient pour objectif de présenter un contenu pédagogique qui répond aux besoins, caractéristiques et connaissance de l'apprenant.

Ils se sont intéresser davantage à l'apprenant pour assurer l'adaptation et cela en utilisant une variété d'approche et de technologies pour modéliser et construire les modèles domaine, apprenant et adaptation.

Nos travaux portent sur deux domaines complémentaires avec d'une part, la représentation ontologique des connaissances du domaine d'apprentissage qui est l'algorithmique avec une ontologie de domaine et d'autre part l'adaptation d'une pédagogie inversée d'enseignement.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter notre approche de modélisation des connaissances du modèle de domaine par la conception d'une ontologie.

Chapitre 2

Les ontologies dans le domaine des EIAH

Dans ce chapitre nous allons présenter l'apport de l'utilisation d'une ontologie de domaine dans un EIAH pour l'enseignement de l'algorithmique.

Nous commençons par un état de l'art sur les ontologies, les types, le cycle de vie d'une ontologie, les méthodes de conception d'une ontologie et les langages utilisés pour sa représentation.

Nous étalerons ensuite la relation étroite entre le domaine des EIAH et les ontologies et leur usage dans l'amélioration de la qualité de représentation de connaissances.

1. Introduction :	31
2. Notion d'ontologies :	32
2.1. Définition :	32
3. Constituants d'une ontologie	33
3.1. Concepts	34
3.2. Relations	35
3.3. Fonctions :	35
3.4. Règle :	35
3.5. Instances :	35
4. Pourquoi développer une ontologie ?	36
5. Typologie d'ontologie :	37
5.1. Typologie selon l'objet de conceptualisation	37
5.2. Typologie selon le niveau de détail de l'ontologie	38
5.3. Typologie selon le niveau de complétude	39
5.4. Typologie selon le niveau du formalisme	40
6. Le cycle de vie des ontologies	40
7. Fondements de l'ingénierie ontologique	42
7.1. Principes	42
7.2. Méthodologies de construction d'ontologies :	43
8. Usages des ontologies	44
Conclusion	46

1. Introduction :

La notion d'« ingénierie ontologique », un terme introduit par Mizoguchi pour la première fois dans (Mizoguchi, 1998), est de nos jours, l'un des thèmes récurrents dans les milieux de recherche dans le domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Elle représente une piste investigation très importante dans les étapes d'analyse, conception et développement d'EIAH.

Avec l'apparition du Web sémantique, l'importance du langage XML dans la conception des ressources numériques en éducation est devenue distincte. (Wiley, 2000) atteste que si XML doit jouer un rôle important pour la création des ressources (micro design), beaucoup de questions se fondent à propos des terminologies et des systèmes de classification qui seront utilisés dans l'indexation et le repérage pour des fins d'exploitation ou de partage, et les ontologies sont au rendez-vous pour répondre à ces questions.

Nées des besoins de représentation des connaissances, les ontologies ont pour but d'établir des représentations qui permettent aux machines de manipuler la sémantique des informations, la construction des ontologies nécessite à la fois une étude des connaissances humaines et la définition de langages de représentation, ainsi que la réalisation de systèmes pour les manipuler. Les ontologies contribuent donc pleinement aux dimensions scientifiques et techniques de l'Intelligence Artificielle (IA): scientifiques tel que étude des connaissances humaines et plus largement de l'esprit humain, ce qui relie l'IA aux sciences humaines, et techniques comme création d'artefacts possédant certaines propriétés et capacités en vue d'un certain usage (Elbyed, 2009).

Des auteurs tels Nilsson, Palmer et Naeve (Nilsson, Palmér et Naeve, 2002) sont arrivés à la conclusion que modélisation conceptuelle est nécessaire pour l'exploitation du Web sémantique aux fins de l'« e-Learning », ce

chapitre discute une telle modélisation, en proposant également une approche spécifique, celle de l'ingénierie ontologique (IO).

Les points suivants étalent la notion ontologie, exposent les fondements de l'ingénierie ontologique ainsi que ses relations avec l'intelligence artificielle (IA) et présentent des pistes d'exploitation des ontologies pour l'ingénierie des EIAH.

2. Notion d'ontologies :

Ontologie est un terme grec composé des mots « *Ontos=etre* » et « *Logia=discours(langage+raison)* ».

Historiquement, le terme *Ontologie* a tout d'abord été défini en Philosophie comme une branche de la Métaphysique qui s'intéresse à l'existence, à l'être en tant qu'être et aux catégories fondamentales de l'existant, c'est-à-dire l'étude des propriétés générales de ce qui existe. Par la suite, le concept d'ontologie est apparu en pleine lumière dans le domaine de l'intelligence artificielle, afin d'apporter une solution aux problèmes de modélisation des connaissances et plus précisément, en ingénierie des connaissances.

John McCarthy avait abordé la notion d'ontologie pour la première fois en 1980 dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA) en affirmant que les concepteurs des systèmes intelligents fondés sur la logique devraient d'abord énumérer tout ce qui existe. (Welty, 2003)

2.1. Définition :

La définition de de Tom Gruber est parmi les définitions les plus citées dans la littérature en IA, c'est celle « *An ontology is an explicit specification of a conceptualization* »(Gruber, 1993).

Depuis la définition de Gruber, beaucoup de définitions de l'ontologie ont été proposées dans la littérature.

La définition de Uschold, Gruninger (Uschold et Gruninger, 1996a):

« Une ontologie est une compréhension partagée d'un domaine D'intérêt » en 1997, Borst modifia légèrement la définition de Gruber afin de mettre en évidence des aspects majeurs de ce paradigme. Ainsi, il annonce que:

« *An ontology is a formal specification of a shared conceptualization* ». (Borst, 1997).

En 1998, ces deux définitions ont été rassemblées dans la définition de Studer :

« *An ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualization* ». (Studer, Benjamins, et Fensel, 1998);

Studer l'explique comme suit :

« **Formel** » signifie que l'ontologie est interprétable par une machine (machine-readable), c'est-à-dire que cette dernière doit être capable de comprendre la sémantique de l'information fournie ;

« **Spécification explicite** » signifie que les concepts, les propriétés, les relations, les fonctions, les restrictions et les axiomes de l'ontologie sont définis de façon déclarative ;

« **Partagé** » signifie que l'ontologie capture la connaissance consensuelle (partagée par une communauté), et elle n'est pas restreinte à certains individus, mais est acceptée par un groupe ;

« **Conceptualisation** » se réfère à un modèle abstrait de certains phénomènes dans le monde qui identifie les concepts appropriés de ce phénomène ;

3. Constituants d'une ontologie

La construction d'une ontologie doit être dans le cadre d'un domaine bien précis de la connaissance, cela est dû au fait que beaucoup de termes ne gardent pas le même sens d'un domaine à un autre (Bachimont, 2000). Les

connaissances traduites par une ontologie sont à véhiculer à l'aide des éléments suivants (Gómez-Pérez, 1999 ; Psyché, 2007).

3.1. Concepts

Selon (Uschold et King, 1995) un concept peut représenter un objet, une notion, une idée. Ce dernier peut être partagé en trois parties : *un terme* (ou plusieurs), *une notion* et *un ensemble d'objets*.

Le terme est une unité lexicale qui permet d'exprimer le concept en langue naturelle, il peut admettre des synonymes.

La notion également nommée *intension du concept*, englobe la sémantique du concept, exprimée en termes de propriétés et attributs, et de contraintes.

L'ensemble d'objets appelé *extension du concept* regroupe les objets manipulés à travers le concept ; ces objets sont appelés instances du concept. Par exemple, le terme « table » renvoie à la fois à la notion de table comme objet de type « meuble » possédant un « plateau » et des « pieds », et à l'ensemble des objets de ce type.

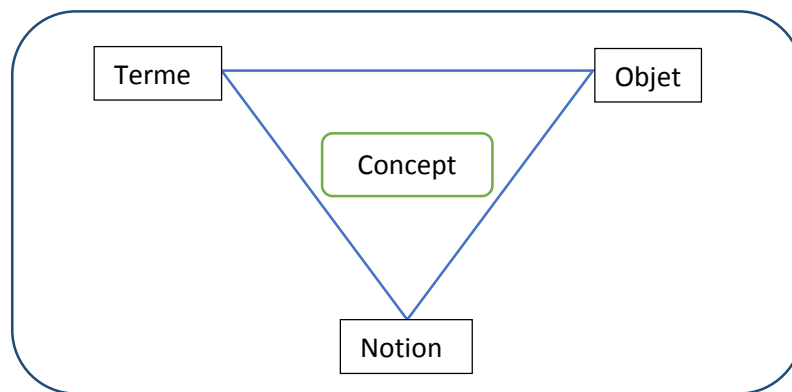


Figure 2.1 : Le triangle du sens selon (Uschold et King, 1995)

En effet, concepts (ou classes) correspondants aux abstractions pertinentes d'un segment de la réalité (le domaine du problème), retenues en fonction des objectifs qu'on se donne et de l'application envisagée pour l'ontologie.

Ces concepts selon (Gómez-Pérez, 1999) peuvent être classifiés selon plusieurs dimensions : 1) niveau d'abstraction (concrets ou abstraits); 2) atomicité (élémentaires ou composés); 3) niveau de réalité (réels ou fictifs) ;

3.2. Relations

Elles expriment les associations (pertinentes) existant entre les concepts présents dans le segment analysé de la réalité. Elles sont clairement définies comme étant tout sous-ensemble d'un produit de n ensembles, c'est-à-dire : $R: C_1 * C_2 * \dots * C_n$ (Gómez-Pérez, 1999). Par exemple, « généralisation-spécialisation » (ou sous-classe-de ou is-a), « agrégation-composition » (ou partie-de ou part-of); « disjonction »; etc. Ces relations nous permettent d'apercevoir, la structuration et l'interrelation des concepts, les uns par rapport aux autres ;

3.3. Fonctions :

Elles sont des cas particuliers de relations dans lesquelles le n ème élément (extrant) de la relation est unique pour les $n-1$ éléments (intrants) précédents (Gómez-Pérez, 1999). Formellement, les fonctions sont définies telles que : $F: C_1 * C_2 * \dots * C_{n-1} * C_n$. Par exemple, « mère-de » et « carré » sont des fonctions binaires. Tandis que, « prix-de voiture-usagée » qui calcule le prix d'une voiture de secondemain en fonction du modèle de voiture, de la date de fabrication et du nombre de kilomètres est une fonction tertiaire ;

3.4. Règle :

Nommée aussi axiomes, elles construisent des assertions, acceptés comme vrais, à propos des abstractions du domaine traduites par l'ontologie.

3.5. Instances :

Appelées aussi individus, elles constituent la définition extensionnelle de l'ontologie ; ces objets véhiculent les connaissances (statiques, factuelles) à propos du domaine du problème.

4. Pourquoi développer une ontologie ?

Ces dernières années, le développement des ontologies a quitté les laboratoires d'Intelligence Artificielle pour gagner les postes informatiques des experts de domaines.

L'utilisation des ontologies est devenue très courante dans le World-Wide Web. Actuellement plusieurs disciplines ne cessent de développer des ontologies normalisées prêtes à l'utilisation par les experts de domaines afin de partager et commenter l'information dans leurs domaines étant donné qu'elles définissent des vocabulaires communs entre les chercheurs qui en ont besoin.

L'ontologie inclut des définitions lisibles en machine, des concepts de base de ce domaine et de leurs relations.

Un besoin générique : « faire tomber les barrières créées par des vocabulaires disparates ». Un besoin existe de partager la signification de termes dans un domaine donné

- toute activité humaine spécialisée développe son propre jargon (langue de spécialité) sous la forme d'une terminologie et d'une conceptualisation associée spécifiques.
- L'existence de tels jargons entraîne des problèmes de compréhension et des difficultés à partager des connaissances entre les acteurs de l'entreprise, les services d'une entreprise, les entreprises d'une industrie, qui font des métiers différents.
- Fondamentalement, le rôle des ontologies est d'améliorer la communication entre humains, mais aussi entre humains et ordinateurs et finalement entre ordinateurs.

Donc une ontologie est développée pour les raisons suivantes :

- Le partage de compréhension commune de la structure d'information entre les personnes ou les fabricants de logiciels
- La réutilisation et l'exploitation du savoir sur un domaine
- L'explicitation de tout ce qui est considéré comme implicite sur un domaine
- La séparation entre savoir et savoir opérationnel sur un domaine
- L'analyse du savoir sur un domaine

5. Typologie d'ontologie :

5.1. Typologie selon l'objet de conceptualisation

Ontologie de représentation de connaissances : Elle regroupe les concepts et les relations (primitives de représentation) qui permettent de formaliser les connaissances. (Psyche, Mendes et Bourdeau, 2003)

Ontologie de haut niveau : Une ontologie de haut niveau décrit des concepts très généraux comme l'espace, le temps, la matière, les objets, les événements, les actions, etc. Ces concepts ne dépendent pas d'un problème ou d'un domaine particulier, et doivent être, du moins en théorie, consensuels à de grandes communautés d'utilisateurs (Guarino, 1998).

Ontologie générique : Ou la méta ontologie. Elle traite des concepts généraux, mais qui sont moins abstraits que ceux traités par l'ontologie de haut niveau. Cette généralité permet à ces ontologies d'être réutilisées à travers différents domaines. (Psyche, Mendes et Bourdeau, 2003)

Ontologie de domaine : Une ontologie de domaine décrit le vocabulaire porté à un domaine générique (ex. : l'enseignement, la médecine, etc.), notamment en spécialisant les concepts d'une ontologie de haut niveau. De plus en plus d'ontologies de domaines sont disponibles : ontologie de la génétique, ontologie de la géométrie, ontologie pour les musées, etc.

Ontologie de tâche : Une ontologie de tâche décrit le vocabulaire concernant une tâche générique (ex : enseigner, diagnostiquer...), notamment

en spécialisant les concepts d'une ontologie de haut niveau (Guarin, 1998). Certains auteurs emploient le nom « *ontologie du domaine de la tâche* » pour faire référence à ce type d'ontologie.

Ontologie d'application : L'ontologie d'application contient des concepts dépendants d'un domaine et d'une tâche particulière, qui sont généralement subsumés par des concepts de ces deux ontologies. Ces concepts correspondent souvent aux rôles joués par les entités du domaine lors de l'exécution d'une certaine activité. Il s'agit donc ici de mettre en relation les concepts d'un domaine et ceux liés à une tâche particulière, de manière à en décrire l'exécution (ex. : apprendre les statistiques, effectuer des recherches dans le domaine de l'astronomie, etc.).

5.2. Typologie selon le niveau de détail de l'ontologie

Lors de la conceptualisation de l'ontologie en fonction de l'objectif opérationnel envisagé pour l'ontologie il faut tenir compte du niveau de détail utilisé, deux catégories au moins peuvent être identifiées :

Granularité fine : représente des ontologies très détaillées, qui possèdent un vocabulaire très riche capable d'assurer une description détaillée des concepts pertinents d'un domaine ou d'une tâche. Ce niveau de granularité peut s'avérer utile lorsqu'il s'agit d'établir un consensus entre les agents qui l'utiliseront ;

Granularité large : correspondant à un vocabulaire moins détaillé par exemple dans les scénarios d'utilisation spécifiques où les utilisateurs sont déjà préalablement d'accord à propos d'une conceptualisation sous-jacente. Les ontologies de haut niveau possèdent une granularité large, étant donné que les concepts qu'elles traduisent sont normalement raffinés subséquemment dans d'autres ontologies de domaine ou d'application (Fürst, 2002).

5.3. Typologie selon le niveau de complétude

Le niveau de complétude a été abordé par (Mizoguchi, 1998) et (Bachimont, 2000). À titre d'exemple, nous décrivons la typologie de Bachimont (2000). Ce dernier propose la classification sur trois niveaux :

- **Niveau 1 - Sémantique** : l'ensemble des concepts (caractérisés par un terme/libellé) doivent répondre aux quatre principes différentiels suivants :

- 1) Communauté avec l'ancêtre ;
- 2) Différence (spécification) par rapport à l'ancêtre ;
- 3) Communauté avec les concepts frères (situés au même niveau) ;
- 4) Différence par rapport aux concepts frères (sinon il n'aurait pas lieu de le définir).

Ces principes représentent l'engagement sémantique qui fait que chaque concept est spécifique en ayant un sens unique et non associé contextuellement. Deux concepts sémantiques sont déclarés comme « identiques » lorsque l'interprétation à travers les quatre principes différentiels du terme/libellé aboutit à un sens équivalent.

- **Niveau 2- Référentiel (formel)** : En plus des caractéristiques citées au niveau précédent, les concepts référentiels (ou formels) se distinguent par un terme/libellé dont la sémantique est déterminée par une extension d'objets. L'engagement ontologique indique les objets du domaine susceptibles d'être reliés au concept, selon sa signification formelle. Dans ce cas-là, si deux concepts formels ont la même extension, ils sont alors déclarés comme étant identiques. (ex : les concepts d'étoile du matin et d'étoile du soir associés à Vénus).

- **Niveau 3- Opérationnel (computationnel)** : Outre les caractéristiques énoncées au niveau précédent, les concepts de ce niveau sont caractérisés par les différentes opérations qu'il est plausible de leur appliquer afin de générer des inférences (engagement computationnel). Deux concepts opérationnels dits identiques

lorsqu'ils possèdent le même potentiel d'inférence.(Psyche, Mendes et Bourdeau, 2003)

5.4. Typologie selon le niveau du formalisme

Par rapport au niveau de formalisation de la représentation des connaissances de l'ontologie, Uschold et Grüninger (1996a) proposent une classification selon quatre catégories : (1) informelles ; (2) semi-informelles ; (3) semi-formelles ; (4) formelles :

- Informelles : représente les ontologies décrites dans un langage naturel (sémantique ouverte) ; permet de rendre l'ontologie plus compréhensible pour l'utilisateur, mais plus difficile la vérification de l'absence de redondances ou de contradiction ;

- Semi-informelles. Dans ce cas-ci, le langage utilisé pour décrire les ontologies est limité ;l'ontologie est exprimée dans une forme restreinte et structurée de la langue naturelle ; cela permet d'augmenter la clarté de l'ontologie tout en réduisant l'ambiguïté ;

- Semi-formelles. L'utilisation d'un langage artificiel définit formellement dans la description des ontologies ;

- Formelles. Dans ce cas-ci les ontologies sont décrites dans un langage artificiel qui contient une sémantique formelle, ainsi que des théorèmes et preuves des propriétés telles la robustesse et l'exhaustivité (Gómez-Pérez, 1999).L'intérêt d'une ontologie formelle est la possibilité d'effectuer des vérifications sur l'ontologie : complétude, non redondance, consistance, cohérence, etc.

Selon Studer,(Studer, Benjamins, et Fensel, 1998) « *il y a différents types d'ontologie et chaque type remplit un rôle différent dans le processus de construction du modèle du domaine* ».

6. Le cycle de vie des ontologies

Le but principal de la conception des ontologies est de pouvoir les réutiliser comme des composants logiciels dans des systèmes qui répondent aux différents objectifs opérationnels, c'est pour cela que leur développement doit répondre au même critère que ceux appliqués en génie logiciel. Sous cet angle, il faut considérer les ontologies comme étant des objets techniques évolutifs ayant un cycle de vie qui doit être spécifié. Les activités en relation avec les ontologies se partagent entre des *activités de gestion* de projet telles que : planification, contrôle, assurance qualité, et les *activités de développement* comme : spécification, conceptualisation, formalisation ; il existe aussi des *activités transversales de support* c.-à-d. l'évaluation, la documentation, la gestion de la configuration. (Blázquez, Fernández, García-Pinar et Gómez-Pérez, 1998)

Un cycle de vie inspiré du génie logiciel est proposé par (Dieng et al., 2001) et (Gandon, 2006). Il est constitué d'une étape initiale d'évaluation des besoins, une étape de construction, une étape de diffusion, et une étape d'utilisation. À la fin de chaque exploitation significative, l'ontologie ainsi que ses besoins doivent être réévalués, dans ce cas-là, l'ontologie sera étendue, et en cas de nécessité elle sera partiellement reconstituée.

La phase de construction peut être décomposée en 3 étapes :

La conceptualisation : cette étape doit être menée par un expert du domaine accompagné d'un ingénieur de connaissance pour identifier les connaissances contenues au sein d'un corpus représentatif du domaine.

L'ontologisation : un travail qui doit être pris en charge par l'ingénieur de la connaissance, assisté par l'expert du domaine, dans le but de formaliser au maximum le modèle conceptuel obtenu à la phase précédente.

L'opérationnalisation : durant cette phase c'est l'ingénieur de connaissance qui assure la transcription de l'ontologie dans un langage formel et opérationnel de représentation de connaissances.

Il est à noter que ce processus n'est pas linéaire et que de nombreux aller-retour sont a priori nécessaires pour bâtir une ontologie opérationnelle adaptée aux besoins. (Fürst, 2002)

Fernandez, Gomez-Perez et Juristo (1997) soulignent que les activités de documentation et d'évaluation sont indispensables à chaque étape du processus de construction, l'évaluation précoce permettant de limiter la diffusion d'erreurs. Le processus de construction peut et doit être intégré au cycle de vie d'une ontologie.

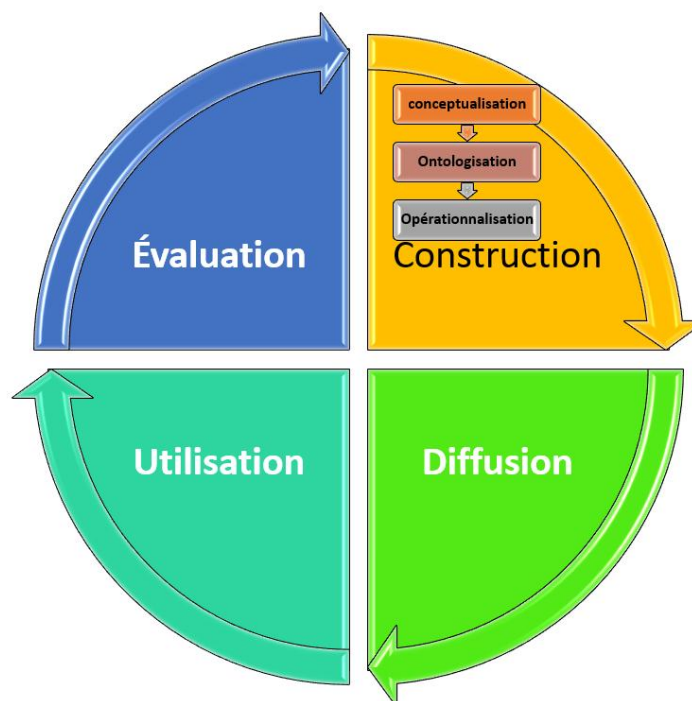


Figure 2.2. Cycle de vie d'une ontologie

7. Fondements de l'ingénierie ontologique

Le processus de construction d'ontologies, appelé ingénierie ontologique, peut être décrit selon les principes qui le gouvernent, et les méthodologies et les outils qui les soutiennent. (Psyche, Mendes et Bourdeau, 2003)

7.1. Principes

Gruber(Gruber, 1993)détermine un ensemble de critères et de principes essentiels dans le développement des ontologies et qui peuvent être résumés comme suit :

- *Clarté et Objectivité* : L'ontologie contient la signification des termes définis en fournissant des définitions « objectives » ainsi qu'une documentation en langage naturel.
- *Complétude* :il vaut mieux exprimer la définition à l'aide des conditions nécessaires et suffisantes, qu'à l'aide de définition partielle.
- *Cohérence* : Une ontologie cohérente englobe des inférences conformes à ces définitions.
- *Extensibilité monotonique maximale* :assurer que l'ajout de nouveaux termes généraux et spécialisés dans l'ontologie ne nécessite pas la révision des définitions qui existe déjà.
- *Engagements ontologiques minimaux* : Ce principe invite à faire aussi peu de réclamations que possible au sujet du monde représenté. L'ontologie devrait spécifier le moins possible la signification de ses termes, donnant aux parties qui s'engagent dans cette ontologie la liberté de spécialiser et d'instancier l'ontologie comme elles le désirent.

7.2. Méthodologies de construction d'ontologies :

Une méthodologie est considérée comme étant l'ensemble de principes nécessaires, que l'auteur applique lors de la construction d'une ontologie. Un recensement des écrits (Mendes, 2003) dévoile qu'il existe un total de trente-trois méthodologies de développement d'ontologies.

Cependant, aucune de ces méthodes ne fait l'unanimité. Aucun consensus à propos des meilleures pratiques à adopter lors du processus de construction ou même des normes techniques régissant le processus de

développement des ontologies n'a donc été trouvé et de ce fait il n'existe pas de solutions unifiées. Toutefois, il existe un ensemble de solutions locales d'ingénierie, qu'il faut s'efforcer de recenser et de fonder théoriquement, mais dont un utilisateur ne pourra extraire que ce qui concerne ses besoins particuliers. (Antoine, 2005)

Le processus de construction d'une ontologie doit assurer une collaboration entre les experts du domaine de connaissance, les ingénieurs de la connaissance, voir même futurs utilisateurs de l'ontologie et cela indépendamment de la méthodologie de construction adoptée (Farquhar, Fikes et Rice, 2000). Cette collaboration ne peut être fructueuse que si les objectifs du processus ont été clairement définis, ainsi que les besoins qui en découlent.

« *La meilleure méthode est celle qui nous permet d'atteindre nos buts* » (Mizoguchi, 1998).

Parmi les propositions les plus marquantes, on peut noter celles d'Uschold et Grüninger, celle du projet On-To-Knowledge ainsi que Methontology de l'équipe du Laboratoire d'Intelligence Artificielle (LIA) de Madrid.

8. Usages des ontologies

Le domaine de l'intelligence artificielle est l'un des premiers domaines qui ont accueilli l'utilisation des ontologies. À l'heure actuelle l'utilisation des ontologies est devenue plus vaste et pour différents objectifs et buts (traitement de langage naturel, gestion de la connaissance, e-commerce, intégration intelligente d'information, le Web sémantique, etc.) et aussi dans diverses communautés (c'est-à-dire, ingénierie de connaissance, bases de données et génie logiciel).

Il faut noter que la communauté de base de données et celle de conception orientée objet construisent elles aussi des modèles de domaine en utilisant les concepts, les relations, les propriétés, etc. néanmoins, la majorité du temps les deux communautés exigent des contraintes moins sémantiques que celles imposées dans les ontologies lourdes.

Dans le commerce électronique, l'utilisation des ontologies est limitée à la représentation des produits et services que le système de e-commerce offre, et qui sont généralement mis à la disposition de l'utilisateur sous forme de catalogue afin qu'il puisse les consulter.

Le Web sémantique utilise les ontologies dans le but d'ajouter la sémantique compréhensible par la machine (méta-information) au World Wide Web, il a permis de réutiliser les données à travers les applications et rendre la recherche intelligente sur internet possible, car il intègre toutes les ressources informatiques sur le web.

L'intégration du web sémantique et des ontologies dans le domaine médical a pour objectif de promouvoir le développement des systèmes d'aide de diagnostic et de prise de décision et aussi de faciliter la recherche et le partage et la réutilisation de l'information médicale.

En guise de conclusion, nous pouvons stipuler que le champ d'application des ontologies est largement grand tels que :

- Les systèmes de Recherche d'informations (RI).
- Les inférences, pour découvrir les incohérences sur les connaissances ou les données.
- Les systèmes à base de connaissances dédiés à la résolution de problèmes.
- L'aide au diagnostic : des maladies, des problèmes techniques, etc.

- L'interopérabilité des systèmes d'information.
- La coopération des logiciels.
- Les systèmes de traitement automatiques du langage naturel.

Conclusion

Le concept d'ontologie est doté d'une sémantique forte et diversifiée due à son enracinement dans la philosophie et l'histoire de philosophie.

De multiples méthodes et outils se stabilisent et se raffinent graduellement émergeant de l'appropriation du concept d'ontologie par le monde de l'ingénierie des connaissances.

L'utilisation des ontologies aux fins des EIAH, prévint que l'usage devrait les doter d'« intelligence » dans les EIAH et leur conception. Donc elle favorise non seulement l'utilisation par des humains, mais également par des machines qui assure le déploiement de la puissance d'une ontologie.

Dans l'entretien (Mizoguchi, 2004), MIZOGUCHI répond à la question ;

DIRIEZ-VOUS QUE LES ONTOLOGIES OUVRENT DES PORTES DANS LE DOMAINE DES EIAH EN APPORTANT LA POSSIBILITÉ D'AVOIR DES CONNAISSANCES RÉUTILISABLES POUR LES SYSTÈMES TUTORIELS INTELLIGENTS ?

« Oui. L'ingénierie ontologique joue un rôle essentiel dans l'avancement de la recherche comme celle qui se fait dans le domaine des EIAH, avec les différents champs de recherche qui lui sont reliés: intelligence artificielle, informatique, sciences cognitives, sciences de l'éducation, etc. Je parlerais de partage et de réutilisation de connaissances grâce à la médiation faite par l'ordinateur, ce qui requiert la modélisation des connaissances pour les rendre exploitables par l'ordinateur. Cette idée conduit à la systématisation des connaissances aux fins d'exploitation par l'ordinateur. Comme je le disais plus tôt avec ma formule "From AI to IA", ce qu'on

attend d'un ordinateur, ce n'est pas qu'il résolve un problème, mais qu'il aide des personnes à résoudre des problèmes. Cela veut dire que l'ordinateur peut être un médiateur pour la dissémination de la connaissance entre les personnes travaillant dans des domaines variés. Ce serait un élément critique pour le succès de champs de recherche "riches en connaissances ».

Cela vient conclure avec tout ce qui a été présenté dans ce chapitre que l'apport et l'utilité des ontologies aux EIAH n'est plus seulement un effet de mode sans aucun apport au domaine.

Ces dernières années, de nombreux travaux ont montré que les ontologies sont utilisées dans la recherche et l'indexation des différentes ressources pédagogiques sur le web, ils servent aussi de base de navigation qui offre des formes d'acquisition autres que celles proposées dans les cursus des apprentissages classiques qui sont en général du type linéaire, d'autres travaux ont mis l'accent sur utilisation des ontologies afin de décrire et composer des contenus des documents.

Dans ce qui suit, nous allons exposer une nouvelle pédagogie d'enseignement sur laquelle nous allons fonder notre environnement informatique d'apprentissage humain en utilisant une ontologie de domaine.

Chapitre 3

La théorie de la classe inversée

Le présent chapitre aborde notre proposition pour l'adaptation d'une pédagogie inversée dans l'enseignement de l'algorithmique, soit converger de la classe traditionnelle à la classe inversée.

Nous aborderons dans une première partie une définition sur la pédagogie inversée en général et la classe inversée en particulier, leurs avantages, outils pratiques et les inconvénients. Dans la deuxième partie, nous allons justifier le choix de l'utilisation d'une classe inversée qui se base sur la taxonomie révisée de Bloom en présentant une explication des différentes phases de cette dernière.

1. Introduction.....	51
2. La Classe inversée et l'enseignement inversé.....	52
3. Définition :	53
4. Revue de la littérature	56
4.1. Une salle de classe inversée.....	57
4.2. La classe inversée pour l'apprentissage de l'algorithme.....	57
4.3. Discussion.....	59
5. Naissance et évolution de la classe inversée.....	60
5.1. La différence entre la taxonomie de Bloom et taxonomie révisée de Bloom.....	61
5.2. Taxonomie révisée de Bloom :.....	61
6. La pédagogie de classe inversée	64
6.1. Qu'est-ce que la pédagogie de classe inversée ?.....	64
6.2. L'organisation d'une séance d'apprentissage en mode inversé :	66
6.3. Les besoins d'apprentissage en classe inversée :.....	68
6.3.1. L'apprentissage inversé exige des environnements flexibles.....	68
6.3.2. L'apprentissage renversé exige un changement dans la culture d'apprentissage	69
6.3.3. L'apprentissage inversé exige un contenu intentionnel	69
6.3.4. L'apprentissage inversé exige des enseignants professionnels....	70
6.4. L'intérêt des outils utilisés :	70
6.4.1. Quels outils peuvent - être utilisés ?.....	71
6.4.2. Quel intérêt donner aux divers outils ?.....	72
7. Réponse à quelques critiques récurrentes sur la classe inversée	72
7.1. Les apprenants ne vont pas regarder les vidéos	72
7.2. La classe inversée s'appuie sur/augmente les inégalités	73
7.3. Le manque d'interactivité	74
7.4. La classe inversée accroît le temps passé devant un écran pour les élèves	74
7.5. La classe inversée accroît le temps consacré aux devoirs.....	74
7.6. La classe inversée ne remet pas véritablement l'élève au cœur de l'apprentissage	75
8. Les avantages des classes inversés : (Moukhachen, Poellhuber et Laurent, 2015)	75
8.1. Renforcement de la relation entre l'enseignant et les apprenants.....	75

8.2. Libérer du temps en classe pour utiliser plusieurs techniques pédagogiques	76
8.3. Développement de l'autonomie des apprenants.....	76
8.4. Un environnement d'apprentissage plus agréable	76
8.5. Aider à améliorer la qualité d'apprentissage	77
9. Les inconvénients des classes inversés : (Moukhachen, Poellhuber et St-Laurent, 2015)	78
9.1. Nécessite du travail de mise en place	78
9.2. Nécessite plus d'organisation	78
9.3. On ne rattrape pas forcément TOUS les élèves	78
10. Discussion.....	79
Conclusion :.....	80

1. Introduction

Dans notre présente recherche, nous avons choisi d'adopter une approche pédagogique relativement récente qui est considérée comme une solution pour soutenir l'apprentissage, tout en favorisant le développement des usages du numérique.

L'un des objectifs de notre étude est de montrer comment intégrer la classe inversée dans la pratique pédagogique de l'enseignement de l'algorithmique pour les apprenants en premières années branche math et informatique au sein de notre université.

Dans une approche traditionnelle, l'apprenant est livré en tant que participant passif dans le processus d'apprentissage avec les approches communicatives c'est plutôt l'inverse, l'apprenant est placé au centre de la démarche de la classe. Dans ce cas, il prépare son cours à la maison puis réalise ses devoirs en classe.

Notre choix d'adoption de cette démarche n'est pas un hasard, c'est principalement parce que le modèle de la classe inversée est un concept d'actualité parmi ceux que comptent les nouvelles méthodologies d'enseignements, dans le principal but d'apporter des changements et de l'innovation dans les méthodes d'enseignements actuelles, aussi l'avènement des TICE (Technologie de l'information et de la communication pour l'enseignement) a été un facteur imminent dans ce choix.

La classe inversée se trouve actuellement au cœur de l'attention des éducateurs, et ce, à travers le monde. (Bishop et Verleger, 2013) parlent du nombre incroyable de nouveaux sites web y étant dédiés ainsi que de l'effervescence de la production de nouveaux articles scientifiques. Cet engouement soulève de nombreuses questions : une telle approche produit-elle les effets annoncés ? Présente-t-elle des avantages ou des intérêts non anticipés ? Quelles sont les difficultés vécues par les étudiants qui la vivent ? Par les enseignants ? Une telle approche convient-elle à tous

les étudiants, à toutes les disciplines ou à tous les objectifs d'apprentissage ?

Afin de répondre, du moins en partie, à ces questionnements, nous présentons dans le reste de ce chapitre une définition de ce qui est un apprentissage inversé et une classe inversée, ses principes, avantages et inconvénients. Nous mettons également en évidence quelques recommandations pour son implantation en classe.

2. La Classe inversée et l'enseignement inversé

La classe inversée est habituellement décrite comme des événements qui ont traditionnellement eu lieu à l'intérieur de la classe et se déroulent maintenant à l'extérieur de la salle de classe et vice versa (DeSantis, Van Curen, Putsch, et Metzger, 2015 ; Grypp et Luebeck, 2015; Lage, Platt et Treglia, 2000). Cependant, une simple réorganisation des activités d'enseignement et d'apprentissage est insuffisante pour représenter la pratique de cette approche pédagogique.

Les chercheurs tentent donc de formuler une définition de l'approche de classe inversée en tant que pédagogie soutenue par la technologie qui comprend deux composantes :

« Diriger l'enseignement individuel par ordinateur en dehors de la salle de classe à travers des conférences vidéo et des activités d'apprentissage en groupe interactives dans la classe » (Bishop et Verleger, 2013 ; Huanget Hong, 2016 ; Kettle, 2013 ; Kirvan, Rakes et Zamora, 2015).

Les avantages de la méthode d'enseignement inversée dans la littérature actuelle sont énumérés comme suit :

- La progression des apprenants selon leur propre rythme.
- Faire les devoirs en classe donne aux enseignants un meilleur aperçu des difficultés et des styles d'apprentissages des apprenants.

- Les enseignants peuvent facilement personnaliser et actualiser le curriculum et le fournir aux apprenants.
- Le temps en classe peut être utilisé de manière plus efficace et créative.
- Les enseignants utilisant cette méthode rapportent des niveaux accrus de réussite, d'intérêt et d'engagement.

Cette théorie d'apprentissage soutient les nouvelles approches de la technologie et elle est flexible et appropriée pour l'apprentissage du 21^{ème} siècle (Chao, Chen et Chuang, 2015 ; Chen, 2016 ; Fulton, 2012 ; Snyder, Paska et Besozzi, 2014 ; Tsai, Shen et Lu, 2015).

De nombreuses études ont discuté des avantages que l'on peut retirer de la classe (Fulton, 2012 ; Giannakos, Krogstie et Chrisochoides, 2014 ; Berrett, 2012 ; Huang et Hong, 2016 ; Leis, Cooke et Tohei, 2015 ; Moraros, Islam, Yu, Banow et Schindelka, 2015 ; Strayer, 2007 ; Strayer, 2012 ; Warter et Dong, 2012).

3. Définition :

Dans le modèle de classe inversée, les enseignants font basculer l'apprentissage direct de l'espace d'apprentissage en grand groupe et le déplacent dans l'espace d'apprentissage individuel. Les enseignants enregistrent et racontent des screens-castes du travail qu'ils font sur leur ordinateur de bureau, créent des vidéos d'eux-mêmes en train d'enseigner, ou organisent des leçons vidéo à partir de sites Internet tels que TED-Ed et Khan Academy¹. Beaucoup d'éducateurs commencent leur classe en utilisant ce matériel facilement accessible. Les vidéos ou les screens-castes sont accessibles aux étudiants au moment et à l'endroit qui leur convient (à la maison, en salle d'étude, dans le bus, même à l'hôpital) autant de fois

¹ TED-Ed (ed.ted.com) dispose d'une bibliothèque complète de vidéos éducatives, mises à la disposition des éducateurs professionnels qui ont inversé leur classe. De même, l'Académie de Khan a plus de 4 000 vidéos (khanacademy.org), dont beaucoup portent sur les mathématiques et les sciences, parmi lesquelles choisir. Salman Khan, le fondateur du site Web, a déclaré que même si l'Académie " a été associée à l'idée de la salle de classe inversée "... le concept a en fait été conçu par d'autres avant que l'Académie Khan existe " (Khan, 2012)

qu'ils le souhaitent, ce qui leur permet de venir en classe mieux préparée (Musallam, 2010).

La " classe inversée " est une approche pédagogique qui inverse la nature des activités d'apprentissage dans la salle de classe et à la maison, entraînant un changement dans les rôles traditionnels d'apprentissage, une orientation stratégique qui aide l'enseignement supérieur à répondre aux attentes des étudiants d'aujourd'hui tout en optimisant les ressources pédagogiques et les ressources de la classe. (Selvabarathi et Govindarajan, 2016)

Lebrun et Lecoq dans (Lebrun et Lecoq, 2015) ont décrit la classe inversée comme suit :

- Une façon d'accroître les interactions et les contacts personnalisés entre les élèves et l'enseignant.

- Un environnement dans lequel les acteurs changent de rôle : les élèves prennent en charge leur propre apprentissage sous la direction du formateur qui n'est plus le maître sur scène "sage sur scène", mais le guide attentif sur le côté.

- Un mélange fertile de transmission directe "j'enseigne" avec une approche constructiviste ou socioconstructiviste de l'apprentissage (c'est aux apprenants d'apprendre).

- Une classe dans laquelle les élèves absents pour cause de maladie ou d'activités parascolaires ne seront pas "laissés pour compte".

- Une classe où le contenu travaillé (le "sujet") est accessible en permanence pour les révisions, les examens, la remédiation.

- Un lieu où les étudiants peuvent recevoir un soutien personnalisé.

Bishop et Verlegger (2013) affirment que la classe inversée ne vise pas la transformation des méthodes d'enseignement, mais en revanche, il favorise l'utilisation des stratégies plutôt conventionnelles, telles que l'enseignement magistral et le travail en équipe dans des contextes divers. La phase hors classe est dominée par les méthodes centrées sur l'enseignant (teacher-centered learning theories), alors que la phase en

classe, l'accent est mis sur les approches qui nécessitent des interactions ou la participation des étudiants (student-centered learning theories). (Bishop et Verleger, 2013)

Lebrun (Lebrun, 2014) définit la classe inversée comme étant un dispositif hybride dans le sens où certaines tâches sont réalisables à distance alors que d'autres doivent être réalisés en classe et avec la présence de l'enseignant. (Lebrun, 2014)

De son côté, Berthiaume et Dumont (2016) estiment que la classe inversée n'est pas considérée comme étant une méthode, mais elle exprime plutôt un nouvel état d'esprit qui a pour objectif l'optimisation du temps en présentiel avec les étudiants en le consacrant aux activités d'apprentissage. Cette définition souligne que la classe inversée n'est qu'un moyen pour changer la pratique dans l'environnement physique d'apprentissage (école, lycée ou université). Si cet environnement se démarque par des changements innovants, ce sera grâce à l'interaction positive entre les technologies et les pratiques pédagogiques. L'apprentissage est de plus en plus centré sur l'apprenant pour lui assurer une progression autonome, en effet, un changement a touché les méthodes de travail, d'information, de communication et de vie avec l'avènement du numérique. (Berthiaume et Dumont, 2016)

En réalité, la classe inversée se présente comme une solution de soutien à l'apprentissage qui assure le développement des usages numériques. Selon Taurisson et Herviou (2015), souvent les apprenants cherchent des connaissances sur le cours à l'aide des technologies numériques (vidéo et/ou cours en ligne) avant leurs arrivées en classe. Ils affirment que le développement de la classe inversée est meilleur grâce au développement des technologies numériques qui offrent en continu de nouvelles possibilités de présentation de cours. (Taurisson et Herviou, 2015)

L'usage des technologies dans la classe inversée est favorisant surtout qu'elle est considérée comme étant une approche pédagogique

innovante. Lebrun (2014) affirme que : *“les technologies ont un effet sur la pédagogie, mais ce qu'on oublie souvent c'est que, pour avoir une véritable valeur ajoutée de la technologie sur la pédagogie, il faut d'abord que la pédagogie change. Si on applique des outils technologiques sur une pédagogie qui ne change pas, on fera de grandes recherches pour montrer malheureusement qu'il n'y a pas les effets pédagogiques attendus”*. (Lebrun, 2014)

Dans ce sens, Lebrun (2014) atteste que la pédagogie de la classe inversée représente une méthode pédagogique pratique et efficace, vu qu'elle assure une combinaison entre les deux types d'apprentissages présentiels et à distance. La classe inversée est idéale pour associer la pédagogie à la technologie qui est susceptible d'apporter sous certaines conditions une valeur ajoutée à l'apprentissage des étudiants. (Lebrun, 2014)

Effectivement, Meyer et Nizet (2016) déclarent que sous certaines conditions, la classe inversée est considérée comme étant une approche potentiellement intéressante dans l'apprentissage. Ces conditions se résument comme suit :

- L'enseignant détermine l'objet d'apprentissage approprié au moyen et moment désigné.

- L'autoapprentissage par séquence vidéo assure le respect du rythme d'apprentissage des apprenants, mais ne convient pas à tous les types d'apprenants.

- La phase « hors classe » peut servir de perspective inductive favorisant également l'activité cognitive de l'apprenant.

- Le succès de la classe inversée est dû à la pédagogie active même si elle ne représente pas la caractéristique exclusive. (Meyer et Nizet, 2016)

4. Revue de la littérature

Cette section présente l'approche des classes inversées et l'importance des algorithmes d'apprentissage pour les apprenants en informatique. Certains des problèmes qu'ils rencontrent lorsqu'ils apprennent ce sujet sont également décrits.

4.1. Une salle de classe inversée

La classe inversée est habituellement décrite comme des événements qui ont traditionnellement eu lieu à l'intérieur de la classe et qui ont maintenant lieu à l'extérieur de la classe et vice versa (DeSantis, Van Curen, Putsch, et Metzger, 2015 ; Grypp, et Luebeck, 2015 ; Lage, Platt, et Treglia, 2000), mais un simple réaménagement des activités pédagogiques est insuffisant pour refléter la pratique de cette approche pédagogique.

Les chercheurs tentent donc de formuler une définition de l'approche de la classe inversée comme une pédagogie appuyée par la technologie qui comporte deux volets : (1) diriger l'enseignement individuel informatisé à l'extérieur de la salle de classe au moyen de vidéoconférences et (2) des activités d'apprentissage interactives de groupe à l'intérieur de la classe (Bishop et Verleger., 2013 ; Huanget Hong, 2016 ; Kettle, 2013 ; Kirvan, Rakes, et Zamora, 2015).

L'approche en classe inversée améliore les résultats d'apprentissage, soutient l'apprentissage actif et la pensée de haut niveau (Baepler, Walker, et Driessen, 2014). En même temps, l'approche de la salle de classe inversée soutient l'utilisation de la technologie pour l'enseignement en dehors de l'école (Herreidet Schiller, 2013), donne la responsabilité d'acquérir des connaissances aux apprenants (Butzler, 2016). L'approche en classe inversée stimule également la motivation (Strayer, 2012 ; Turan, 2015) et améliore les performances d'apprentissage des élèves (Hung, 2015). De plus, grâce à l'approche de la salle de classe inversée, les étudiants ont la possibilité d'apprendre individuellement et, dans ce contexte, ils peuvent ajuster leur propre temps d'étude de manière flexible (O'Flaherty et Phillips, 2015).

4.2. La classe inversée pour l'apprentissage de l'algorithme

Notre hypothèse est que la classe inversée est un moyen efficace d'enseigner les algorithmes, par rapport au modèle traditionnel. Les avantages généraux de la salle de classe inversée ont été décrits dans les

sections précédentes ; nous allons discuter ici de ces avantages spécifiques pour l'enseignement des algorithmes.

Tout d'abord, les matériaux couverts dans les cours magistraux d'algorithmes sont denses et pour beaucoup d'apprenants, ils sont difficiles à comprendre à la vitesse à laquelle les enseignants les présentent (Megha, 2015) donc, de temps en temps, l'apprenant doit s'arrêter et réfléchir par lui-même pour rattraper le cours, mais sur un cours traditionnel, cette pause est impossible, car son besoin varie selon les personnes. De plus, le contenu est séquentiel et étroitement lié les uns aux autres, de sorte que si l'attention de l'apprenant s'éloigne pendant un moment, il risque de ne pas comprendre la majeure partie du contenu du reste du cours et de simplement perdre du temps à assister au cours. Les deux problèmes sont résolus par les cours magistraux vidéo qui sont assignés aux apprenants comme devoirs à la maison dans le modèle de salle de classe inversée. L'apprenant peut regarder une conférence vidéo à la vitesse qui lui convient, la mettre en pause lorsqu'il a besoin de réfléchir à un concept ou la rembobiner s'il a manqué quelque chose.

Une autre raison pour laquelle l'enseignement des algorithmes est efficace à travers les classes inversées est que de nombreux exercices et problèmes dans ce domaine peuvent être automatisés (Shaaraniet al, 2017). Ainsi, une partie des devoirs de la classe inversée, qui consiste à apprendre du nouveau matériel en regardant des conférences vidéos, puis en faisant des exercices et des problèmes qui sont notés automatiquement, peuvent être utilisés avec succès. De nombreux exercices peuvent être notés simplement en comparant deux cordes, c'est-à-dire que les apprenants répondent et répondent correctement. De plus, les affectations de programmation peuvent être évaluées à l'aide d'une niveleuse automatique qui peut évaluer le code de manière approfondie et en même temps donner un feedback détaillé.

De plus, le temps en classe dans la méthode de classes inversées qui est habituellement utilisée pour des activités de groupe peut aussi être

utilisé efficacement pour l'enseignement des algorithmes (Hsiang-Jui Kung et LeeAnn Kung, 2017). Il y a beaucoup de problèmes avancés, par exemple ceux des concours de programmation qui sont de bons sujets de discussion et de partage d'idées entre les apprenants afin d'aboutir aux meilleures solutions. Les apprenants peuvent partager des idées sur la façon de résoudre les problèmes de la manière la plus efficace possible en termes de temps ou de mémoire ou sur la façon d'écrire des solutions plus compactes ou faciles à comprendre. L'enseignement par les pairs peut également être efficace, car souvent les compétences et la vitesse de compréhension des apprenants varient, de sorte que certains apprenants comprennent bien l'algorithme, tandis que d'autres sont bloqués à certains moments et ont besoin d'un enseignement individuel. Dans de tels cas, l'enseignement par les pairs peut être très productif.

4.3. Discussion

Alors que le nombre d'études en salle de classe a augmenté (Giannakos, Krogstieet Chrisochoides, 2014 ; Berrett, 2012 ; Huang et Hong, 2016 ; Lai et Hwang, 2016 ; Strayer, 2007 ; Strayer, 2012 ; Warter et Dong, 2012) il semble que les chercheurs aient trouvé certains défis tels que :

- En ce qui concerne les conférences vidéo en ligne, les vidéos d'apprentissage inversé doivent encourager les apprenants à interagir aussi bien qu'à regarder. Lors de la conception d'une vidéo en ligne, elle peut inclure plusieurs éléments tels que l'animation, la bande dessinée et la musique pour attirer l'attention des apprenants sur la vidéo.

- Bien que la vidéo et les plates-formes en ligne soient des outils importants dans la pratique inversée de la classe, l'enseignant ne peut ignorer d'autres facteurs importants qui influencent la réussite de l'apprentissage de l'apprenant, tel que l'interaction, la motivation et l'engagement de celui-ci. Il peut aussi s'intéresser plus particulièrement à une variété de stratégies et de conceptions pédagogiques telle que la

stratégie d'apprentissage inversée et les notes ou style d'apprentissage de l'apprenant.

- N'a pas réussi à définir et à examiner les principes de conception d'une salle de classe inversée (Kim et al 2014) ou à utiliser un cadre conceptuel qui pourrait guider la conception d'une classe inversée (O'Flaherty et Phillips, 2015). L'heure actuelle, la conception d'une salle de classe inversée s'est souvent limitée à la pratique consistant à remplacer simplement l'enseignement en classe par des cours enregistrés sur vidéo et à utiliser le temps en classe pour les devoirs (Kim et al, 2014). Cependant, quel cadre de conception pédagogique devrions-nous utiliser pour planifier l'approche globale de la salle de classe à l'envers ? (Teimziti, Mahnane et Hafidi, 2019)

5. Naissance et évolution de la classe inversée

En 1920 aux États-Unis le concept de classe inversée a fait son apparition ; à cette époque que Thomas Edison avait prédit que le film permettrait un bouleversement de l'enseignement, « *The motion picture is destined to revolutionize our educational system and will supplant textbooks with 100% efficiency.* » (Oppenheimer, 2004)

À la fin des années 1960, Benjamin Bloom a joué un rôle clé dans l'évolution de la classe inversée. En effet, ce psychologue spécialisé en pédagogie proposa en 1968 ce qu'on appelle la taxonomie de Bloom en forme de pyramide.

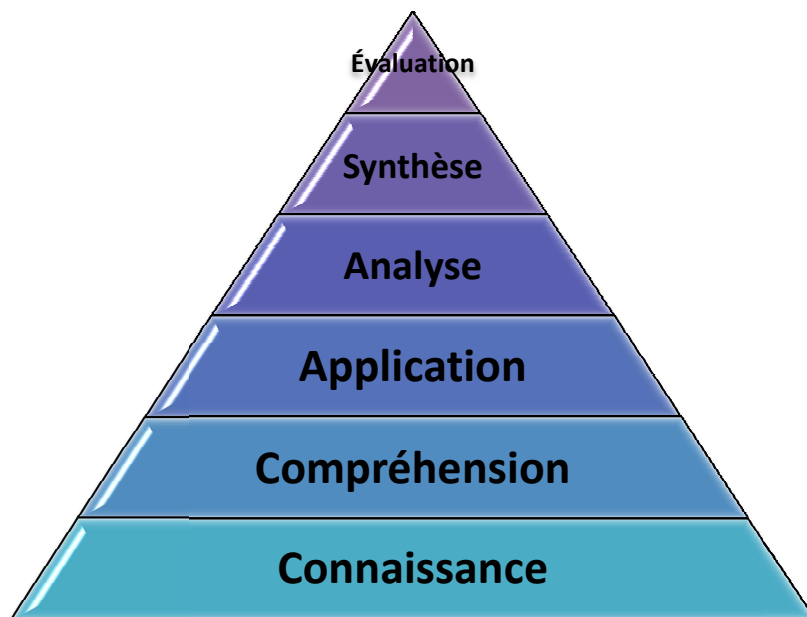


Figure 3.1. Pyramide de la taxonomie de Bloom

5.1. La différence entre la taxonomie de Bloom et taxonomie révisée de Bloom

La taxonomie de Bloom est un modèle qui comporte six niveaux cognitifs de complexité de classification de la pensée. Avec le temps, ces niveaux ont été considérés par les enseignants comme étant des escaliers qu'ils motivaient leurs apprenants de les grimper afin d'atteindre le niveau de pensée supérieur. Les six niveaux de la taxonomie de Bloom sont : la connaissance, la compréhension, l'application, l'analyse, la synthèse et enfin l'évaluation. Chaque niveau requiert la maîtrise du niveau inférieur. Automatiquement, un apprenant qui travaille au niveau « application » doit forcément avoir maîtrisé les niveaux « connaissance » et « compréhension ». D'ailleurs, grâce à cette superposition des niveaux, des divisions naturelles de la pensée du niveau inférieur au supérieur sont apparues.

Depuis son apparition, la taxonomie de Bloom a fait ses épreuves, sa longévité historique et sa popularité ont fait qu'elle soit élargie et interprétée de diverses façons. Néanmoins, une révision récente (conçue par l'un des corédacteurs de la taxonomie originale avec un ancien élève de Bloom) mérite une attention particulière.

5.2. Taxonomie révisée de Bloom :

En 1990, Lorin Anderson un ancien élève de Bloom, avait organisé de nouveau une assemblée afin de mettre à jour la taxonomie de telle façon

qu'elle soit plus pertinente pour les apprenants et les enseignants du 21ème siècle.

L'assemblée était composée de trois équipes des psychologues cognitifs, des théoriciens du curriculum et les chercheurs en enseignement avec la présence des spécialistes des tests et des évaluations (Anderson et David, 2000).

Le travail été ardu, il a pris six ans pour être finaliser, ce n'est qu'en 2001 que fut publiée une nouvelle version qui comportait des changements mineurs, mais importants. Les changements apportés ont touché trois grandes catégories : la terminologie, la structure et l'accent. Les changements terminologiques entre les deux versions semblent être les différences les plus visibles qui prêtent confusion.

Principalement, le premier changement qu'ont subi les six principales catégories de Bloom était du nom à la forme verbale. Le second, le niveau basique « la connaissance » a été renommé en « mémorisation ». Le troisième changement, c'est au niveau des catégories « la compréhension » et « la synthèse » qui ont été réintitulées respectivement « compréhension » et « création » ; la figure comparative suivante illustre les principaux changements.

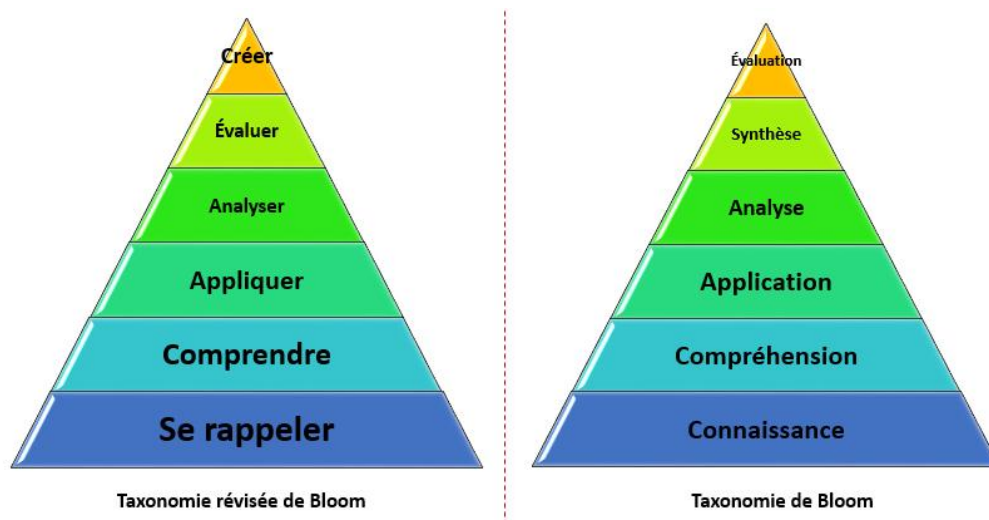


Figure 3.2. Changements de terminologie "Le graphique est une représentation du NOUVEAU verbiage associé à la taxonomie familière de Bloom depuis longtemps. Notez le passage de Noms à Verbes [p. ex., Application à Appliquer] pour décrire les différents niveaux de la taxonomie. Notez que les deux niveaux supérieurs sont essentiellement échangés de l'Ancienne vers la Nouvelle version." (Schultz, 2005)

Les nouveaux termes sont définis comme suit :

- **Se rappeler (reconnaitre)** : Récupérer, reconnaître et rappeler les connaissances pertinentes de la mémoire à long terme.

- **Comprendre** : Construire un sens à partir de messages oraux, écrits et graphiques en interprétant, en illustrant, en classant, en résumant, en déduisant, en comparant et en expliquant.

- **Appliquer** : Exécution ou utilisation d'une procédure par l'exécution ou la mise en œuvre.

- **Analyser** : Décomposer les matériaux en éléments constitutifs, déterminer comment les éléments sont liés les uns aux autres et à une structure ou à un but global par la différenciation, l'organisation et l'attribution.

- **Évaluer** : Faire des jugements basés sur des critères et des normes par la vérification et la critique.

- **Créer** : Réunir des éléments pour former un tout cohérent ou fonctionnel ; réorganiser les éléments en un nouveau modèle ou une nouvelle structure par la génération, la planification ou la production. (Anderson et Krathwohl, 2001)

Mais en quoi la pyramide échelonnée de Benjamin Bloom a joué un rôle important dans l'évolution de la pédagogie de classe inversée ? La réponse se situe dans le simple intitulé de cette pédagogie.

À partir de la taxonomie de Bloom, nous pouvons faire émerger le modèle d'enseignement transmissif d'une part et le modèle inversé d'autre part. L'inversion consiste en fait à permuter le cours dispensé en classe par l'enseignant avec le travail donné à faire aux élèves à la maison. Regardons de plus près la taxonomie de Bloom dite inversée

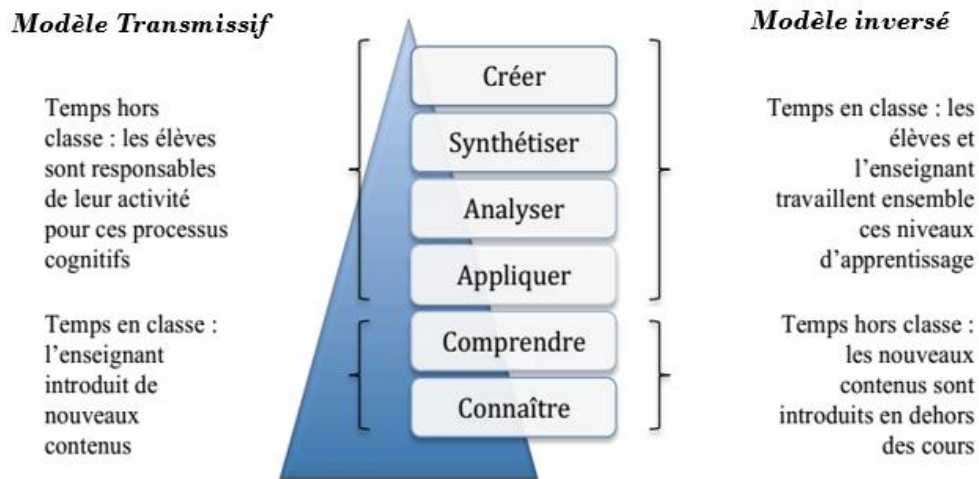


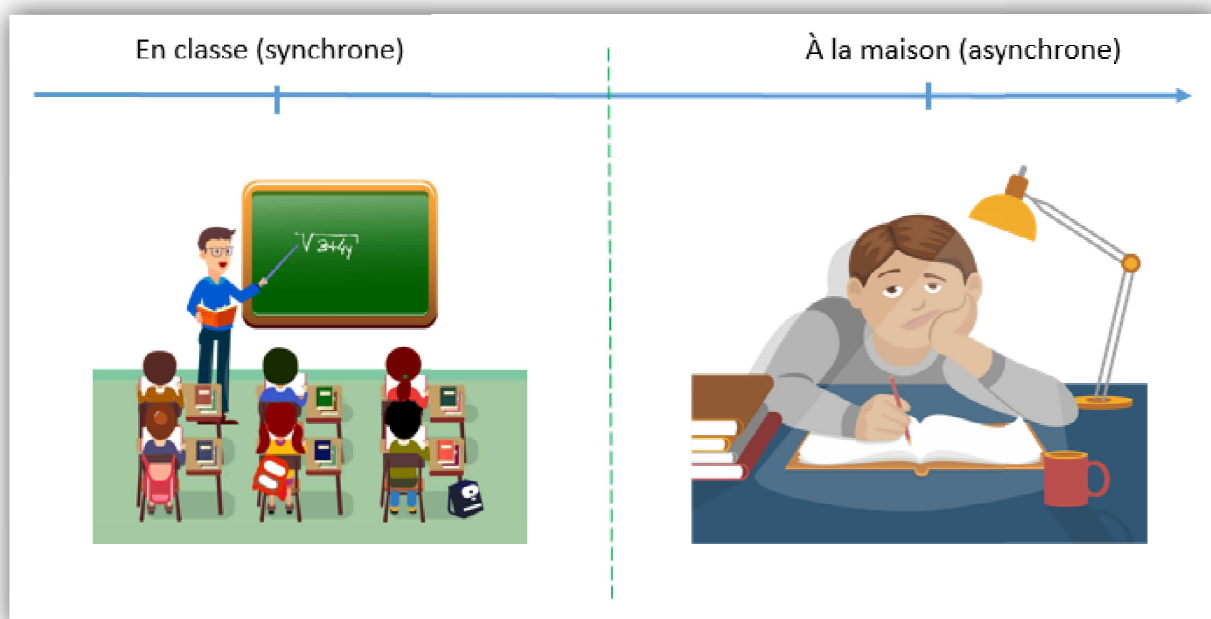
Figure 3.3. Le modèle d'enseignement transmissif d'une part et le modèle inversé

6. La pédagogie de classe inversée

6.1. Qu'est-ce que la pédagogie de classe inversée ?

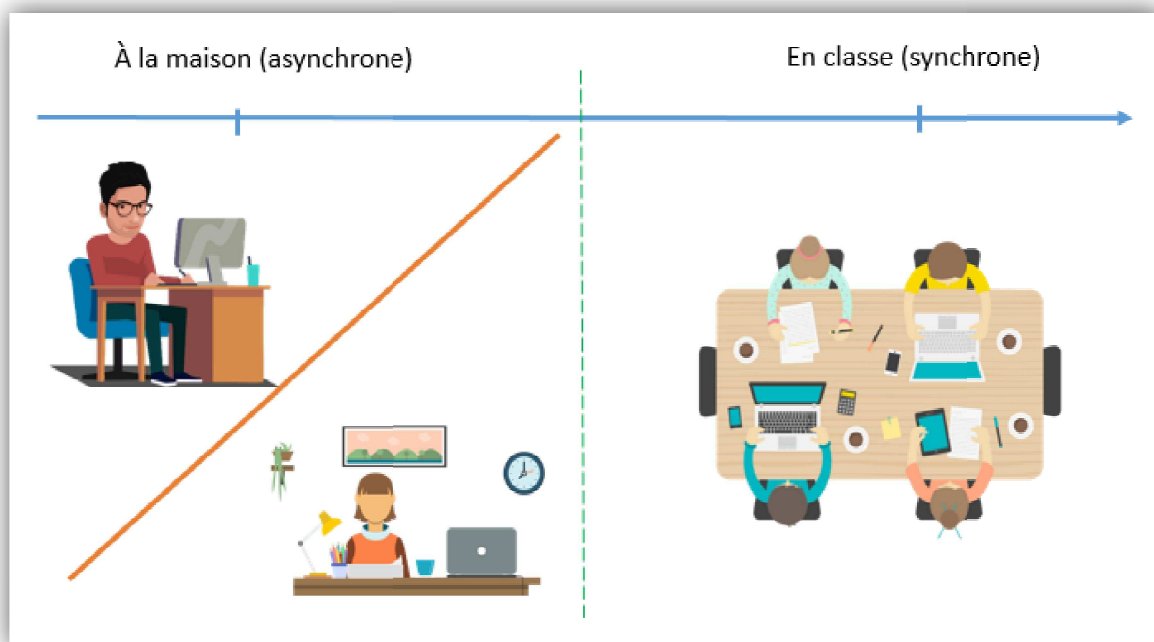
La meilleure façon d'expliquer le concept de classe inversée est une comparaison entre l'enseignement traditionnel transmissif et la pédagogie de classe inversée.

Figure 3.4. Enseignement traditionnel transmissif



Dans l'enseignement traditionnel les notions et contenu déterminés par le bulletin officiel, sont constitués en classe (synchrone). Donc le travail qu'auront les apprenants à la maison sera une tâche de vérification si les connaissances acquises en classe sont bien assimilées à travers la réalisation d'exercice d'entraînement ou d'activités (asynchrone). Ce type d'enseignement est résumé comme suit :

Dans une pédagogie de classe inversée, le processus d'apprentissage précédemment présenté est « inversé », d'où l'origine du nom de cette pédagogie. Effectivement, cela est souvent représenté comme une simple inversion des moments et activités synchrones et asynchrones d'un



enseignement traditionnel transmissif. (Lebrun, 2014)

Figure 3.5. Inversion des moments et activités synchrones et asynchrones

Effectivement, le fait de consulter les notions de cours à la maison laisse davantage de temps en classe pour réaliser plus d'activité et d'exercice d'entraînement individuellement ou en groupe. En effet, l'enseignant assure la mise à disposition des ressources aux apprenants qui peuvent prendre différentes formes pour garantir la présence continue

de la partie transmissive, comme le montre l'image ci-dessus, le modèle inversé n'élimine pas l'enseignement traditionnel, car l'un des objectifs de cette pédagogie est de fournir une variété des méthodes d'apprentissage qui dépend d'une présélection pertinente du choix de modèle pédagogique à utiliser dans une situation et dans un moment donné.

6.2. L'organisation d'une séance d'apprentissage en mode inversé :

Avant de mettre en œuvre une séquence d'apprentissage en mode inversé, il faut expliquer ce qui se passe dans une séquence d'enseignement traditionnel transmissif qui peut être décrite comme suit :

- La phase « hors classe » pour l'enseignant qui se résume à sa préparation en amont du cours à présenter ;

- La phase « en classe » c'est la phase d'acquisition de connaissance, où les apprenants reçoivent une quantité d'information de la part de leur enseignant ;

- La phase « hors classe » pour l'apprenant, lui permet généralement, l'application des connaissances préalablement abordées en classe à l'aide d'exercice. À la fin il fera face à une évaluation sommative à laquelle il se trouve qu'il n'est même pas bien préparé pour ça, car par manque de temps il n'a pas eu l'entraînement qu'il fallait ;

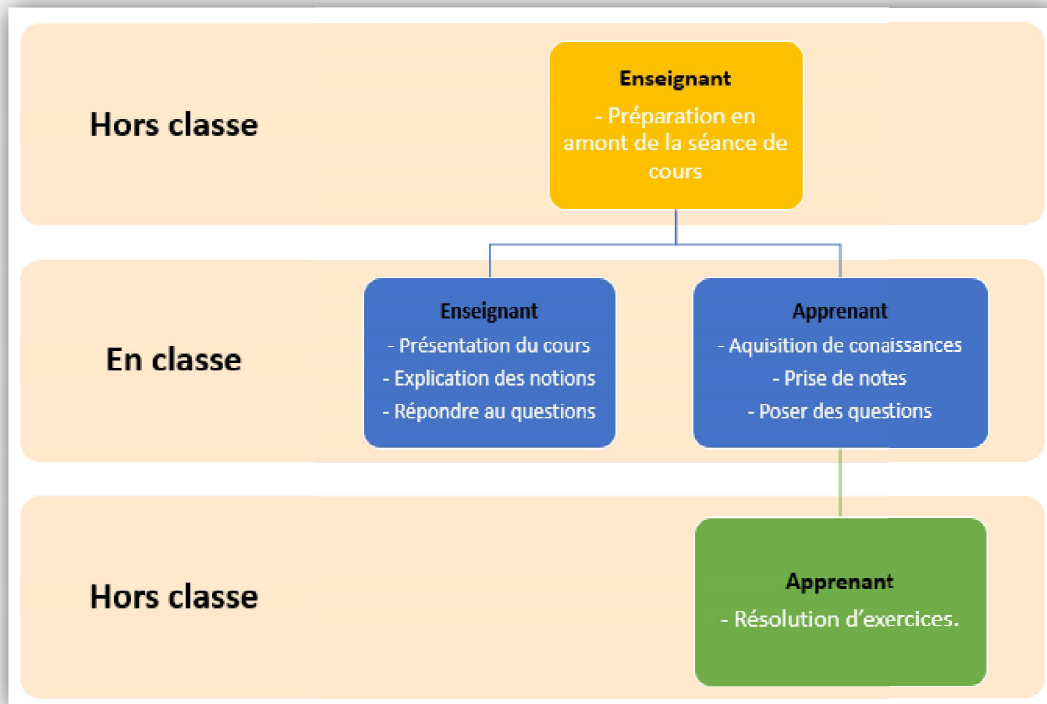


Figure 3.6. Une séquence d'enseignement traditionnel transmissif

Le format d'une séquence de classe traditionnelle comprend trois phases, deux phases dites « hors classe » et une phase dite « en classe ».

La figure suivante explique la structure d'une séquence de classe basée sur la pédagogie de classe inversée.

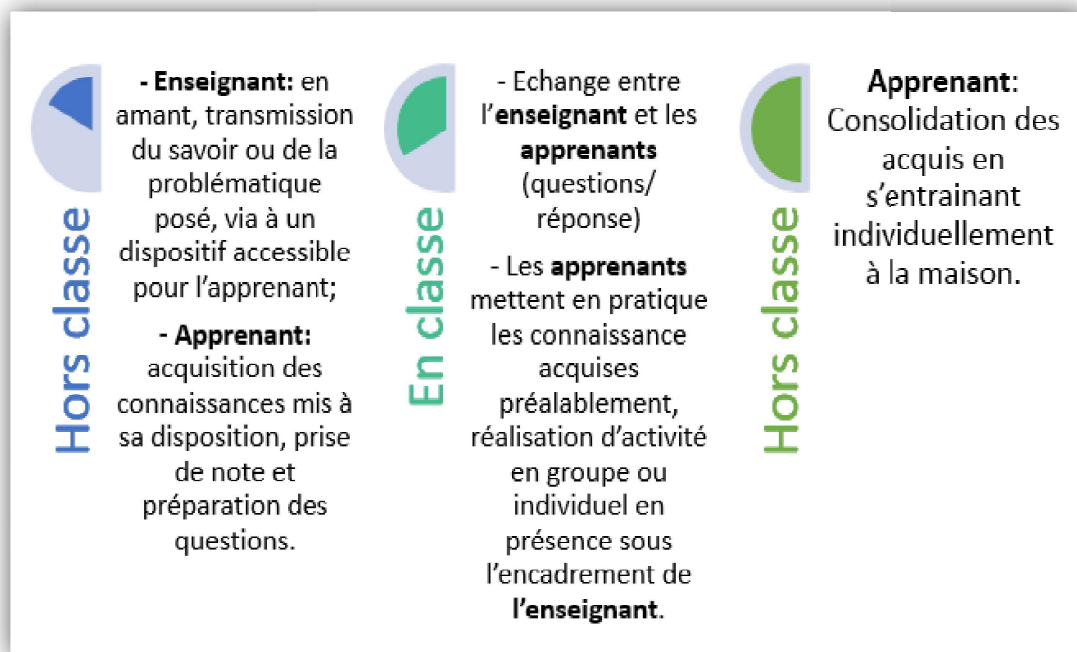


Figure 3.7. Une séquence d'enseignement en mode inversé

Il est à noter que le modèle proposé dans la précédente figure ne présente pas un canevas qu'il faut impérativement suivre ses différentes étapes, car en réalité, il existe une variété de niveaux pédagogique en classe inversée. Ces niveaux déterminent le degré de travaux en collaboration et en coopération et son importance. Ce modèle général ne nous renseigne pas sur l'activité concrète de l'enseignant et des apprenants dans les différentes phases « en classe » et « hors classe ». Dans le but d'éclaircir davantage le modèle inversé, il faut mettre l'accent sur les méthodes pédagogiques susceptibles d'être utilisées dans ce dernier.

6.3. Les besoins d'apprentissage en classe inversée :

6.3.1. L'apprentissage inversé exige des environnements flexibles

La classe inversée offre la possibilité d'adopter une variété de modes d'apprentissage ; c'est pour cela que les enseignants doivent assurer souvent le réaménagement de leur espace d'apprentissage pour accommoder la leçon selon les besoins des apprenants et des activités qu'elle implique comme : un travail de groupe, des études indépendantes, de la recherche, de la performance ou de l'évaluation. Les enseignants

accepteront que le temps passé en classes inversées soit un peu chaotique et bruyant, en comparaison avec le calme typique qui règne pendant un cours magistral. Aussi, ils vont assurer une flexibilité dans la gestion de leur calendrier d'apprentissage des apprenants et les méthodes d'évaluation, en construisant des systèmes d'évaluation appropriés qui mesurent objectivement la compréhension d'une manière significative pour les apprenants.

6.3.2. L'apprentissage renversé exige un changement dans la culture d'apprentissage

Le modèle d'enseignement traditionnel est centré sur l'enseignant comme étant la principale source d'information, l'enseignant est le "*sage sur scène*" (King, 1993), un expert du contenu qui fournit des informations à l'apprenant sous forme de cours magistral en général. Dans le modèle d'apprentissage inversé, on bascule volontairement d'une approche centrée sur l'enseignant à une approche centrée sur l'apprenant où le temps en classe est consacré à l'exploration profonde des notions et à fournir des perspectives d'apprentissage meilleures. Les apprenants participent davantage dans la formation de leurs connaissances. De ce fait, ils peuvent théoriquement rythmer leur apprentissage, vu qu'ils ont la possibilité de consulter le contenu à l'extérieur de la classe.

Les enseignants de classe inversée offrent leurs aides aux apprenants et leur permettent d'explorer en profondeur les notions cibles dans le processus d'apprentissage. Aussi, ils visent le niveau de préparation ou la zone de développement proximal des apprenants, où ils sont mis à l'épreuve, mais pas au point d'être démoralisé (Vygotsky, 1978).

6.3.3. L'apprentissage inversé exige un contenu intentionnel

Dans un modèle d'apprentissage inversé, les enseignants sont obligés d'évaluer directement le contenu qu'ils vont enseigner, ils doivent juger quels sont les matériaux que les apprenants sont autorisés à utiliser. Ils

cherchent continuellement à trouver la meilleure façon d'exploiter au mieux le modèle d'apprentissage inversé pour aider les apprenants à acquérir une compréhension conceptuelle. Les éducateurs utilisent le Contenu intentionnel pour maximiser le temps passé en classe afin de pouvoir adopter diverses méthodes d'enseignement telles que les stratégies d'apprentissage actif, l'enseignement par les pairs, l'apprentissage par les problèmes, la maîtrise ou les méthodes socratiques, selon le niveau scolaire et la matière enseignée.

6.3.4. L'apprentissage inversé exige des enseignants professionnels

L'application du modèle d'apprentissage inversé exige un professionnalisme de la part des enseignants, avoir des enseignants qualifiés est très important. Ils doivent être capable de déterminer quand et comment basculer d'un enseignement direct du groupe à l'espace d'apprentissage individuel, aussi, ils doivent maîtriser comment maximiser le temps en face à face entre eux et les apprenants. Gojak (Gojak, 2012)note que la bonne question que les enseignants doivent se poser n'est pas d'adopter ou non le modèle d'apprentissage inversé, mais plutôt d'utiliser le potentiel du modèle pour aider les apprenants à acquérir une compréhension conceptuelle. Durant les cours, les enseignants observent continuellement leurs apprenants, en leur fournissant de pertinents commentaires et évaluant leur travail.

6.4. L'intérêt des outils utilisés :

Le terme d' « outils » désigne toute objet physique ou virtuel présent durant le processus d'apprentissage et permettant d'exercer une action quelconque. On sous-entend par objet physique l'ensemble des livres, outils papier, les instruments de laboratoires, produit chimique... etc, et par objet virtuel les sites internet, les vidéos, l'outil numérique.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les outils favorisant le mode d'apprentissage inversé.

6.4.1. Quels outils peuvent – être utilisés ?

L'espace numérique de travail (ENT) présente le premier outil nécessaire dans ce mode d'apprentissage. Cet outil représente une banque de données et un lieu de communication entre l'enseignant et les apprenants. De nos jours, les ENT, sont indispensables et sont utilisés dans tous les milieux universitaires. Le premier rôle de cet environnement est la mise à disposition de toutes les ressources nécessaires au bon déroulement du cours entre les mains de l'apprenant. En revanche, cet espace n'est accessible que pour les enseignants pour mettre des cours dans le cadre du programme annuel des apprenants, il nous a été impossible d'y accéder dans le cadre de notre recherche, c'est pour cela que la création d'un autre espace complètement indépendant de celui de l'université était nécessaire pour notre recherche.

Le deuxième outil spécifique à la pédagogie de classe inversée est la vidéo. Actuellement, sur internet il existe une multitude de vidéos. Néanmoins, il est important que la vidéo soit en adéquation avec le contenu d'apprentissage et elle répond à ses besoins. Aussi, dans le but d'attirer l'attention de l'apprenant et lui éviter une situation de surcharge cognitive ou une désorientation, il faut éviter que les vidéos mises à sa disposition soient trop longues ou trop complexes. Dans certains cas, les vidéos mises en ligne sur internet, ne sont pas adaptées au rythme de progression de l'apprenant ou ne répondent pas aux exigences du cours, dans ces cas-là, l'enseignant doit passer à la production et la création de ses propres capsules vidéos.

Bien évidemment, les vidéos ne présentent pas les seuls outils virtuels favorisant un apprentissage en ligne. On peut exploiter des animations déjà existantes, des images illustratives, la mise à disposition de site internet externe intéressant, aussi ajouter de la documentation écrite (ex : extrait d'un article).

Après la présentation des différents outils prévus à l'utilisation dans le processus d'apprentissage, il est indispensable de présenter l'intérêt de leur utilisation, notamment le gain d'usage du numérique.

6.4.2. Quel intérêt donner aux divers outils ?

Depuis son apparition, l'outil numérique a toujours été considéré pour certains comme étant une invention diabolique. Ceci est dû aux craintes qu'approuvaient une bonne partie des individus qui ont vu naître le numérique. De telles craintes ont marqué l'histoire lors de l'apparition de plusieurs autres outils, qui de nos jours sont devenus indispensables, tel que le feu, l'électricité, le téléphone, la télévision, les voitures...etc, le vrai problème ne se pose pas par rapport à l'outil en lui-même, mais plutôt aux cas de son utilisation.

Effectivement, les outils peuvent avoir des points positifs et négatifs, mais cela dépend irréfutablement des cas d'utilisation des hommes, et de leurs usages. Ce qui fait que les craintes se transfèrent de l'outil à l'homme. De ce fait, le principal intérêt d'un outil dépend de la manière utilisée dans l'intégration de cet outil dans le processus d'apprentissage de l'apprenant.

Arrivés à ce stade de notre cadrage théorique, nous avons abordé un ensemble de pôles qui sont nécessaires à la compréhension, l'analyse et la conception d'une séquence pédagogique de classe inversée.

7. Réponse à quelques critiques récurrentes sur la classe inversée

En commençant leur pratique de la classe inversée, beaucoup d'enseignants rencontrent des difficultés par rapport à la classe traditionnelle, ces difficultés seront surmontées au fil du temps de pratique. Nombreux enseignants ont notés les critiques suivantes auxquelles nous apportons des réponses.

7.1. Les apprenants ne vont pas regarder les vidéos

Les nouveaux enseignants dans la pratique de classe inversée n'attendent pas de cette méthode la résolution de tous les problèmes. Il est connu que dans un modèle traditionnel certains apprenants ne font pas leur devoir à la maison, de même pour le modèle inversé, il se peut que certains apprenants ne visualisent pas les vidéos dans la phase « hors classe ». Néanmoins, plusieurs enseignants attestent que le pourcentage des apprenants qui ne regardent pas de vidéo est bien inférieur au pourcentage des apprenants qui ne font pas leurs devoirs.

Effectivement, la majorité des apprenants qui ne font pas leurs devoirs ne sont pas négligeants, mais ils ne le font pas par manque de compréhension, du coup ils bloquent rapidement face aux tâches qui leur sont demandées. Par contre, les apprenants qui visualisent des vidéos n'ont pas besoin de connaissances préalables pour le faire.

Plusieurs stratégies sont mises en œuvre pour diminuer ce problème et encourager l'apprenant à faire le travail préparatoire.

7.2. La classe inversée s'appuie sur/augmente les inégalités

Le problème d'inégalité scolaire est atténué avec la classe inversée, les ressources d'apprentissage sont disponibles en numérique, tout ce dont un apprenant a besoin est une connexion internet.

En 2017 des statistiques du Conseil de l'Autorité de régulation de la poste et des télécommunications (ARPT) ont révélé que l'Algérie comptait plus de 34,5 millions d'abonnements internet, avec une augmentation de plus de 20% par rapport aux chiffres indiqués en 2016, ce qui représente 86,25% de la population algérienne environ. 72 % de ce chiffre représente des internautes âgés entre 15 et 19 ans, dont 40 % qui se connectent tous les jours ou presque. (APS, 2018)

Avec la mise à disposition de diverses stratégies de partage d'information, l'enseignant n'est pas à court d'idées, des stratégies alternatives comme les supports numériques (USB, CD, DVD) sont disponibles afin que l'enseignant s'assure de l'acheminement du cours aux apprenants qui ne disposent pas de connexion internet.

Le principal objectif de la classe inversée est de mieux s'adapter au besoin de l'apprenant sans tenir compte de la manière adoptée pour le faire. Il faut toutefois mettre l'accent que dans une classe inversée la partie la plus importante se déroule en classe, les vidéos ne représentent qu'un outil favorisant la libération de temps en classe pour plus d'activité entre les apprenants et leur enseignant.

7.3. Le manque d'interactivité

Il est clair que les cours vidéo manquent d'interactivité entre l'apprenant et l'enseignant ce qui ne lui permet pas de recevoir des réponses en temps réel à ses questions comme c'est le cas dans un apprentissage traditionnel où l'apprenant et l'enseignant sont face à face. Toutefois, il n'est pas impossible pour un enseignant de recevoir les questions de l'apprenant et d'y répondre, grâce à leur ENT qui peut comporter une messagerie entre l'apprenant et l'enseignant où ils peuvent échanger des questions-réponses.

D'un autre point de vue, les enseignants encouragent les apprenants à aller chercher eux-mêmes des réponses à leur questions, en cherchant sur internet par exemple, ce qui développe énormément leur autonomie.

7.4. La classe inversée accroît le temps passé devant un écran pour les élèves

De nos jours, l'utilisation de l'outil numérique est indispensable, de nombreuses études ont démontré que l'utilisation de l'internet a augmenté déjà depuis ses premières utilisations. Le taux de jeunes utilisateurs quotidiens est passé de 5% à 55% et cela entre 1988 et 2008 seulement, et à partir de 2008, la quasi-totalité des 15-29 ans utilisait internet, dont 57% quotidiennement. (Sylvie, 2016)

Le temps que passent les apprenants à regarder des vidéos en classe inversée, sera compris dans le temps qu'ils passent quotidiennement sur internet, les apprenants d'aujourd'hui ne pourraient apprendre qu'avec les outils par lesquels ils communiquent quotidiennement.

7.5. La classe inversée accroît le temps consacré aux devoirs

Le modèle de classe inversée se base sur un système qui favorise le travail à la maison des apprenants, sans pour autant négliger l'utilité des devoirs à la maison, même s'il existe un certain nombre d'enseignants qui mettent en œuvre des séances de cours en classe inversée sans faire appel au travail hors classe.

Le temps nécessaire pour la visualiser, des vidéos dans un modèle inversé ne doivent pas dépasser le temps consacré pour la réalisation de devoirs dans un modèle traditionnel. En plus, la leçon passée en vidéo dans le modèle inversée est plus courte que la leçon dans un modèle traditionnel vu que l'enseignant va plus rapidement, car il ne se répète pas, mais c'est plutôt l'apprenant qui peut répéter la vidéo comme il le souhaite.

7.6. La classe inversée ne remet pas véritablement l'élève au cœur de l'apprentissage

En réalité, la classe inversée ne change pas le paradigme éducatif, même si le cours est déplacé à la maison, l'apprenant est toujours placé en position de construction de son savoir et l'enseignant est le détenteur du savoir. Le point fort de la classe inversée c'est la possibilité de mettre en place le savoir de différentes manières afin de répondre aux besoins des apprenants et du cours. Plusieurs enseignants préfèrent passer par une phase d'inversion «classique» (le cours à la maison, les devoirs en classe) avant d'utiliser des pédagogies plus actives et plus constructivistes.

8. Les avantages des classes inversés :(Moukhachen, Poellhuber et Laurent, 2015)

8.1. Renforcement de la relation entre l'enseignant et les apprenants

Il est clair que la phase « hors classe » offre à l'enseignant la possibilité de passer plus de temps à côté de ses apprenants pour mieux les connaître, et déterminer leurs points faibles et forts, où ils en ont des difficultés.

8.2. Libérer du temps en classe pour utiliser plusieurs techniques pédagogiques

Le fait d'exporter la leçon hors du temps de la classe permet à l'enseignant d'adopter une variété de technique d'apprentissage actif, tel que, le travail en groupe (apprentissage par pairs), les approches d'apprentissages par problèmes (PBL), qui sont généralement négligés dans un modèle d'apprentissage traditionnel vu qu'il est difficile de combiner entre le temps nécessaire à la transmission des savoirs de base et celui où l'enseignant fait pour rendre les apprenants actifs.

8.3. Développement de l'autonomie des apprenants

Le rôle de l'apprenant est plus important, il est devenu responsable de son propre apprentissage en gérant son temps d'apprentissage hors classe à son propre rythme et en classe il est plus actif en réalisation des activités d'apprentissages entre pairs et sous la surveillance de son enseignant.

8.4. Un environnement d'apprentissage plus agréable

C'est clair que l'apprenant est moins stressé en classe inversée qu'en classe traditionnelle vu qu'il a une idée globale sur ce qu'il va avoir en classe et il y est préparé à l'avance. Les activités en classe vont faire que les apprenants s'impliquent, d'ailleurs, de nombreux enseignants ont remarqué que les problèmes disciplinaires ont diminué lors des activités en classe.

Plusieurs enseignants ont déclaré avoir adoptés la classe inversée après l'avoir essayés (étude déclarative en ligne *Inversons la Classe !*, 120 praticiens en classe inversée, été 2015) (association *Inversons la classe*, 2019). Cela est dû au fait que le lancement dans un enseignement en classe inversée représente un investissement personnel important au départ pour chaque enseignant.

8.5. Aider à améliorer la qualité d'apprentissage

Plusieurs études de recherche sur la classe inversée ont tenté de mesurer l'impact de l'intégration d'une telle approche en milieu scolaire sur la réussite des élèves. Certains de ces articles comparent, pour la même session, les résultats finaux des élèves, selon une estimation de type " groupe test / groupe témoin " (Choi, 2013; Davies, Dean et Ball, 2013 ; Dobson, 2008; Flumerfelt et Green, 2013; Goldberg et Mckhann, 2000 ; Tune, Sturek et Basile, 2013 ; Love, Hodge, Grandgenett et Swift, 2014 ; Mason, Shuman et Cook, 2013). D'autres auteurs ont choisi de comparer les résultats finaux avec une estimation de type "groupe d'essai/groupe témoin", mais lors de séances ultérieures. (Forsey, Low et Glance, 2013 ; Fulton, 2012; Lucke, Keyssner et Dunn, 2013 ; McLaughlin et al., 2014 ; Moravec, Williams, Aguilar-Roca et O'Dowd, 2010; Pierce, 2013; Pierce et Fox, 2012 ; Wilson, 2013)

Dans la grande majorité de ces recherches, indépendamment de la discipline et du cycle universitaire ou scolaire, un impact positif sur le rendement scolaire est signalé en termes de notes moyennes plus élevées aux évaluations, lorsque la classe inverse est utilisée. (Dobson, 2008 ; Flumerfelt et Green, 2013; Forsey, Low et Glance, 2013 ; Fulton, 2012 ; Goldberg et Mckhann, 2000; Mason, Shuman et Cook, 2013 ; McLaughlin et al., 2014; Moravec, Williams, Aguilar-Roca et O'Dowd, 2010; Pierce, 2013; Pierce et Fox, 2012 ; Tune, Sturek et Basile, 2013).

Il a semblé approprié de préciser que dans plusieurs autres travaux tels qu'enregistrés (Choi, 2013; Davies, Dean et Ball, 2013 ; Love, Hodge, Grandgenett et Swift, 2014; Lucke, Keyssner et Dunn, 2013) aucun impact positif statistiquement significatif sur les résultats n'a été enregistré. Néanmoins, aucun de ces travaux n'a montré un impact négatif sur les performances scolaires suite à la mise en place de la classe inversée.

9. Les inconvénients des classes inversés :(Moukhachen, Poellhuber et St-Laurent, 2015)

9.1. Nécessite du travail de mise en place

L'un des inconvénients fréquents que rencontrent les enseignants, c'est le travail à fournir pour la mise en œuvre d'une classe inversée. La difficulté est plus intense dans le cas où c'est les enseignants qui créent leurs propres capsules vidéo, de leur côté, les enseignants qui réutilisent des capsules déjà existantes n'auront pas à créer, mais plutôt à adapter leur cours en fonction de ces capsules, et souvent ils se posent énormément de questions, si cette capsule répond ou non à leurs besoins et aux besoins de leurs classes ? Comment la rendre adéquate avec la structure du travail collaboratif en classe ? C'est pour cela, il est préférable de commencer doucement avec un ou deux chapitres sans vouloir tous changer du premier coup.

9.2. Nécessite plus d'organisation

L'improvisation n'a pas une grande place dans une classe inversée, il faut toujours tout programmer à l'avance. La fin d'une séance « en classe » signifie que la suivante séance « hors classe » est déjà prête à l'utilisation (les ressources à consulter doivent être mise en ligne), toutefois, il ne faut pas négliger les éventuelles difficultés telque la connexion, et offrir une large marge de temps pour la visualisation des capsules vidéos.

9.3. On ne rattrape pas forcément TOUS les élèves

C'est vrai que les enseignants en classe inversée sont très investis dans cette pratique, car elle les rapproche de leurs apprenants et de leurs besoins, ainsi ils en « perdent » moins en route qu'en classe traditionnelle. Toutefois, ils attestent qu'ils n'atteignent pas non plus les 100% des apprenants. Il faut noter que la classe inversée n'est pas la baguette magique avec laquelle on résout tous les problèmes.

Dans cette première partie, nous avons donc abordé la pédagogie de classe inversée de manière théorique puis nous nous sommes intéressés aux impacts provoqués par sa mise en pratique dans des établissements. Mais comment adapter cette théorie à ma pratique professionnelle ? Quels choix devront être faits ? Cette pédagogie aura-t-elle aussi un impact positif.

10. Discussion

À ce stade, nous constatons que la classe inversée aurait des avantages du point de vue des étudiants. C'est vrai que l'impact sur la réussite scolaire n'est pas démontré, néanmoins, il est à noter que cette approche pourrait convenir davantage à une bonne catégorie d'étudiants, vu qu'elle permet de tenir compte de leur rythme et modalité d'apprentissage, aussi elle prend en considération leurs difficultés d'apprentissage ou leur situation d'handicap. En d'autres termes, elle pourrait contribuer dans le développement d'habilités cognitives d'ordre supérieur. Toutefois, il se peut que certains étudiants semblent moins satisfaits à cause de quelques difficultés (accès, difficultés techniques), notamment parce que cette approche engendre un changement de rôle de l'enseignant, qui passe de son rôle d'expert à celui d'un accompagnateur.

Les étudiants ont également parfois une perception selon laquelle la charge de travail associée aux cours dispensés dans une telle approche est plus élevée. Du point de vue des enseignants, la classe inversée ouvre des opportunités de fournir aux étudiants des rétroactions plus fréquentes, facilitant ainsi particulièrement le repérage des étudiants en difficulté. Cette approche pourrait contribuer aussi à rendre l'enseignement moins répétitif et plus diversifié. Toutefois, notamment au début, l'implantation d'une telle approche engendre une charge de travail supplémentaire. Considérant son intérêt, à la fois pour les étudiants et les enseignants, un certain nombre de recommandations sont formulées en vue d'en réduire les inconvénients. Celles-ci visent principalement à limiter les difficultés techniques, à proposer des ressources d'apprentissage de qualité,

homogènes et en nombre limité et enfin à soutenir les enseignants qui se lancent dans un tel développement.

Roy (2014) cite dans son texte : «*Selon certains enseignants (Wright, 2012; Hamdan, McKnight, McKnight et Arfstrom, 2013), la classe inversée s'inspire également de la taxonomie de Bloom révisée, où l'idée est de pouvoir passer davantage de temps sur des activités de niveaux supérieurs.*»

Conclusion :

Les processus d'enseignement et d'apprentissage ont connu de grands changements ces dernières années avec l'apparition des technologies digitales d'information et de communication.

Nous nous retrouvons face à une génération très instruite en technologie, les apprenants d'aujourd'hui sont différents de ceux d'hier. De nos jours, les apprenants passent la majorité de leur temps face à des ordinateurs, tablettes, smartphone ou autres moyens technologiques, usant de l'internet avec les réseaux sociaux, les forums ou les classes virtuelles. Ce qui est clair c'est que les apprenants ne peuvent plus continuer à apprendre de la même manière qu'il y a 20 ans de cela.

En effet, les technologies nous facilitent l'accès à tout type de documents, ainsi, l'enseignant n'est plus le seul détenteur des savoirs. On ne peut plus aller en classe et se contenter de corriger les exercices ou lire des leçons. Cependant, l'impact positif de l'utilisation des outils numériques se réalise uniquement lorsque l'enseignant quitte ses pratiques pédagogiques traditionnelles basées sur la transmission de savoirs, pour des méthodes « nouvelles », plus actives.

C'est pour cela que l'enseignant doit d'un côté innover en adoptant des nouvelles pédagogies d'apprentissage centrées beaucoup plus sur l'apprenant tel que la classe inversée. Et d'un autre côté, assurer aux apprenants l'usage permanent d'outil technologique, comme les environnements informatiques d'apprentissage humain offrent aux apprenants l'environnement adéquat qui répond à leur besoin.

Chapitre 3 : La théorie de la classe inversée

Dans le chapitre qui suit ; nous allons mettre en place les sections préalables pour débâter la création de la classe inversée et la mise en œuvre d'un environnement informatique d'apprentissage humain dédié à l'apprentissage de l'algorithmique.

Chapitre 4

Conception d'un EIAH à base d'ontologie pour une classe inversée

Le présent chapitre explique les différentes étapes de conception de notre système, qui va du modèle de domaine et la construction de l'ontologie de domaine qui le représente, et les différentes parties du modèle apprenant ainsi que leur implantation dans notre EIAH pour l'apprentissage de l'algorithmique.

1. Introduction	83
2. Conception du système	83
2.1. Objectif du système	83
2.2. Étude des besoins fonctionnels	83
2.3. Les fonctions offertes par le système	84
2.4. Rôle du système et les acteurs	85
2.4.1. Rôle administrateur	85
2.4.2. Rôle des enseignants	85
2.4.3. Rôle de l'apprenant	85
3. Modèle du domaine :	86
3.1. Approche de modélisation du modèle de domaine :	86
3.2. Méthode de conception adoptée :	87
3.3. Construction de l'ontologie « OntoAlgo » selon METHONTOLOGY	88
<i>a. Spécification des besoins</i>	89
<i>b. Conceptualisation</i>	90
<i>c. Formalisation</i>	101
<i>d. Codification</i>	102
4. Modèle de l'apprenant :	109
4.1. Approche de modélisation du modèle apprenant :	110
Conclusion	110

1. Introduction

La mise en œuvre de notre environnement d'apprentissage est basée sur la réalisation d'une plateforme d'apprentissage que nous avons nommée AlgoToLearn.

Le mode de fonctionnement du système consiste à la mise en œuvre d'un scénario d'une classe inversée pour l'algorithmique dont le but est de générer une situation interactive d'apprentissage qui permet aux apprenants d'interagir et de communiquer entre eux et avec l'enseignant.

Le système se base sur un modèle de domaine représenté à l'aide des ontologies pour offrir une navigation sémantique entre les différents concepts du cours.

2. Conception du système

2.1. Objectif du système

Notre Objectif est de modéliser le concept de classe inversée en mettant à disposition des outils permettant aux apprenants de l'algorithmique et aux enseignants d'effectuer et suivre leurs formations.

Notre système a pour objectif de centraliser et harmoniser les supports de formation qui seront par la suite tous accessibles en ligne (mettant fin aux multiples versions PowerPoint, les séries Word, PDF, etc. disponibles sur un serveur). Les supports seront accessibles à tout moment, via la plateforme, limitant considérablement les copies papier. Notre système permet de proposer des contenus de formation plus dynamiques, ludiques et attractifs. Grâce à la plateforme, chaque apprenant peut bénéficier du concept de la classe inversée.

2.2. Étude des besoins fonctionnels

Les besoins fonctionnels représentent les attentes de chaque acteur de la future plateforme AlgoToLearn.

Toute solution conceptuelle doit satisfaire, préalablement, a des besoins fonctionnels afin de délimiter le périmètre fonctionnel de l'application et surveiller la traçabilité des besoins lors de la phase de développement.

La présente plateforme AlgoToLearn doit satisfaire les besoins fonctionnels suivants :

- La gestion des utilisateurs,
- La gestion des évènements (cours, présentiel, évaluation),
- La gestion des cours,
- La gestion des devoirs,
- La gestion des tests,
- La gestion des actualités,
- La gestion d'un système de collaboration.

2.3. Les fonctions offertes par le système

Le système conçu doit fournir plusieurs fonctions importantes pour atteindre les objectifs spécifiés dans la phase d'analyse :

Le contrôle d'accès enseignant : cette fonction permet aux enseignants de s'inscrire, et aux enseignants déjà inscrits de s'identifier.

Le contrôle d'accès apprenants : cette fonction permet aux nouveaux apprenants de s'inscrire, et aux apprenants déjà inscrits de s'identifier pour directement suivre une session d'apprentissage.

La présentation du cours : cette fonction permet à un apprenant de suivre un cours et de résoudre les exercices et les quiz proposés par l'enseignant.

L'interaction entre membres du groupe collaboratif : cette fonction permet par le biais d'un outil de communication, différentes interactions

entre les apprenants dans le but de résoudre les exercices, poser des questions et interagir avec le cours.

La présentation des groupes pour la séance en classe : après avoir passé les quiz et les exercices, l'étudiant peut voir son groupe en dépendant de ses notes (note exercice + note quiz).

L'évaluation finale : l'étudiant doit passer l'évaluation finale d'un cours déjà suivi.

2.4. Rôle du système et les acteurs

2.4.1. Rôle administrateur

- S'authentifier.
- Gérer son profil.
- Gérer les utilisateurs (Ajouter, supprimer, gérer les droits d'accès, etc.).

2.4.2. Rôle des enseignants

- S'authentifier.
- Gérer son profil.
- Gérer les cours (ajouter, modifier, gérer leurs droits d'accès, etc.).
- Gérer les apprenants.
- Répondre au commentaire des apprenants
- Gérer les quiz et les exercices (créer, consulter, supprimer, etc.).
- Créer les différents événements (cours, présentiel, évaluation) pour chaque sujet.

2.4.3. Rôle de l'apprenant

- S'authentifier.
- Gérer son profil.
- Commenter les cours ou poser des questions.
- Suivre un cours particulier.
- Passer des tests.
- Passer le test final d'un cours particulier.

3. Modèle du domaine :

Le modèle du domaine permet de définir des représentations des connaissances en spécifiant leur type, contenu, indexation, mécanismes de filtrage, organisation et assemblage afin de suivre l'apprenant.

La structure de base des modèles de domaine prend en considération deux niveaux d'abstraction à savoir niveau concepts et niveau ressources.

- Niveau concepts : un concept est une représentation abstraite d'un objet du domaine. Il existe des concepts atomiques, qui correspondent à des fragments d'information.

Ces concepts atomiques constituent la base du modèle. Il existe également des concepts composites, regroupant plusieurs concepts (composites ou atomiques). Les concepts sont organisés selon une hiérarchie de type généralisation/spécialisation (Behaz, 2012).

- Niveau ressource : il est chargé de représenter les différentes ressources disponibles sur le domaine. Les ressources sont atomiques, chaque ressource est associée à un unique concept et appartient à une seule sous-classe de ressource (Exercice, Définition, Illustration. . .).

3.1. Approche de modélisation du modèle de domaine :

L'apport de l'informatique cognitive dans la conception des environnements de formation en ligne n'est plus à démontrer et les équipes de recherche poursuivent leurs efforts dans le but d'augmenter ou d'enrichir l'intelligence dans ces environnements, ainsi que la qualité du processus de conception-développement. (Teimzit, Belhaoues et Bensebaa, 2011.)

Dans ce contexte, les ontologies ont un rôle principal à tenir en tant qu'amplificateur d'intelligence pour le partage et la réutilisation de connaissances. Ceci grâce à la médiation faite par l'ordinateur pour la

dissémination des connaissances entre les différents acteurs (Mizoguchi, 2004).

L'ontologie d'algorithmique a pour objectif de spécifier les concepts du domaine et d'explicitier les relations entre ces derniers.

Un futur objectif est l'utilisation de cette ontologie dans un EIAH dédié à l'apprentissage par classe inversée.

Afin de bien mener un processus de construction d'une ontologie, plusieurs méthodologies guidant un ontologiste (ontologue ou ontologiste) tout au long de son parcours sont proposées.

Cependant, et comme il a été déjà mentionné dans le IIème chapitre, aucune de ces méthodes ne fait l'unanimité, l'ontologiste aura donc à répondre à la question : « *quelle méthodologie pour mon ontologie ?* »

Face à cette question, on pense que construire une ontologie ne consiste pas à suivre exactement ce que propose une méthode, mais d'en extraire que ce qui concerne ses besoins particuliers.

La meilleure méthode est celle qui nous permet d'atteindre nos buts (Mizoguchi, 1998).

3.2. Méthode de conception adoptée :

La méthodologie qu'on a choisie est celle proposée par Fernandez, Gomez-Pérez et Juristo de l'équipe du LIA (préciser) de Madrid ; cette méthodologie a été développée par le groupe d'Ontologie à l'Université Polytechnique de Madrid. METHONTOLOGY prend ses racines dans les activités principales identifiées par le processus de développement logiciel et dans les méthodologies d'ingénierie de connaissance.

Cette méthodologie inclue : l'identification du processus de développement, un cycle de vie basé sur des prototypes évolutifs, et les

techniques pour effectuer chaque tâche dans les activités de gestion, de développement et de support.

METHONTOLOGY a été proposée pour la construction d'ontologie par la FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents), qui favorise l'interopérabilité à travers les applications. METHONTOLOGY »

Notre choix est justifié par le fait que :

- ✓ METHONTOLOGY s'inspire d'une méthode de développement de système à base de connaissances. Elle spécifie de façon très détaillée l'étape de conceptualisation.

- ✓ L'étape de conceptualisation permet d'obtenir des ontologies semi-formelles qui sont d'une part faciles à comprendre et d'autre part, indépendantes de tout formalisme de représentation.

- ✓ Elle utilise des structures intermédiaires qui facilitent la communication entre le concepteur de l'ontologie et l'expert du domaine, afin de bien structurer et vérifier les connaissances collectées.

- ✓ Ces structures permettent une construction pas-à-pas de l'ontologie et situent le concepteur par rapport à l'objectif fixé.

Nous montrons dans ce qui suit comment l'ontologie a été conceptualisée puis formalisée et traduite dans le langage OWL.

3.3. Construction de l'ontologie « OntoAlgo » selon METHONTOLOGY

L'algorithmique constitue le cœur du domaine de l'informatique. Malgré la simplicité de sa définition ; l'algorithmique permet de préparer la résolution d'un problème en détaillant les opérations élémentaires à accomplir. Il reste ensuite à traduire ces opérations en instructions pour l'ordinateur ; cette dernière est connue par sa difficulté pour l'appréhender et de l'enseigner aux débutants. Le choix des opérations élémentaires pour résoudre un problème donné dépend du problème lui-même et de la précision souhaitée pour la description de sa résolution.

Donc, la problématique principale se résume dans le fait de savoir comment utiliser ces opérations élémentaires, les combiner, pour faire sortir la solution, c'est le savoir-faire de la résolution. Des études confirment qu'il faut 10 ans d'expérience pour qu'un novice devienne expert (Winslow, 1996), d'où vient notre intérêt pour la préparation d'un cours d'une aussi grande importance dans le cursus d'un étudiant en informatique.

a. Spécification des besoins

Le but visé par cette étape est d'établir un document de spécification des besoins. Ce dernier permet de décrire l'ontologie à construire, à travers les cinq aspects (c.-à-d. propriétés) suivants :

- *Le domaine de connaissance*

Le domaine de connaissance est celui de l'algorithmique.

- *L'objectif*

L'objectif de notre ontologie est l'explicitation de la structuration des connaissances dans le domaine de l'algorithmique, qui reste tout de même abstrait et ambigu aussi bien pour les enseignants que pour les apprenants.

- *Les utilisateurs*

Comme on l'a déjà mentionné, ce travail entre dans un projet de construction d'un EIAH d'algorithmique. Ainsi, les futurs utilisateurs de cette ontologie sont les acteurs de cet EIAH (apprenant, enseignant, évaluateur, tuteur...)

- *Les sources d'informations*

Livres, cours, enseignants et experts en algorithmique sont les sources de notre inspection.

- *La portée de l'ontologie*

Cet aspect consiste à déterminer à priori la liste des termes (les plus importants) pour le domaine à représenter :

Donnée, Représentation, Structure, Type de données...

b. Conceptualisation

Table 4.1 : Phase conceptualisation

Terme	Description
Donnée	Est une information sur le problème à résoudre Élément d'information servant de point de départ à un raisonnement
Objet	Est une donnée sous forme d'un simple élément
Collection Objet	Est une donnée composée d'un ensemble d'objet
Type de Donnée	Le Type de donnée classe l'Objet selon : L'ensemble des valeurs que l'objet peut prendre L'ensemble des opérations permises sur ces valeurs
Type Prédéfini	Est un Type de Donnée existant dans le domaine, utilisable sans avoir à le définir. Il peut être Numérique, Alphanumérique ou Booléen
Utilisateur	Est un type défini par l'utilisateur à partir des types prédéfinis, conçus pour décrire des variables comprenant plusieurs données homogènes ou hétérogènes
Numérique	Est un Type Prédéfini qui peut être soit un entier ou un réel.
Alphanumérique	Est un Type Prédéfini qui peut être un caractère ou une chaîne de caractères
Booléen	Est un Type Prédéfini qui prend des valeurs de vérité : Vrais ou Faux
Structure Abstraite	Est une description d'une collection d'objet, elle permet d'organiser les éléments pour pouvoir les utiliser
Structure	une arborescence est un ensemble de nœuds organisés d'une

Arborescente	façon hiérarchique. L'ensemble peut-être vide, dans ce cas l'arborescence ne possède pas de nœuds. Si elle n'est pas vide, elle contient un nœud particulier appelé racine, et une séquence, éventuellement vide, de (sous-) arborescences non vides.
Structure de Graphe	Est une Structure Abstraite qui organise une collection d'objet sous forme de sommets interconnectés par des liaisons directs ou indirects Un graphe G est constitué de 2 ensembles V et E. V est un ensemble non vide de sommets. E est un ensemble de paires de sommets de V. Ces paires sont appelées arêtes. V(G) et E(G) représentent, respectivement l'ensemble des sommets et d'arêtes du graphe G.
Structure Linéaire	Est une Structure Abstraite qui tirent son nom du fait que les données y sont organisées sous forme d'une liste dans laquelle elles sont mises les unes derrière les autres.
Ensemble	Est une suite non ordonnée d'éléments d'un type donné
Liste Linéaire	Une liste est une suite ordonnée d'éléments d'un type donné ;une liste peut contenir zéro, un ou plusieurs éléments.
File	Est une liste dans laquelle toutes les insertions de nouveaux éléments s'effectuent d'un même côté de la liste appelé fin et toutes les suppressions d'éléments s'effectuent toujours à partir de l'autre extrémité, appelée début. L'action consistant à ajouter un nouvel élément à la fin de la file s'appelle enfiler ; celle consistant à retirer l'élément situé au début de la file s'appelle défiler. Une file permet de modéliser un système régi par la discipline « premier arrivé - premier sorti » ; on dit souvent qu'il s'agit d'un traitement FIFO (first in, first out).

Pile	Est une liste dans laquelle l'insertion ou la suppression d'un élément s'effectue toujours à partir de la même extrémité de la liste, extrémité appelée le début de la pile. L'action consistant à ajouter un nouvel élément au début de la pile s'appelle empiler ; celle consistant à retirer l'élément situé au début de la pile s'appelle dépiler. Une pile permet de modéliser un système régi par la discipline « dernier arrivé - premier sorti » ; on dit souvent qu'il s'agit d'un traitement LIFO (last in, first out).
Arbre Binaire	Est une Arborescence où le nombre de fils de chaque nœud est limité à deux.
Représentati on	Une représentation correspond à l'implémentation d'une structure de donnée abstraite.
Tableau	Un tableau contient une collection d'objets de même type. On accède à chacun de ces objets individuellement à l'aide d'un indice ou i-ème indices.
Liste Chainée	Une liste chaînée est un ensemble d'éléments tel que chaque élément contient un lien vers l'élément suivant. Autrement dit, chaque élément contient deux parties : les données et le lien (pointeur vers l'élément suivant).
Opération	Traitement spécifique à une Structure Abstraite

- **Extraction des concepts et des relations et construction des hiérarchies**

Il existe un certain nombre d'approches possibles pour développer une hiérarchie de classes (Uschold et Gruninger, 1996) :

Un procédé de développement de haut en bas commence par une définition des concepts les plus généraux du domaine et se poursuit par la spécialisation des concepts.

Quelle que soit l'approche choisie, nous commençons habituellement par définir les classes. Dans la liste créée pendant la deuxième étape, nous sélectionnons les termes qui décrivent des objets ayant une existence indépendante. Ces termes constitueront les classes dans l'ontologie et deviendront des points d'ancrage dans la hiérarchie des classes. Ensuite, nous organisons les classes dans une taxonomie hiérarchique en nous demandant, si en étant instance d'une classe, si une classe « donnée » est super-classe d'une classe « objet », alors toute instance de « objet » est également, une instance de « donnée ».

Nous avons déjà sélectionné des classes à partir de la liste des termes que nous avons créée pendant l'étape précédente. La plupart des termes restants ont de fortes chances d'être des propriétés de ces classes. Il faut aussi extraire tous type de relations génériques et spécifique.

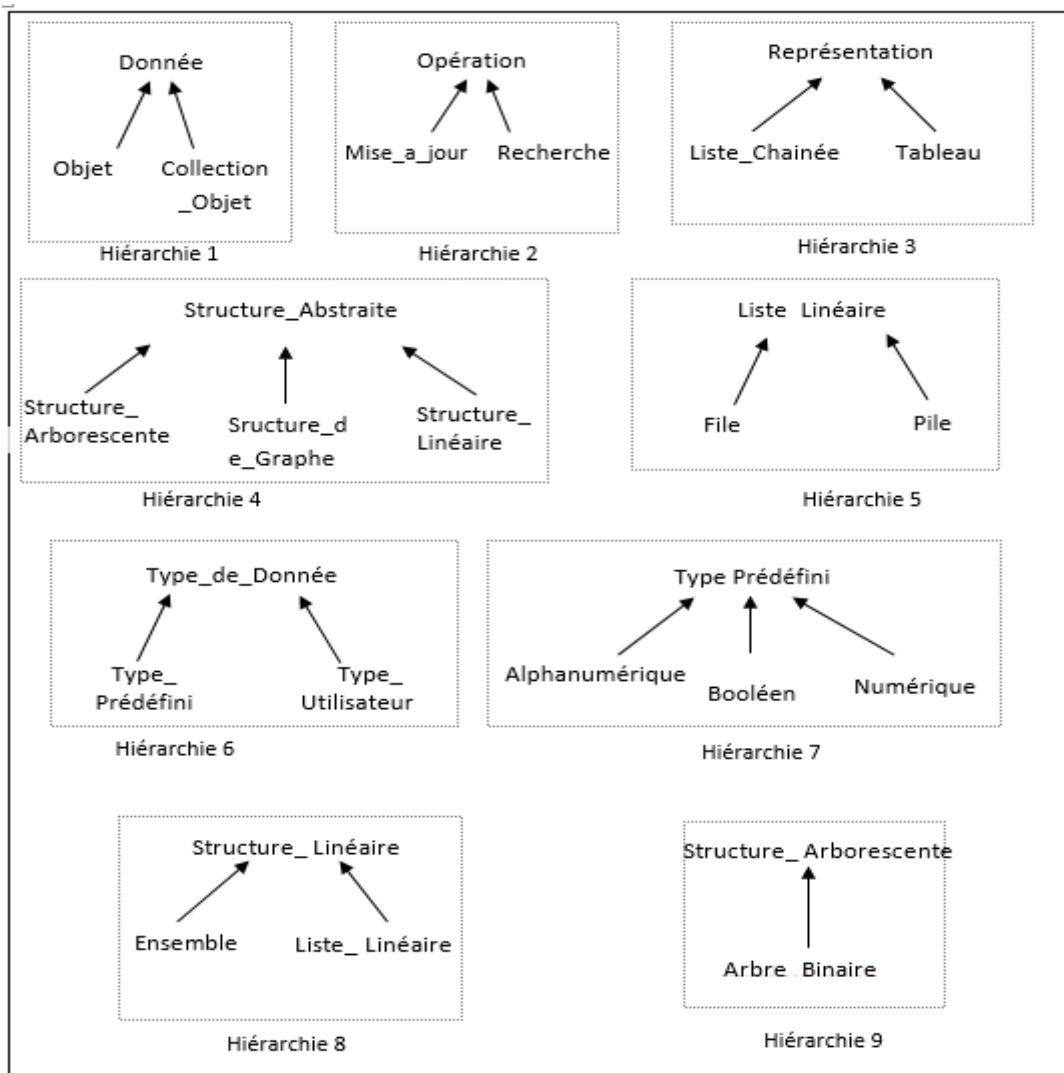


Figure 4.1. Hiérarchies de concepts

- **Construction d'un diagramme de relations binaires**

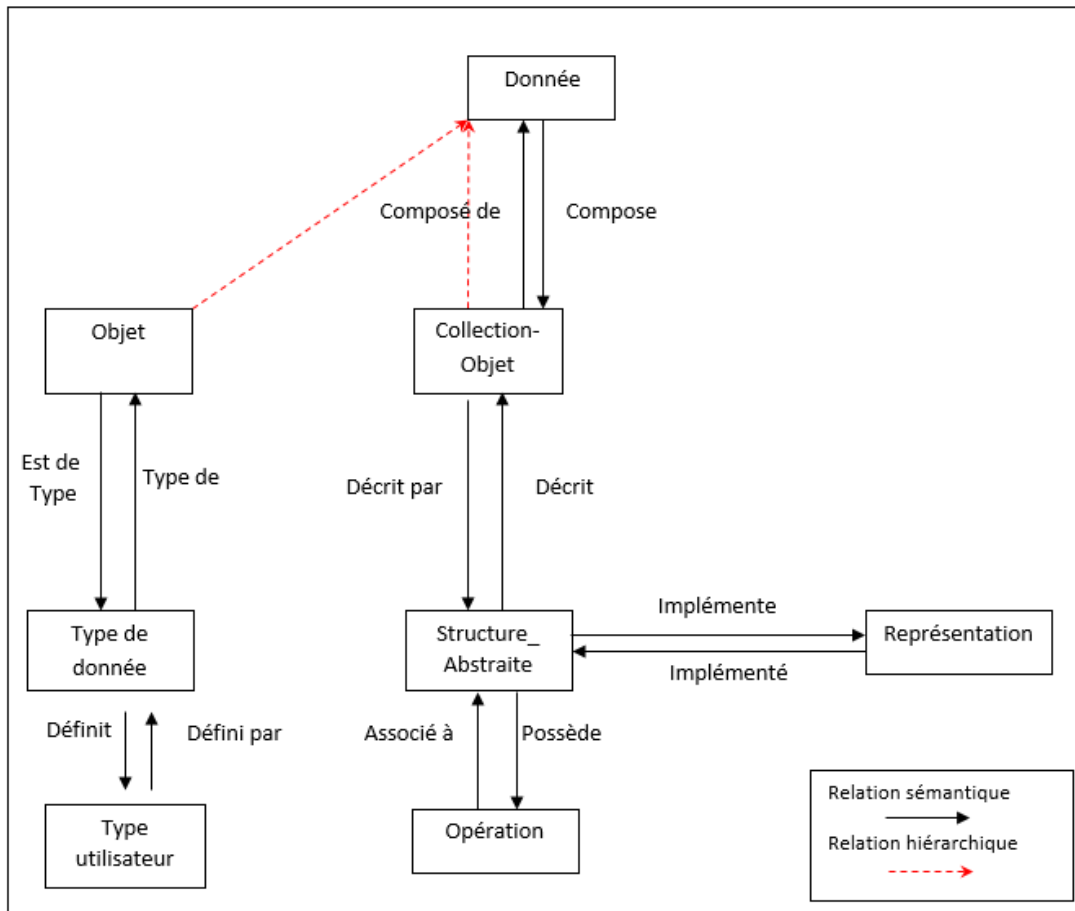


Figure 4.2. Diagramme des relations binaires

- Définition des hiérarchies

Hiérarchie 1

Construction d'un dictionnaire de concepts

Table 4.2 : Construction d'un dictionnaire de concepts

<i>Nom du concept</i>	<i>Concepts synonymes</i>	<i>attributs</i>	<i>instances</i>
Donnée	Information	Nom	-
Objet	Élément	-	-
Collection_Obj	-	Taille	-

Construction de la table des relations binaires

Table 4.3 : Construction de la table des relations binaires

Nom de la relation	Concept source	Cardinalité source	Concept cible	Cardinalité cible	Relation inverse
Est de type	Objet	(1,1)	Type de Donnée	(1, n)	Type de
Compose	Donnée	(1, n)	Collection_Objet	(1, n)	Composé de
Composé de	Collection-Objet	(1, n)	Donnée	(1, n)	Compose
Décrit par	Collection-Objet	(1, 1)	Structure Abstraite	(1, n)	Décrit

Construction de la table des attributs

Table 4.4 : Construction de la table des attributs

Nom de l'attribut	Type	Cardinalité (Min/Max)	Valeur par défaut	Domaine des valeurs
Nom	Chaine de caractères(Littéral)	1/1	-	-
Taille	Chaine de caractères	1/1	-	Maximisable NonMaximisable

Construction de la table des axiomes logiques

Table 4.5 : Construction de la table des axiomes logiques

Nom du concept	Description	Expression logique
Donnée	Chaque donnée est soit Objet ou Collection_Objet	$\forall (X), \text{Donnée}(X) \Rightarrow \text{Objet}(X) \vee \text{Collection_Objet}(X)$
Objet, Collection_Objet	Les concepts Objet et Collection_Objet sont disjoints (incompatibles)	$\forall (X), \text{Objet}(X) \Rightarrow \text{not Collection_Objet}(X)$
Collection_Objet	Collection_Objet est composé de Donnée et Décrit par Structure Abstraite	$\forall (X), \exists (Y), \exists (Z) (\text{Collection_Objet}(X) \wedge \text{Donnée}(Y) \wedge \text{Structure_Abstraite}(Z)) \Rightarrow \text{Compsé_de}(X,Y) \wedge \text{Décrit_par}(X,Z)$
Objet	Chaque Objet a un Type_de_Donnée	$\forall (X), \exists (Y), (\text{Objet}(X) \wedge \text{Type_de_Donnée}(Y)) \Rightarrow \text{Est_de_Type}(X,Y)$

Hiérarchie 2

Construction d'un dictionnaire de concepts

Table 4.6: Construction d'un dictionnaire de concepts

<i>Nom du concept</i>	<i>Concepts synonymes</i>	<i>attributs</i>	<i>instances</i>
opération	-	-	-
Mise_a_jour	-	-	-
Recherche	-	-	-

Construction de la table des relations binaires

Table 4.7 : Construction de la table des relations binaires

<i>Nom de la relation</i>	<i>Concept source</i>	<i>Cardinalité source</i>	<i>Concept cible</i>	<i>Cardinalité cible</i>	<i>Relation inverse</i>
Associé_à	Opération	(1, 1)	Structure_Abstraite	(1, n)	Possède

Construction de la table des attributs

Table 4.8 : Construction de la table des attributs

<i>Nom de l'attribut</i>	<i>Type</i>	<i>Cardinalité (Min/Max)</i>	<i>Valeur par défaut</i>	<i>Domaine des valeurs</i>
-	-	-	-	-

Construction de la table des axiomes logiques

Table 4.9 : Construction de la table des axiomes logiques

<i>Nom du concept</i>	<i>Description</i>	<i>Expression logique</i>
Opération	Chaque Opération est soit mise_à_jour ou recherche, elle est Associée à une	$\forall (X), \exists (Y), (Opération(X) \wedge Structure_Abstraite(Y)) \Rightarrow (Mise_a_jour(X) \vee recherche(X)) \wedge Associer_a(X,Y)$

	Structure_Abstraite	
--	---------------------	--

Hiérarchie 3

Construction d'un dictionnaire de concepts

Table 4.10: Construction d'un dictionnaire de concepts

<i>Nom du concept</i>	<i>Concepts synonymes</i>	<i>attributs</i>	<i>instances</i>
Représentation	-	-	-
Liste_chainée	-	-	-
Tableau	-	-	-

Construction de la table des relations binaires

Table 4.11 : Construction de la table des relations binaires

<i>Nom de la relation</i>	<i>Concept source</i>	<i>Cardinalité source</i>	<i>Concept cible</i>	<i>Cardinalité cible</i>	<i>Relation inverse</i>
Implémente	Représentation	(1, n)	Structure_Abstraite	(1, 1)	Implémenté_par

Construction de la table des attributs

Table 4.12 : Construction de la table des attributs

<i>Nom de l'attribut</i>	<i>Type</i>	<i>Cardinalité (Min/Max)</i>	<i>Valeur par défaut</i>	<i>Domaine des valeurs</i>
-	-	-	-	-

Construction de la table des axiomes logiques

Table 4.13 : Construction de la table des axiomes logiques

<i>Nom du concept</i>	<i>Description</i>	<i>Expression logique</i>

Représentation	Chaque Représentation est soit Liste chaînée ou Tableau	$\forall (X), \text{Représentation}(X) \Rightarrow \text{Liste_chaînée}(X) \vee \text{Tableau}(X)$
----------------	---	---

Hiérarchie 5

Construction d'un dictionnaire de concepts

Table 4.14 : Construction d'un dictionnaire de concepts

<i>Nom du concept</i>	<i>Concepts synonymes</i>	<i>attributs</i>	<i>instances</i>
Structure_Abstraite	-	-	-
Structeur_Arborescente	-	-	-
Structure_de_Graphe	-	-	-
Structure_Linéaire	-	-	-

Construction de la table des relations binaires

Table 4.15 : Construction de la table des relations binaires

<i>Nom de la relation</i>	<i>Concept source</i>	<i>Cardinalité source</i>	<i>Concept cible</i>	<i>Cardinalité cible</i>	<i>Relation inverse</i>
Décrit	Structure_Abstraite	(1, n)	CollectionObject	(1, 1)	Décrite par
Implémenté_ par	Structure_Abstraite	(1, 1)	Représentation	(1, n)	Implémenté_ _par
Possède	Structure_ abstraite	(1, n)	Opération	(1, 1)	Associé_à

Construction de la table des attributs

Table 4.16 : Construction de la table des attributs

<i>Nom de l'attribut</i>	<i>Type</i>	<i>Cardinalité (Min/Max)</i>	<i>Valeur par défaut</i>	<i>Domaine des valeurs</i>
-	-	-	-	-

Construction de la table des axiomes logiques

Table 4.17 : Construction de la table des axiomes logiques

<i>Nom du concept</i>	<i>Description</i>	<i>Expression logique</i>
Structure_Abstraite	Chaque Structure_Abstraite est soit Structureur_Arborescente ou Structure_de_Graphe ou Structure_Linéaire, il Décrit Collection_Objet, possède Opération et implémenté par Représentation	$\forall (X), \exists (Y), \exists (Z),$ $(Structure_Abstraite(X),$ $Collection_Objet(Y),$ $Représentation(Z)) \Rightarrow$ $(Structureur_Arborescente(X)$ $\vee Structure_de_Graphe \vee$ $Structure_Linéaire(X)) \wedge$ $Décrit(X,Y) \wedge$ $Implémenté_par(X,Z)$

Hiérarchie 6

Construction d'un dictionnaire de concepts

Table 4.18: Construction d'un dictionnaire de concepts

<i>Nom du concept</i>	<i>Concepts synonymes</i>	<i>attributs</i>	<i>instances</i>
Type_de_Donnée	-	-	-
Type_Prédéfini	-	-	-
Type_Utilisateur	-	-	-

Construction de la table des relations binaires

Table 4.19 : Construction de la table des relations binaires

<i>Nom de la relation</i>	<i>Concept source</i>	<i>Cardinalité source</i>	<i>Concept cible</i>	<i>Cardinalité cible</i>	<i>Relation inverse</i>
Type_de	Type_de_Donnée	(1, n)	Objet	(1, 1)	Est_de_Type
Définit	Type_de_Donnée	(1, n)	Type_Utilisateur	(1,1)	Défini_par
Défini_par	Type_Utilisateur	(1,1)	Type_de_Donnée	(1, n)	Définit

Construction de la table des attributs

Table 4.20 : Construction de la table des attributs

Nom de l'attribut	Type	Cardinalité (Min/Max)	Valeur par défaut	Domaine des valeurs
-	-	-	-	-

Construction de la table des axiomes logiques

Table 4.21 : Construction de la table des axiomes logiques

Nom du concept	Description	Expression logique
Type_de_Donnée	Chaque Type_de_Donnée est soit Type_Prédéfini ou Type_Utilisateur, il est un Type d'Objet	$\forall (X), \exists (Y),$ $(\text{Type_de_Donnée}(X) \wedge \text{Objet}(Y))$ $\Rightarrow (\text{Type_Prédéfini}(X) \vee \text{Type_Utilisateur}(X))$ $\text{Type_de}(X,Y)$
Type_Utilisateur	Chaque Type_Utilisateur est Défini par Type de Donnée	$\forall (X), \exists (Y),$ $(\text{Type_Utilisateur}(X) \wedge \text{Type_de_Donnée}(Y))$ $\Rightarrow (\text{Type_Prédéfini}(X) \vee \text{Type_Utilisateur}(X))$

c. Formalisation

- Représentation de la partie terminologique

La liste suivante représente quelques définitions de concepts et de rôles ainsi que des inclusions de concepts, en utilisant la syntaxe de la logique de descriptions

- Liste de définition de concepts

$\text{Donnée} := (\text{Objet} \cup \text{Collection_Objet}) \cap (\forall \text{Compose. Collection_Objet})$

$\text{Object} := \neg \text{Collection_Object}$

$\text{Object} := \text{Donnée} \cap (\exists \text{Est_de_Type.Type_de_donnée})$

$\text{Collection_Object} := \text{Donnée} \cap (\exists \text{Décrite_par. Structure_Abstraite}) \cap (\exists \text{Composé_de. Donnée})$

$Structure_Abstraite := (Structure_Arborescente \cup Structure_de_graphe \cup Structure_Linéaire) \cap (\forall Décrit. Collection_Object) \cap (\forall implémente. Représentation) \cap (\exists possède. Opération)$

$Operation := (\forall Associé_à. Structure_Abstraite)$

d. Codification

La codification de notre ontologie a été faite en utilisant l'éditeur d'ontologie Protégé-2000 de l'université de Stamford.

- La hiérarchie des classes

Voilà à quoi ressemble notre hiérarchie de classes de premier niveau, en utilisant Protégé-2000 :

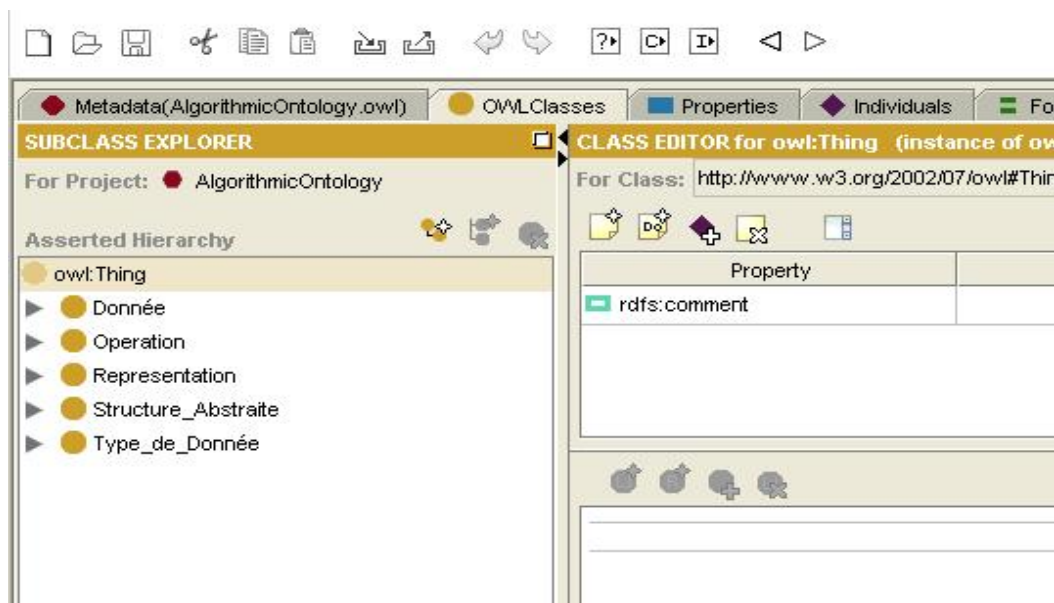


Figure 4.3. Hiérarchie de classes de premier niveau, sous Protégé 2000.

- La hiérarchie de classes (ou taxinomie) se présente dans Protégé-2000 sous la forme d'un arbre, ce qui correspond globalement à ce que nous avons spécifié en Logique de descriptions au niveau terminologique.

Une fois les sous-classes rendues apparentes, la hiérarchie ressemble à ceci :

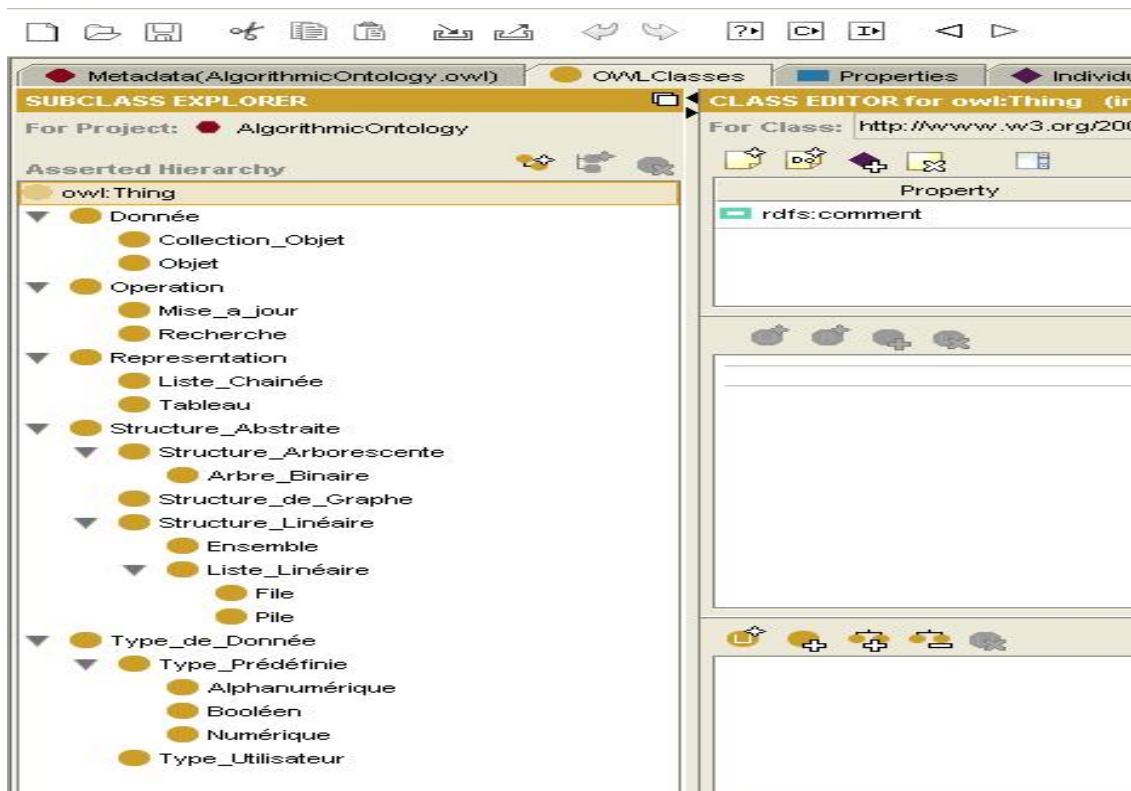


Figure 4.4. Hiérarchie complète des classes, sous Protégé 2000.

On peut aussi visualiser la hiérarchie complète avec le plugin de visualisation d'ontologie «Jambalaya»

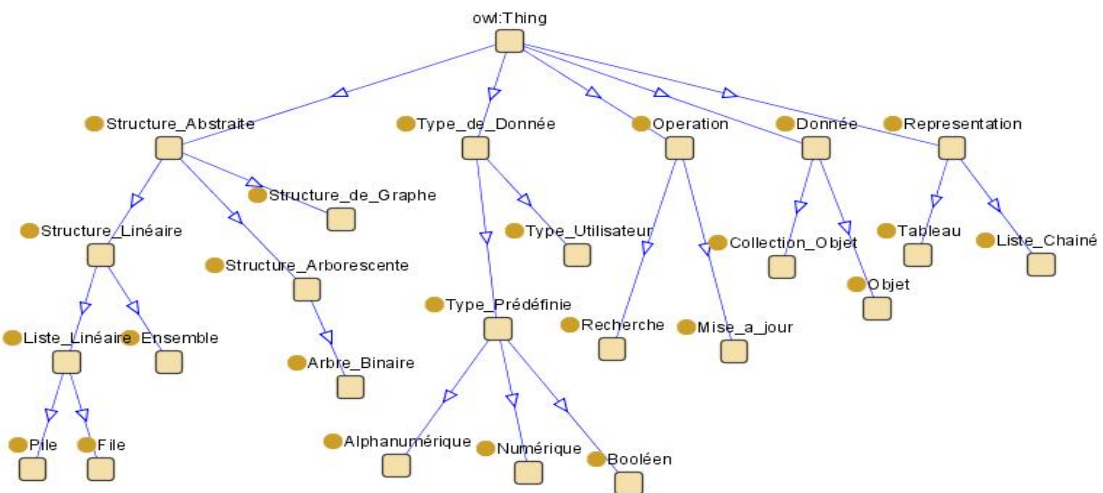


Figure 4.5. Hiérarchie complète des classes, sous Protégé 2000, visualisée par le plugin « Jambalaya »

- Les propriétés des classes :

On pourra voir la liste des propriétés des classes dans l'onglet 'Properties'.

Cette liste contient trois types de propriétés ;

Object : représente les relations entre classes de l'ontologie.

Datatype : représente les attributs des classes de l'ontologie.

Annotation : représente une description des concepts en langage naturel.

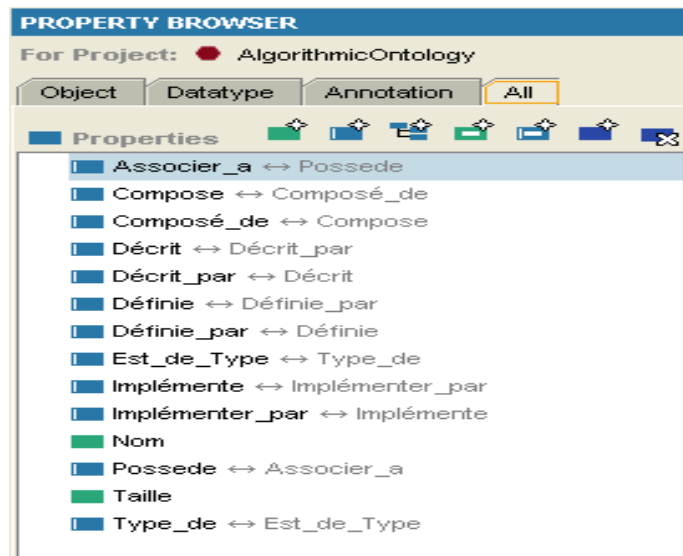


Figure 4.6. Les propriétés des classes, sous Protégé 2000.

- **Les relations :**

Chaque relation possède un domaine (concept source) et un rang (concept cible) qui représentent sa signature.

Elle peut également être définie « Functional », « Inversefunctional », « Transitive », « Symétrique ».

Sa relation inverse pourra aussi être signalée si elle existe déjà ou construite sinon.

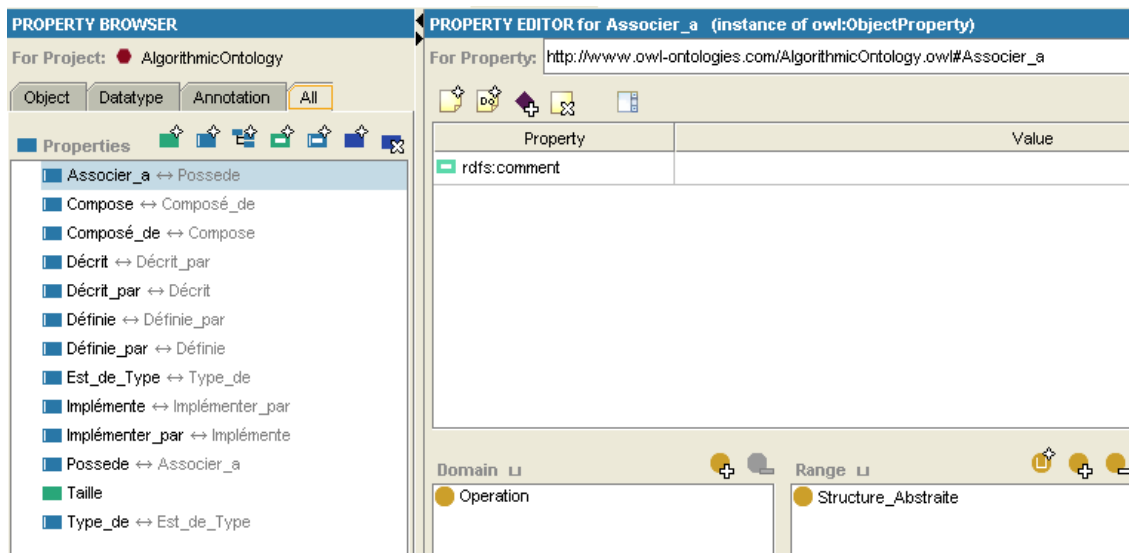


Figure 4.7. Les relations sémantiques, sous Protégé 2000.

- **Les attributs :**

Chaque attribut possède aussi un domaine (concept caractérisé par l'attribut) et un rang, cependant ce dernier désigne le type de l'attribut (String, Boolean, Float, Date, Time...). On peut définir ses valeurs autorisées sous forme d'une liste.

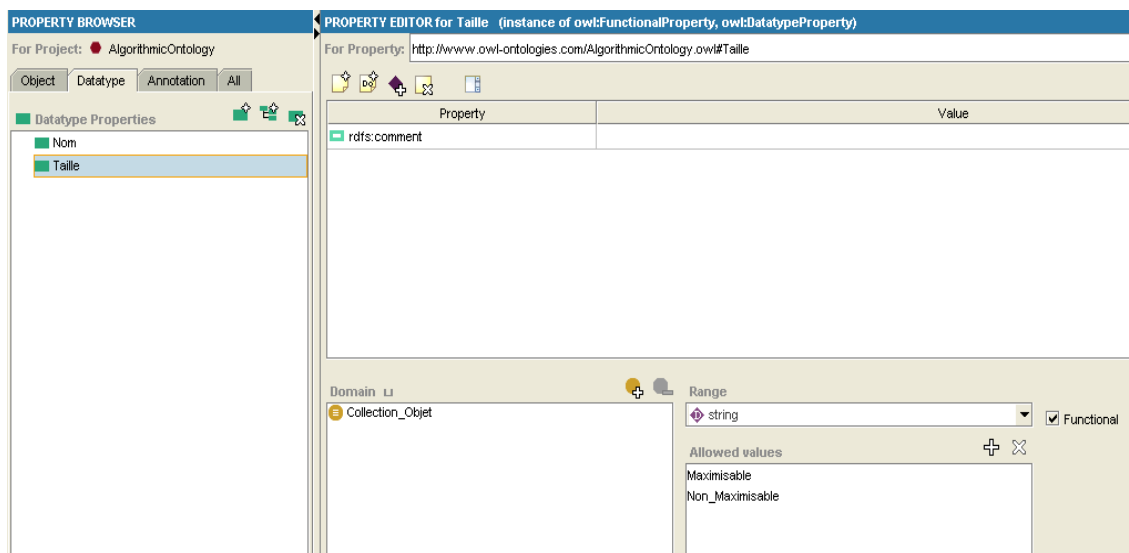


Figure 4.8. Les attributs des classes, sous Protégé 2000.

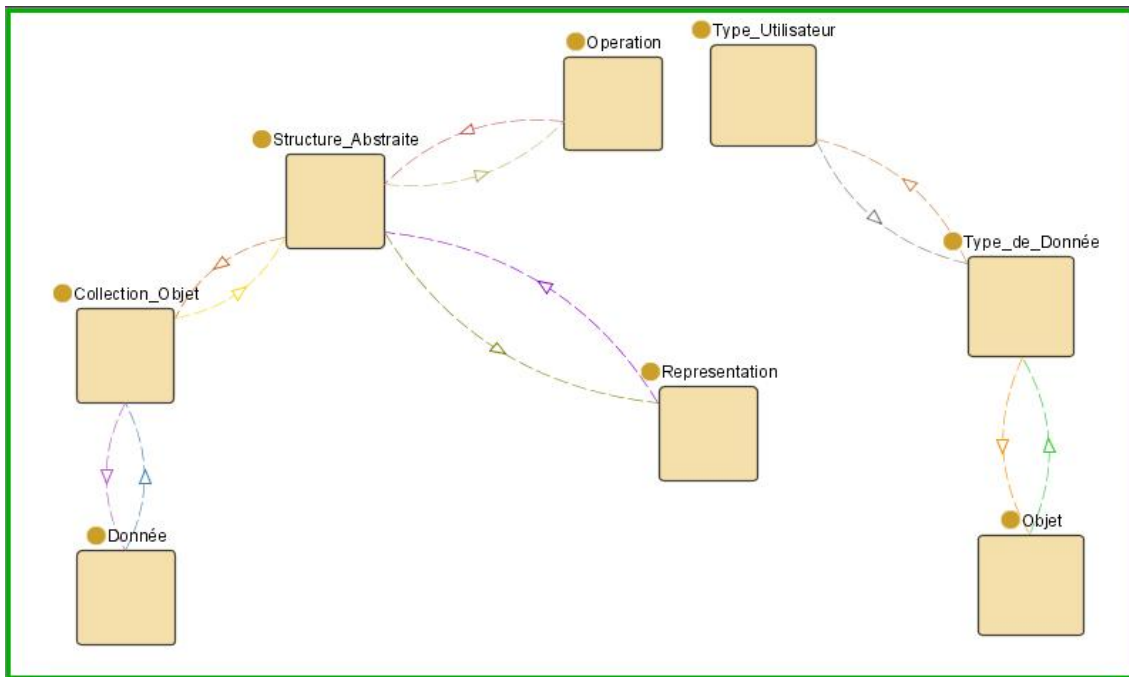


Figure 4.9. Diagramme des relations sémantiques, sous Protégé 2000, visualisé par le plugin « Jambalaya »

Les hiérarchies « 1 » et « 4 » construites lors de l'étape de conceptualisation vont être présentées en détail ;

Hiérarchie 1 :

Cette hiérarchie correspond au fait qu'une donnée du problème peut être un objet comme étant un simple élément ou une collection d'objet.

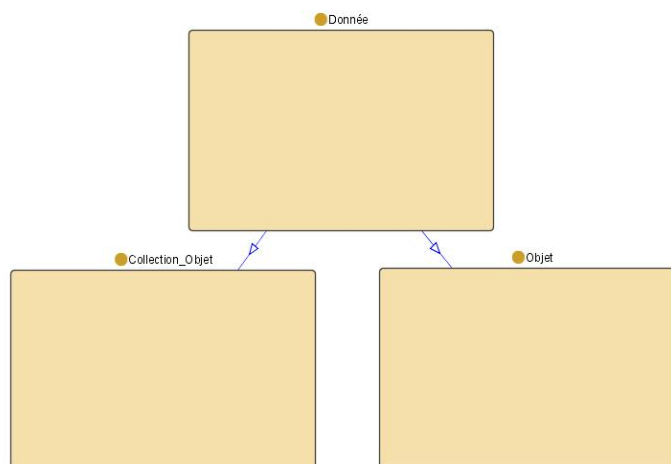


Figure 4.10. La Hiérarchie 1, visualisée par le plugin « Jambalaya »

Le concept « Collection_Objet » possède deux relations ; « Composé_de », « Décrit_par » avec respectivement les concepts ; « Donnée », « Structure_Abstraite ».

On peut voir également qu'il est disjoint avec son concept frère « Objet », c.à.d. qu'on ne peut pas être à la fois un « Objet » et un « Collection_Objet ».

Tous ces éléments sont une traduction de la description faite précédemment dans l'étape de conceptualisation à travers Protégé-2000.

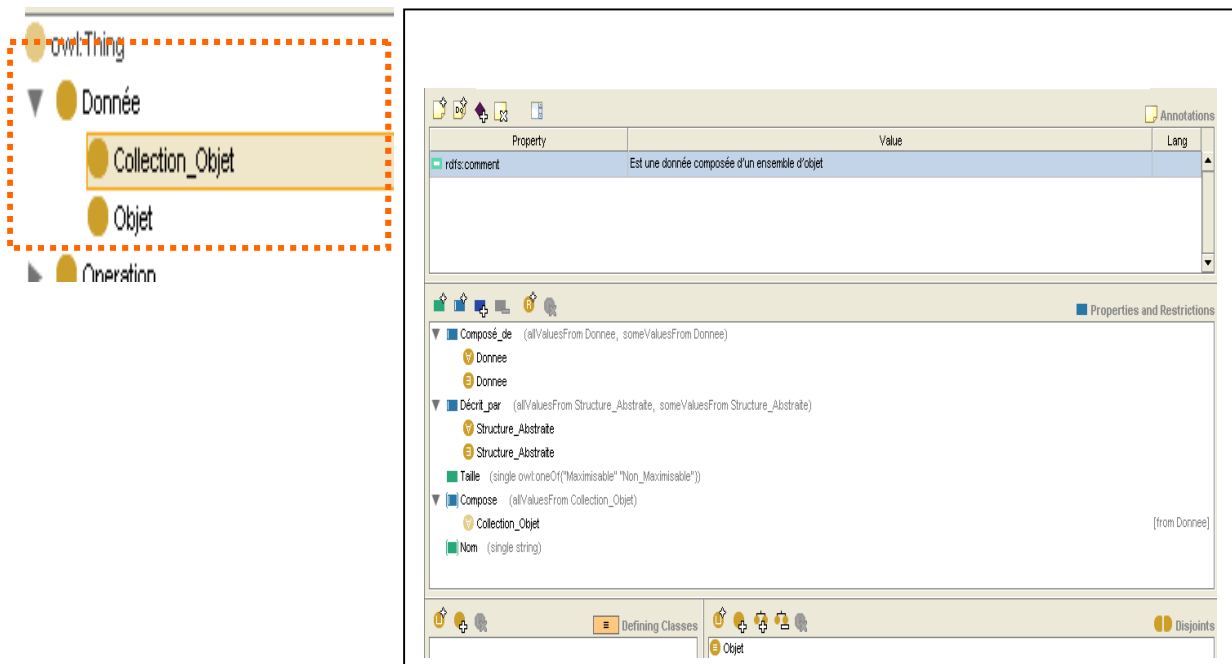


Figure 4.11. Description du concept « Collection_Objet », sous Protégé 2000.

Hierarchie 4 :

Cette hiérarchie représente les structures connues en algorithmique ; « structure_de_Graphe », « Structure_Linéaire », « Structure_Arborescente ». Ces deux dernières sous-classes sont-elles même des hiérarchies.

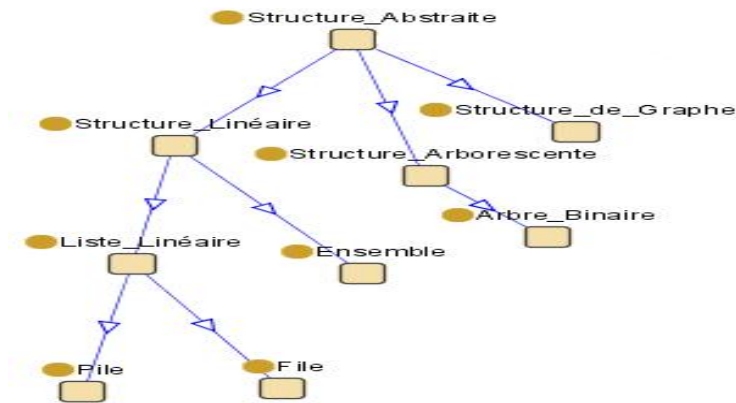


Figure 4.12. La Hiérarchie 4, visualisée par le plugin « Jambalaya ».

Le concept « Structure_Abstraite » possède deux relations ; « Possède » et « Implémenté_par » avec respectivement les concepts ; « Opération » et « Représentation ».

Property	Value	Lang
rdfs:comment	Est une donnée composée d'un ensemble d'objet	

Properties and Restrictions

- Composé_de (allValuesFrom Donnée, someValuesFrom Donnée)
 - Donnée
 - Donnée
- Décrit_par (allValuesFrom Structure_Abstraite, someValuesFrom Structure_Abstraite)
 - Structure_Abstraite
 - Structure_Abstraite
- Taille (single owl:oneOf("Maximisable" "Non_Maximisable"))
- Compose (allValuesFrom Collection_Objet)
 - Collection_Objet [from Donnée]
- Nom (single string)

Figure 4.13. Description du concept « Structure_Abstraite », sous Protégé 2000.

L'ontologie « OntoAlgo » a démontrées épreuves lors de son exploitation, exploitée par un outil développé pour faciliter l'exploration de la structuration des connaissances, en offrant une navigation à travers les concepts et les relations de l'ontologie et dans d'autres travaux au sein du

laboratoire de recherche (LRI) de l'université de Badji Mokhtar (Teimzit, Belhaoues, Bensebaa, 2011 ; Abdessemed, 2012).

4. Modèle de l'apprenant :

De façon générale le modèle de l'apprenant est chargé de recenser et de mettre à jour un ensemble de connaissances donnant un profil de l'apprenant qui sera mis à jour à partir des informations obtenues suivant ses interactions.

Le modèle de l'apprenant est une structure de données qui représente l'état des connaissances de l'apprenant dans un domaine donné, ce modèle permet d'identifier, pour un apprenant, son niveau courant de compréhension du domaine de connaissances, donc il représente ce que le système 'sait' de l'apprenant, ces informations peuvent être de nature cognitive, comportementale ou psychologique.

La modélisation du modèle apprenant est d'une grande importance, car elle va nous permettre de connaître d'une part des informations sur le parcours, les connaissances (théoriques, factuelles, ...) et les compétences (savoir-faire, habiletés) de l'apprenant, et d'autre part pour lui proposer un apprentissage adapté, elle peut concerner un ou plusieurs aspects de l'apprenant : les concepts, règles ou procédures de résolution maîtrisées, les conceptions erronées, la vitesse de résolution de problèmes, la motivation d'apprendre, la capacité de réflexion sur la connaissance apprise, les aspects métacognitifs, etc. le choix du contenu va dépendre essentiellement du domaine d'enseignement, des objectifs didactiques et pédagogiques du système, des types possibles d'interactions avec l'apprenant, etc.

Selon (Behaz et Djoudi, 2009) le but de la modélisation de l'apprenant est de donner une description aussi complète et fidèle que possible de tous les aspects relatifs aux comportements de cet utilisateur. Les modèles utilisateurs dans les hypermédias adaptatifs sont en général compatibles avec les standards IMS et PAPI (Public And Private Information). Il suffit de

choisir d'utiliser leurs structures et leurs vocabulaires pour former des paires attribut-valeur pour la construction des modèles.

Pour adapter un contenu, nous avons besoin de récolter des informations sur l'apprenant (ces prérequis, ses préférences, ses objectifs d'apprentissage, son historique de navigation).

4.1. Approche de modélisation du modèle apprenant :

Le résultat du processus de modélisation du modèle apprenant, est base de données composée de trois tables suivantes : Identité, capacité, Historique comme le montre les figures suivantes :

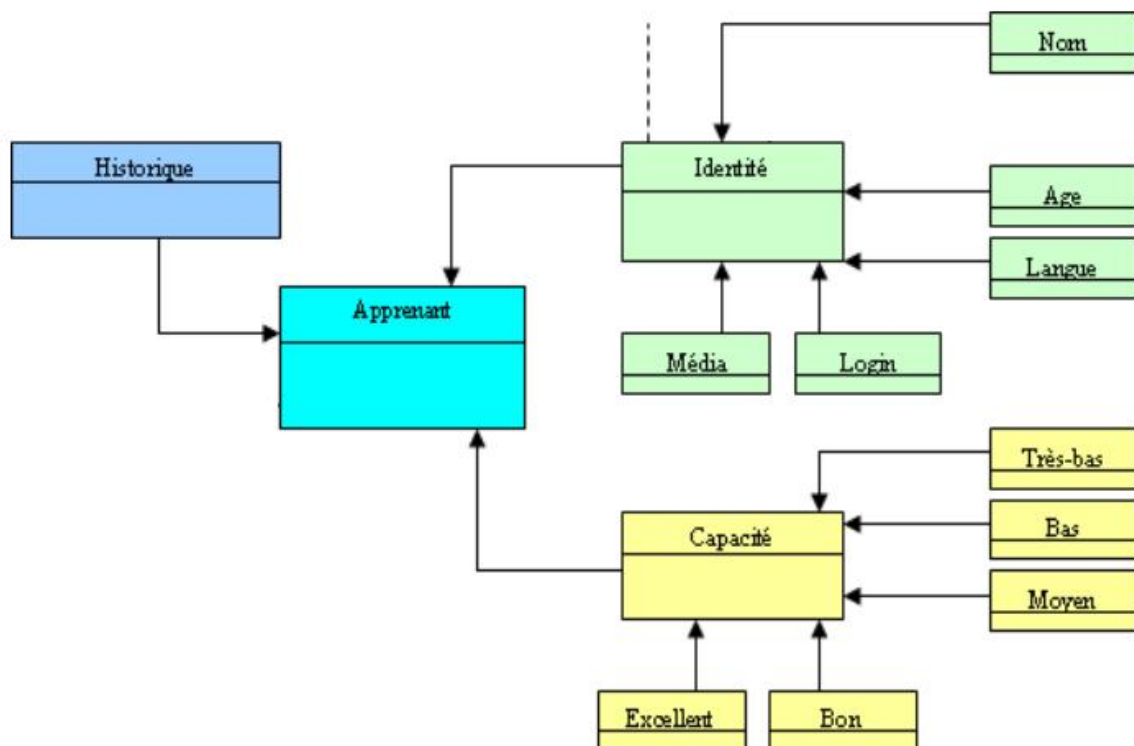


Figure 4.14. Présentation du profil apprenant

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue conceptuelle des différentes parties du système à réaliser, les étapes de conception du modèle

de domaine et le modèle apprenant, justifiant le choix entrepris dans chaque conception.

Dans les chapitres avenir, nous allons entamer la phase suivante qui est la phase d'implémentation de notre système d'apprentissage d'algorithmique.

Chapitre 05

Conception d'une classe inversée d'algorithmique

Nous avons vu dans les chapitres précédents les concepts et fondements théoriques de notre système, ainsi que son architecture et ses différentes composantes.

Le contenu de ce chapitre porte sur l'approche proposée dans la conception de notre classe inversée d'algorithmique, la conception et l'architecture adoptées dans sa mise en œuvre.

Nous allons présenter la méthodologie de conception de notre environnement AlgoToLearn basé sur d'une pédagogie de classe inversée.

I. Conception d'une classe inversée	113
1. Introduction :.....	113
2. Modèle de classe inversée d'algorithmique :.....	114
3. Plate-forme d'apprentissage de classe algorithmique inversée	115
3.1. Objectifs.....	115
3.2. Théorie de la taxonomie révisée de Bloom dans un cours algorithmique 116	
4.2. Conception de la classe inversée révisée par la théorie de Bloom :.....	117
4.3. Conception d'une vidéo pédagogique :	121
Conclusion :	121
II. Conception du prototype de classe inversée d'algorithmique AlgoToLearn : 122	
1. Introduction :.....	122
2. Démarche et objectifs pédagogiques d'AlgoToLearn :.....	122
3. Architecture d'AlgoToLearn	124
Conclusion :	126

I. Conception d'une classe inversée

1. Introduction :

Les nouvelles technologies ont apporté aux éducateurs de nombreux nouveaux outils qui facilitent l'enseignement. Ces outils et d'autres avantages connexes peuvent être utilisés pour rendre le processus d'enseignement et d'apprentissage plus efficace. De nos jours, il est important d'utiliser ces possibilités pour améliorer le processus d'apprentissage, car parallèlement au développement de la technologie et de la science, dans de nombreux domaines de l'éducation, le contenu à apprendre pour devenir un professionnel a considérablement augmenté.

Les chercheurs en éducation travaillent fort pour créer des modèles d'enseignement qui utilisent les possibilités créées par les progrès technologiques. Ces dernières années, l'un de ces modèles, la classe inversée, est devenu très populaire. Selon ce modèle, les étudiants essaient d'apprendre de nouvelles matières avant d'aller au cours, par le biais de conférences vidéo préenregistrées et de problèmes fermés, tandis que dans la classe traditionnelle, ils font des activités d'apprentissage par problèmes, posent des questions sur de nouvelles matières et participent aux discussions.

D'ailleurs, l'introduction aux algorithmes semble être un cours assez problématique pour les étudiants à maîtriser et parfois même simplement à réussir. C'est certainement l'un de ces cours qui ont besoin de l'aide de la technologie pour en faciliter la compréhension. De plus, ce cours d'algorithmes possède plusieurs caractéristiques qui rendent les classes inversées particulièrement adaptées (Hamdan et al, 2013 ; Sams et Bergmann, 2012). C'est pourquoi nous avons décidé de concevoir notre expérience de manière à ce qu'elle évalue l'efficacité des classes inversées par rapport aux classes traditionnelles spécialement conçues pour les algorithmes d'enseignement. (Teimziti, Mahnane et Hafidi, 2019)

2. Modèle de classe inversée d'algorithmique :

Au cours des dernières années, les chercheurs ont signalé que les étudiants de nombreux programmes d'enseignement supérieur ne peuvent pas avoir l'occasion d'être actifs, à savoir appliquer des connaissances théoriques sur des problèmes réels dans les salles de classe.

En ce sens, la résolution de problèmes, les travaux de groupe collaboratifs, l'autoévaluation, le tutorat par les pairs comme stratégies d'apprentissage actif deviennent plus préférables pour rendre les élèves actifs dans l'environnement (Kim et al, 2014).

Dans ce but, au lieu des méthodes d'enseignement traditionnelles, il est suggéré de créer des environnements d'apprentissage comprenant des stratégies d'apprentissage actif pour la résolution de problèmes (Barak, Harward, Kocur et Lerman, 2007 ; Marbach-Ad et Sokolove, 2002).

D'un autre côté, le cours de langage d'algorithmique est l'un des cours de premier plan dans lequel les stratégies d'apprentissage actif peuvent être menées. Puisque l'apprentissage de l'algorithmique ou la programmation est généralement difficile, y compris la programmation des structures et de la syntaxe, la pensée critique, et l'acquisition de résolution de problèmes qui sont considérablement liés à la résolution de problèmes (Kelleher et Pausch, 2005). Ainsi, les instructeurs d'algorithmique travaillent sur différentes approches afin de rendre les étudiants actifs dans le processus d'apprentissage. Strayer (Strayer, 2012) a affirmé qu'il n'est pas facile pour les enseignants d'équilibrer les stratégies de présentation et d'apprentissage actif dans les contextes en face à face (F2F). À ce stade, une telle approche gagne en popularité au cours des dernières années : le modèle de classe inversée (FCM) Flippedclassroom Model ou l'apprentissage inversé.

L'apprentissage inversé suggère aux étudiants d'étudier à l'aide de technologies interactives telles que regarder des vidéos à la maison en ligne et se préparer à appliquer des stratégies d'apprentissage actives en classe (Bergmann, Sams et Girard, 2014). Les élèves prennent des notes et préparent des questions sur les sujets avec les connaissances théoriques sur les vidéos à la maison. Ils partagent leurs questions par voie électronique avec l'enseignant à la maison et reçoivent des commentaires instantanés dans les paramètres F2F (Bergmann et Sams, 2012). L'enseignant classe les questions concernant les qualifications des élèves et peut préparer les discussions et les commentaires dans la salle de classe (Fulton, 2012). Les rôles des enseignants et des élèves dans la FCM sont brièvement résumés à la figure 5.1.

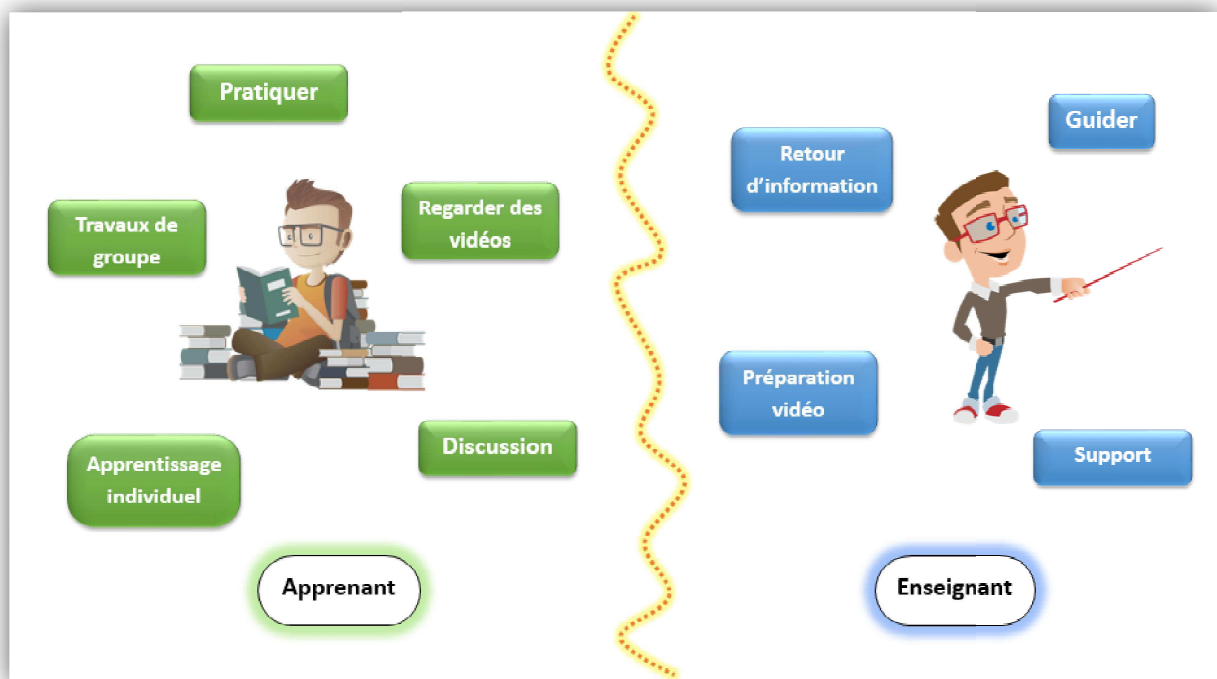


Figure 5.1. Rôles des enseignants et des élèves dans le modèle de classe inversée

3. Plate-forme d'apprentissage de classe algorithmique inversée

3.1. Objectifs

La présente étude vise à élargir notre compréhension collective de la salle de classe inversée de trois façons : tout d'abord, nous avons testé la faisabilité de l'utilisation d'une théorie de conception pédagogique - la théorie de la taxonomie révisée de Bloom - pour la mise en œuvre d'une

classe inversée. Deuxièmement, nous avons conçu et offert une salle de classe inversée pour les apprenants peu performants et les apprenants de haut niveau, en fonction du style d'apprentissage de l'apprenant et de son niveau de compétence. Enfin, nous avons comparé l'efficacité et les perceptions des apprenants dans les salles de classe à l'envers et dans les classes traditionnelles.

3.2. Théorie de la taxonomie révisée de Bloom dans un cours algorithmique

La théorie de la taxonomie révisée de Bloom fournit six niveaux d'apprentissage (Bloom, 1969 ; Pohl, 2000) comme il a été détaillé dans le chapitre précédent. L'explication est organisée du niveau le plus bas au niveau le plus élevé :

1. **Reconnaître** : à ce stade, les apprenants essaient de reconnaître et de rappeler l'information qu'ils reçoivent ; ils essaient aussi de comprendre les concepts et les principes de base du contenu qu'ils ont appris.

2. **Comprendre** : les apprenants essaient de démontrer leur compréhension, interprètent l'information et résument ce qu'ils ont appris.

3. **Appliquer** : les apprenants mettent en pratique ce qu'ils ont appris ou appliquent les connaissances à la situation réelle.

4. **Analyser** : les apprenants utilisent leur pensée critique pour résoudre le problème, débattre avec des amis, comparer la réponse avec leurs pairs et produire un résumé. Les apprenants acquièrent de nouvelles connaissances et idées après avoir mis en œuvre une réflexion critique ou débattu des activités en groupe. Dans ce niveau d'apprentissage, les apprenants produisent également une pensée créative.

5. **Évaluer** : l'évaluation ou la connaissance établie par les pairs, juger en termes relationnels ; À ce stade, les apprenants évaluent l'ensemble des concepts d'apprentissage et ils peuvent évaluer ou juger de la mesure dans laquelle ils réussissent à apprendre.

6. **Créer** : les apprenants sont capables de concevoir, construire et produire quelque chose de nouveau à partir de ce qu'ils ont appris.

La figure 5.2 suivante illustre le niveau d'apprentissage de l'apprenant dans l'apprentissage inversé selon la taxonomie révisée de Bloom. (Teimziti, Mahnane et Hafidi, 2019)

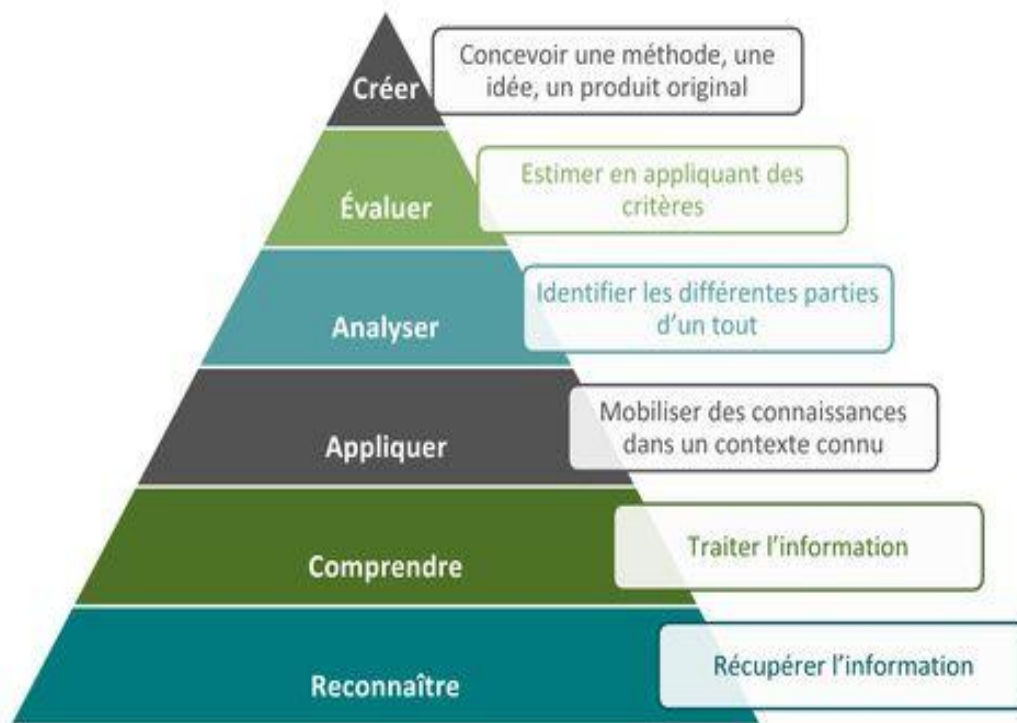


Figure 5.2. Taxonomie de BLOOM (selon (Pohl, 2000))

4.2. Conception de la classe inversée révisée par la théorie de Bloom :

La théorie de la taxonomie révisée de la théorie de la conception de l'enseignement de la théorie de Bloom nous fournit un cadre théorique unique pour mettre en œuvre notre approche d'apprentissage inversée (voir la figure 5.2). Plus précisément, dans le cadre de notre approche de classe inversée, nous avons présenté la phase de mémorisation et la phase de compréhension à l'extérieur de la salle de classe par le biais de conférences vidéo. Les apprenants ont d'abord regardé plusieurs vidéos d'enseignement sur un sujet particulier à la maison. Dans chaque cours, l'enseignant montrerait d'abord la tâche que les apprenants étaient capables d'accomplir à la fin du cours. L'enseignant a ensuite activé les connaissances antérieures des apprenants en rappelant les concepts ou les connaissances pertinents

qu'ils avaient déjà acquis. Ensuite, l'enseignant a démontré les nouvelles connaissances, la stratégie ou la procédure pour résoudre le problème. Les cours peuvent être interrompus à tout moment ou rejoués de façon répétée afin que les apprenants puissent apprendre à leur propre rythme. Après avoir visionné les cours, les apprenants répondaient à des quiz simples en ligne en appliquant ce qu'ils avaient appris dans le cours vidéo pour promouvoir l'apprentissage.

Les questionnaires en ligne ont aidés les enseignants à vérifier l'apprentissage de l'apprenant en analysant leurs réponses aux questions.

Pendant les sessions en face à face, nous avons livré la phase d'application, la phase d'analyse, la phase d'évaluation et la phase de création à l'intérieur de la classe. L'enseignant passerait d'abord en revue les sujets abordés dans la vidéoconférence et clarifierait tout malentendu. Les apprenants appliqueraient ensuite les concepts appris en résolvant certains problèmes simples, individuellement ou en binôme.

On a également demandé aux apprenants d'appliquer leurs connaissances à la résolution de problèmes plus avancés ou réels dans des groupes sous le soutien de l'enseignant et de leurs pairs. L'utilisation de la discussion de groupe pourrait approfondir la compréhension des apprenants et les aider à intégrer les nouvelles connaissances dans des contextes du monde réel. (Teimziti, Mahnane et Hafidi, 2019)

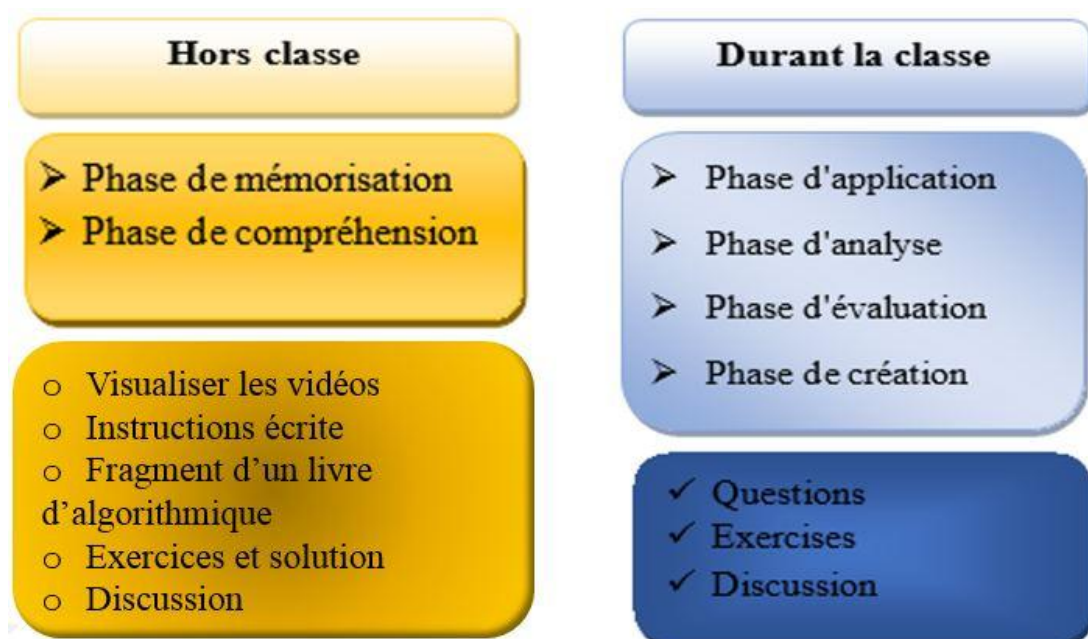


Figure 5.3. Modèle de classe algorithmique inversée

Par exemple, la création d'une classe inversée pour l'instruction de contrôle, comme indiqué dans le tableau 5.1.

Tableau 5.1:Exemple de sujet de déclaration de contrôle(SedgeWick et Wayne, 2011)

Cours	Cours Algorithmique
Sujet	Déclaration de Contrôle
Objectifs d'apprentissage de l'activité hors classe	1. Comprendre l'énoncé de contrôle 2. Appliquer la déclaration de contrôle dans les problèmes / projets du monde réel
Concepts importants à couvrir	a. Déclarations de sélection : if, if-else et switch. b. Déclarations de boucle :while, do-while et for. c.Transférer les déclarations : break, continue, return, try-catch-finally and assert.
Matériel sur le sujet	- Utilisez la vidéo et le didacticiel parlé

sur le sujet.

Les objectifs d'apprentissage pour l'activité en classe.

1. Analyser, appliquer l'instruction de contrôle aux problèmes du monde réel
2. Analyser quand utiliser l'instruction de contrôle

Les activités prévues pour l'activité en classe

Pensez phase : l'enseignant donnera le problème aux apprenants, leur demande d'écrire un pseudo-code pour le problème donné, et donne du temps. La tâche donnée ne devrait pas être trop compliquée pour que les apprenants ne puissent pas penser.

Après la phase de réflexion, chaque apprenant sera prêt avec un pseudo-code, sinon l'enseignant pourra y répondre.

Phase d'appariement : Après la phase de réflexion, nous avons deux ou trois apprenants dans un groupe en leur demandant de discuter et d'écrire le programme et d'allouer du temps. Si des apprenants ont des problèmes, l'enseignant peut les aider.

Phase de partage : Après la phase, chaque groupe peut partager son programme avec la classe et après discussion l'enseignant peut donner la solution appropriée et efficace au problème.

Instructions par les pairs : Nous pouvons

aussi donner des instructions aux pairs.

Ici, chaque apprenant sera invité à écrire le programme et ensuite, il pourra se regrouper avec ses pairs pour discuter de leurs idées de mise en œuvre.

Après les activités, l'enseignant peut répondre aux questions du quiz pour savoir combien d'apprenants ont compris afin de pouvoir broser les concepts.

4.3. Conception d'une vidéo pédagogique :

La conception de nos vidéoconférences s'est appuyée sur des résultats fondés sur des données probantes. Premièrement, nous avons limité la durée de nos vidéos pédagogiques à moins de six minutes. Les vidéos de moins de six minutes ont été jugées les plus engageantes pour les apprenants (Guo, Kim, et Rubin, 2014). Deuxièmement, nous avons suivi les lignes directrices relatives à la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia (Mayer, 2014).

Conclusion :

Il est clair que l'un des plus grands challenges rencontrés lors de la conception d'une stratégie d'enseignement/apprentissage est de centraliser l'apprentissage sur l'apprenant en tenant compte de plusieurs critères tels que l'hétérogénéité des profils des apprenants.

Dans une pratique techno-pédagogique, il sera plus judicieux d'apposer présentiel/distance ; ceci nous a poussés à choisir l'utilisation de l'apprentissage hybride basée sur la classe inversée avec l'utilisation d'un environnement informatique d'apprentissage humain (EIAH) en ligne pour l'apprentissage de l'algorithmique.

Par ailleurs, l'utilisation d'un espace numérique de travail (ENT) ou d'une plateforme d'apprentissage à distance permet de mutualiser les ressources pour l'apprentissage (Genevois et Poyet, 2010). Aussi les outils de communications intégrés dans la plateforme d'apprentissage à distance tel

que les commentaires, le chat, le forum...etc., permettent aux apprenants d'échanger et des'entraider sur des activités en ligne proposées. Ce qui leur permet de réaliser des productions collectives etcollaboratives.(Rouxet Mayen, 2013).

Après avoir présenté la méthode de conception de notre classe inversée d'algorithmique, nous allons présenter dans la prochainepartie la méthode de conception de notre EIAH en intégrant notre ontologie de domaine d'algorithmique.

II. Conception du prototype de classe inversée d'algorithmique AlgoToLearn :

1. Introduction :

Le plus grand défi que nous rencontrons lors de la conception d'une stratégie d'enseignement / apprentissage, est la centralisation de l'apprenant dans la situation de l'apprentissage. En adoptant une pratique techno-pédagogique, il paraît judicieux de combiner l'enseignement présentiel et à distance ; favorisant un apprentissage hybride baser sur la classe inversée avec l'utilisation d'un environnement informatique d'apprentissage humain (EIAH) en ligne afin d'assurer la mise en œuvre de dispositifs de formation qui peuvent être spatialement et temporellement différés entre les différents apprenants.

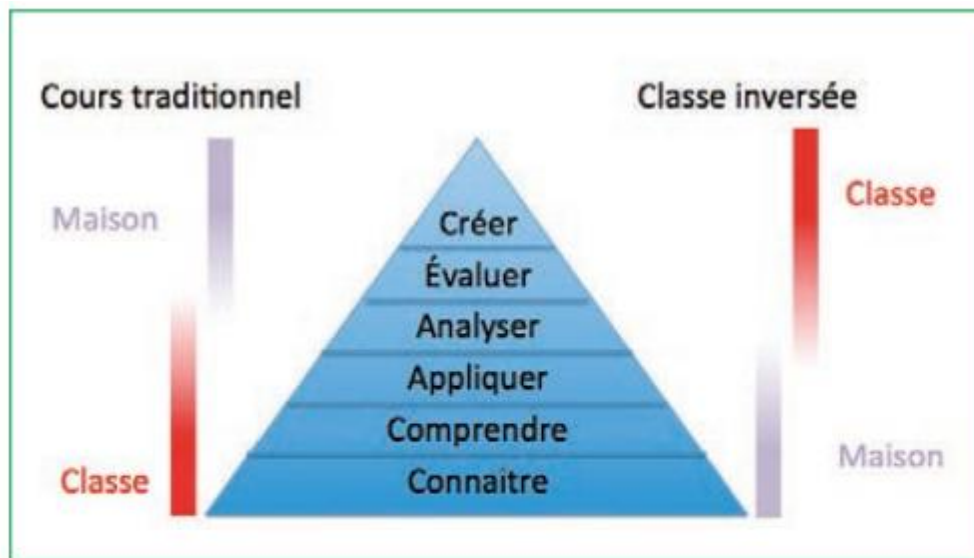
2. Démarche et objectifs pédagogiques d'AlgoToLearn :

AlgoToLearn repose sur une démarche pédagogique totalement constructiviste, destinée à faciliter l'apprentissage de l'algorithmique dans un EIAH.

La situation d'apprentissage est présentée sous forme de classe inversée. Elle consiste à adopter méthode d'apprentissage inversée qui se base sur la taxonomie de Bloom.

L'approche déjà proposée dans les chapitres précédents s'inspire également de la taxonomie de Bloom révisée (Pohl, 2013), où l'idée est de pouvoir passer davantage de temps sur des activités de niveaux supérieurs.

Dufour (Dufour, 2014), dans son texte, suggère une image expliquant comment la différence entre la classe traditionnelle et la classe inversée en lien avec ces processus cognitifs.



1 Activités de bas niveau cognitif à la maison et activités de haut niveau en classe

Figure 5.4. Comparaison du positionnement des activités entre le modèle traditionnel et inversé Source : (Dufour, 2014)

En lien avec les types de connaissances dans la classe inversée, tout comme dans le cours traditionnel, l'enseignant a comme but d'élaborer un contenu touchant le plus possible aux quatre types de connaissances. L'utilisation de la classe inversée comme macro-stratégie permet à l'étudiant de prendre connaissance de la théorie à la maison (connaissances factuelles et conceptuelles) et de mettre en pratique par la résolution de problèmes ou de confronter ses idées à celles de ses pairs en classe (connaissances procédurales). Comme l'étudiant est davantage impliqué dans son processus

d'apprentissage (voir Conditions favorisant l'apprentissage), on peut penser que les connaissances métacognitives sont également sollicitées.

3. Architecture d'AlgoToLearn

AlgoToLearn est système pédagogique d'apprentissage mis en ligne qui vise à aider les apprenants en algorithmique. Son objectif final est le développement des compétences algorithmiques sur le terrain. Il est à noter que le système AlgoToLearn gère que la partie « Hors Classe » où d'un côté, l'enseignant prépare son cours et met en ligne les consoles vidéos, et de l'autre côté, l'apprenant visualise des vidéos et apprend le cours, c'est-à-dire dans le processus d'apprentissage il gère les deux premières étapes de la taxonomie de Bloom.

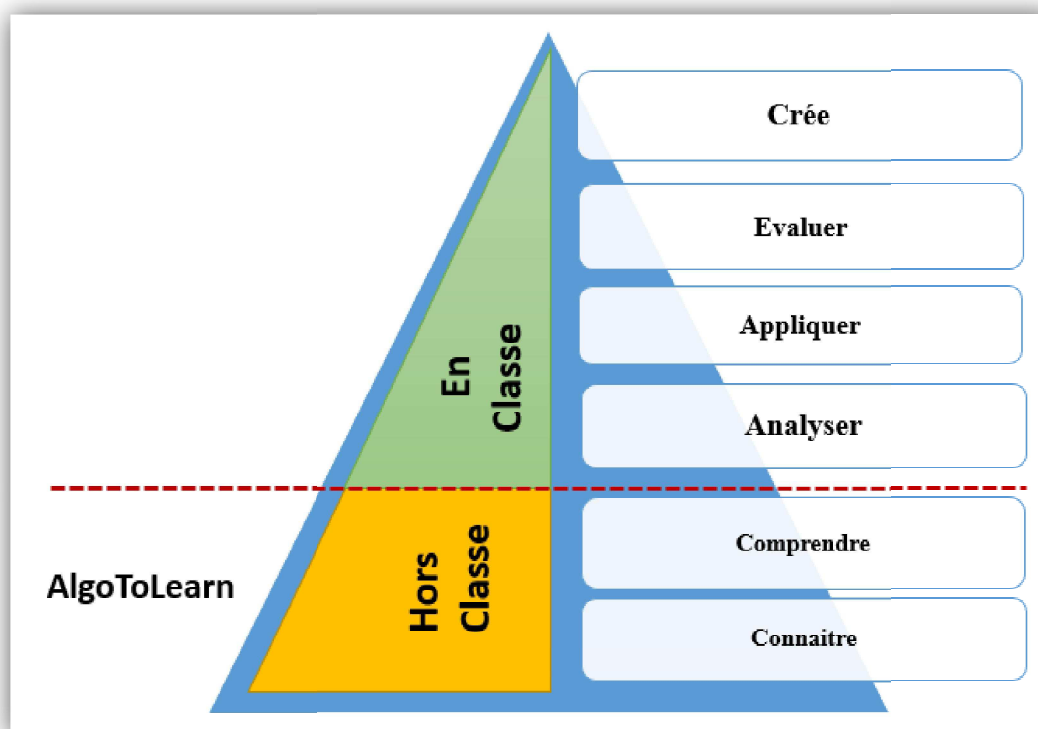


Figure 5.5. Positionnement de AlgoToLearn par rapport à la taxonomie de Bloom

Comme tout système en ligne, il nécessite deux composants clés pour fonctionner : un client et un serveur web.

- Du côté client on retrouve les navigateurs web et tout dispositif utilisé par les internautes pour afficher et interagir avec un site web. De ce côté client, on parle de développement Front-End. Les langages qui y sont utilisés sont un mix de HTML, CSS et JavaScript. C'est la partie émergée de votre site web.

- Avec le côté serveur, on entre dans les coulisses de votre site web. C'est là que sont stockés tous les fichiers et données associés à l'affichage d'un site web. On parle du Back-End qui se compose au minimum d'un serveur, d'une application et d'une base de données. La programmation de cette partie repose sur des langages de tels que PHP, Ruby, Python, Java, SQL ou .Net.

Clients et serveurs sont connectés au réseau Internet et communiquent entre eux.

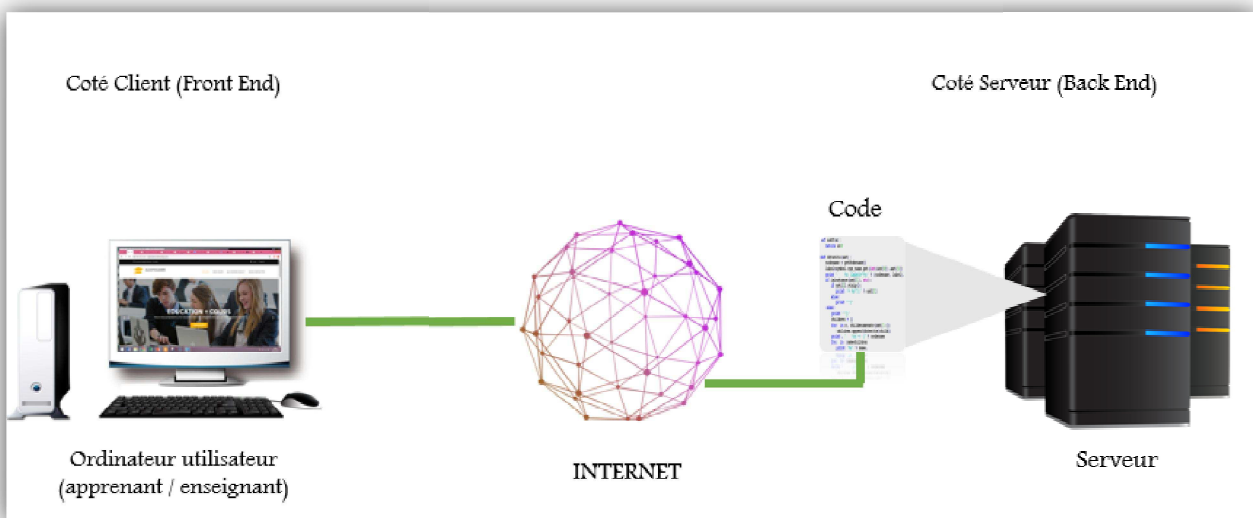


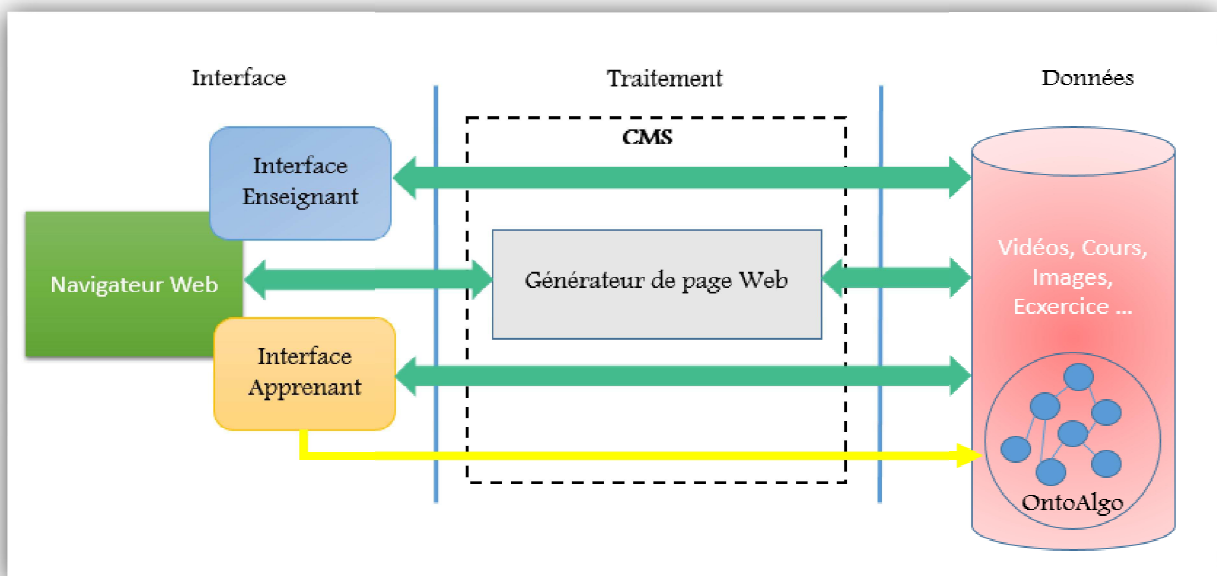
Figure 5.6. Architecture externe de AlgoToLean

Il est basé sur une architecture trois tiers. Cette architecture, appelée aussi architecture client/serveur deuxième génération ou client/serveur distribué, est caractérisée principalement par l'invariance à l'échelle (elle peut supporter un nombre important de clients). Une telle architecture applique les principes suivants :

- Les données sont toujours gérées de façon centralisée,
- La représentation est toujours prise en charge par le poste client,
- Le traitement est pris en charge par un serveur intermédiaire.

Pour l'architecture, le premier tiers est l'interface qui représente le point d'accès des apprenants et de l'enseignant responsable à travers une interface graphique en HTML et PHP.

Le deuxième tiers s'occupe de l'exécution des requêtes en PHP et de la représentation des pages HTML. Le dernier tiers, les données (partie serveur). Un CMS (Content Management System), nous aide pour faire la gestion de contenu, car il nous permet de créer, modifier et publier du



contenu sur un site internet.

Figure 5.7. Architecture interne de AlgoToLearn

Conclusion :

Durant ce chapitre nous avons mis l'accent sur la méthode de conception d'une classe inversée et les outils qui seront nécessaires pour assurer son bon fonctionnement.

Dans ce qui suit, nous allons passer à l'étape de création du prototype et expliquer les détails de sa conception, ainsi que le déroulement du processeur d'expérimentation et d'évaluation.

Chapitre 6

Implémentation et évaluation d'une classe inversée d'algorithmique

Dans ce chapitre nous allons présenter la partie implémentation et l'évaluation de notre classe inversée d'algorithmique ainsi que les résultats et les constatations obtenus.

I. Implémentation de la classe inversée d'algorithmique	129
1. Introduction :.....	129
2. Conception de l'environnement AlgoToLearn :.....	129
2.1. Interface enseignant :.....	129
2.2. Interface apprenant :.....	130
II. Évaluation de la classe inversée d'algorithmique	132
1. Introduction.....	132
2. Participants et procédure	132
a. Expérience d'apprentissage pour la classe inversée	133
b. Expérience d'apprentissage pour la classe traditionnelle.....	135
c. Post-test	135
3. Résultats.....	136
a. Prétest	136
b. Post-test	136
4. Sondage auprès des apprenants et évaluation.....	137
5. Discussion.....	139
a. Impact sur l'apprentissage algorithmique de l'apprenant.....	140
b. Perceptions des apprenants	140
Conclusion :.....	141

I. Implémentation de la classe inversée d'algorithmique

1. Introduction :

La mise en place d'une pédagogie de classe inversée dans un environnement informatique d'apprentissage humain pour l'algorithmique intégrant une ontologie de domaine est le noyau de notre recherche. Notre objectif est de déterminer l'efficacité de cette approche dans le domaine des EIAH et dans l'enseignement de l'algorithmique est notre objectif.

Dans ce qui suit, nous allons présenter le déroulement de notre expérience et les résultats qu'elle a engendrés.

2. Conception de l'environnement AlgoToLearn :

Afin de valider la méthode proposée qui consiste à proposer un environnement informatique d'apprentissage humain utilisant une ontologie de domaine d'algorithmique en adoptant une pédagogie d'apprentissage inversée.

Notre environnement est doté de deux interfaces, une interface enseignant et une interface apprenant. (Il contient aussi une interface administrateur de gestion d'utilisateurs.)

2.1. Interface enseignant :

L'enseignant accède au site AlgoToLearn en introduisant son nom utilisateur et son mot de passe, son interface lui permet de mettre en ligne un cours et sa séquence vidéo, tout en définissant la date de publication du cours et les concepts d'ontologie OntoAlgo qui sont en relation avec le cours en question.

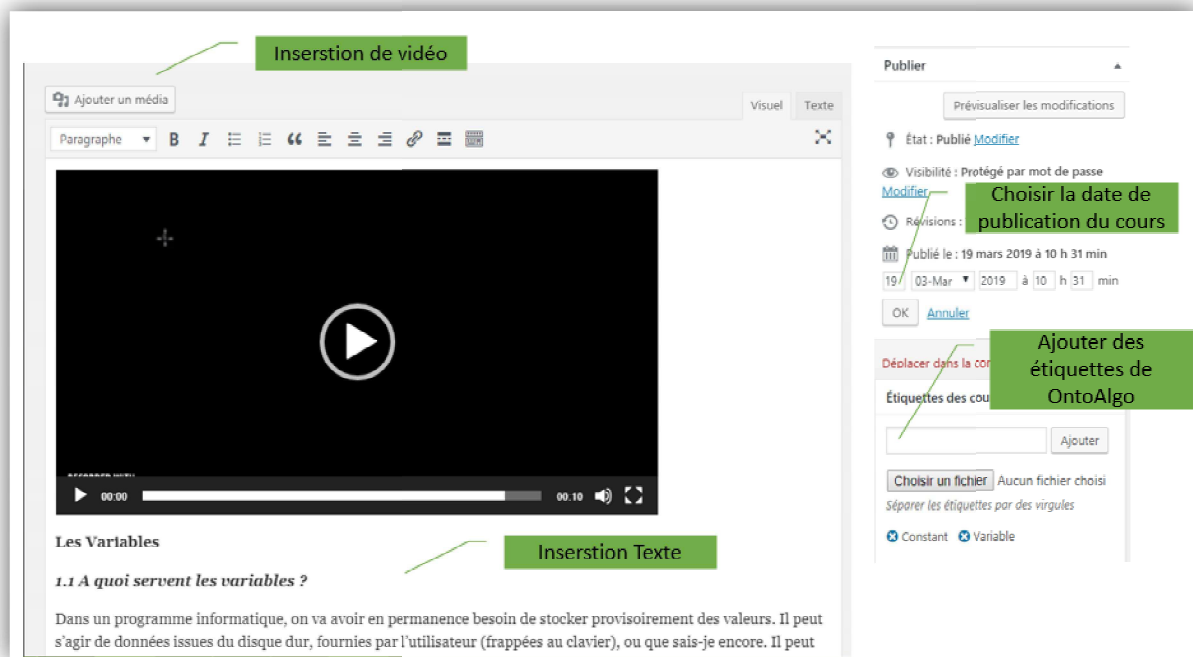


Figure 6.1. Interface enseignant

2.2. Interface apprenant :

L'apprenant accède à la plateforme d'apprentissage AlgoToLearn en se connectant via ses identifiants, il a accès au programme d'apprentissage et comment les cours seront partagés entre des séances en classes et des séances hors classe ainsi que les séances de tests.

Et bien évidemment un accès au contenu de son cours et la possibilité visualiser la vidéo comme il le souhaite.



Figure 6.2. Interface du cours de l'apprenant

La navigation sémantique selon l'ontologie d'algorithmique se fait avec des tags, qui sont intégrés dans chaque leçon par l'enseignant, un analyseur spécial pour les ontologies « ParserOwl » a été implémenté afin d'assurer cette navigation, dont un extrait du code est illustré dans la figure 6.3 suivante.

```
var ParseOwl = (function() {
  function parseOwl(str) {
    var reg = new RegExp('/.*#(.*?)', "g");
    var match = null;
    var result = [];
    while ((match = reg.exec(str)) !== null) {
      console.log(match);
      result.push(match[1]);
    }
    return result.length > 0 ? result : null;
  }

  // main function of processing once files loaded [take textString of all concatenated files all together]
  function fileProcessing(text, outputDoms, callback) {
    var list = null;
    if (this.parseOwl) {
      this.parseOwl(text, this.overrideMode);
      list = this.list;
    } else {
      list = parseOwl(text); // support both in class and not in class cases
    }

    // output to one or multiple containers
    if (outputDoms) {
      // outputDoms here is an array ! important!
      outputDoms.forEach(function(output) {
        renderList.call(this, list, output);
      });
    }

    callback.call(this, list, text, outputDoms); // callback at end of processing
  }

  // render the result of parsing (list)
  function renderList(list, outputDom) {
    //output dom not array but a dom
  }
}
```

Figure 6.3. Extrait du code d'analyseur OWL

Les tags seront affichés dans chaque cours en bas pour permettre à l'apprenant de voir les relations entre les différents concepts qui lui ont été invisibles en temps normal.



Figure 6.4. Navigation par tags

II. Évaluation de la classe inversée d'algorithmique

1. Introduction

Notre hypothèse était que la classe inversée serait un moyen efficace d'enseigner les algorithmes ; elle permettrait aux apprenants de comprendre plus facilement la matière et d'obtenir de meilleurs résultats. Ainsi, l'expérience conçue portait spécifiquement sur l'enseignement des algorithmes à travers les classes inversées. Son objectif principal était de vérifier la validité de l'hypothèse mentionnée ci-dessus. En outre, il recueillerait l'opinion des apprenants sur l'expérience d'apprentissage : s'ils étaient d'accord que la classe inversée facilitait leur apprentissage et s'ils le préféraient au modèle traditionnel. La durée de l'expérience était d'environ deux semaines. (Teimzit, Mahnaneet Hafidi, 2019)

2. Participants et procédure

Au total, 50 apprenants ont participé à la classe d'algorithmique inversée dans notre université cible en Algérie. Afin de pouvoir montrer le contraste d'efficacité entre les méthodes d'enseignement traditionnelles et les

méthodes inversées, les expériences ont nécessité deux groupes d'apprenants en tant que sujets d'étude. Au cours de l'expérience, pendant huit jours, 26 apprenants ont suivi les cours inversés, tandis que 24 apprenaient de façon traditionnelle. La séquence des étapes de l'expérience était la suivante : tout d'abord, les deux groupes devaient passer un prétest qui serait suivi par des expériences d'apprentissage différentes pour chaque groupe. Après 8 jours depuis le prétest, les apprenants devaient passer un test final pour évaluer comment ils maîtrisaient le nouveau matériel.

Dans les jours suivants, les opinions des apprenants qui faisaient partie de la classe inversée seraient recueillies à partir d'un formulaire en ligne et, en outre, leur enseignant prendrait des notes sur le terrain. Chacune de ces étapes sera décrite en détail dans les paragraphes suivants.

Comme nous l'avons déjà mentionné, le prétest est la première étape que les deux groupes doivent franchir, le premier jour de l'expérience. Sa fonction est d'évaluer les compétences de base en programmation et les capacités de résolution de problèmes des apprenants. Cette information peut être utilisée pour voir si les apprenants d'un groupe avaient de meilleurs antécédents et étaient mieux préparés que les autres. Si tel est le cas, certains ajustements des résultats de l'essai final seront nécessaires afin de tirer des conclusions correctes des résultats.

Le test se compose de 8 questions de programmation Java ; chacune d'elles vaut un point. Les questions sont classées selon leur complexité, la première étant très simple. (Teimzit, Mahnane et Hafidi, 2019)

a. Expérience d'apprentissage pour la classe inversée

Après avoir passé le prétest, le même jour, l'enseignant de la classe inversée assignera des devoirs inversés aux élèves de son groupe. Les élèves auront six jours pour faire leurs devoirs, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'ils aient la classe inversée. Les devoirs consistent en des instructions écrites, un cours

vidéo, un fragment d'un livre d'algorithmes (SedgeWick et Wayne, 2011), des exercices et leurs solutions.

Les instructions écrites sont livrées sous forme de document Word, elles sont assez courtes, mais elles guident l'élève dans ses devoirs en lui suggérant ce qu'il doit faire en premier, en second et ainsi de suite. De plus, les instructions contiennent des conseils à l'intention des élèves, par exemple, sur la façon dont ils peuvent utiliser la lecture vidéo pour en tirer le meilleur parti. En outre, pour les élèves qui préfèrent apprendre par la lecture, un fragment de livre d'algorithmes qui explique le même matériel est fourni. Le livre s'intitule « Algorithms » (4e édition) (SedgeWick et Wayne, 2011). Le dernier élément des devoirs, c'est des exercices, ils sont livrés comme le document word.

Le document contient deux types d'exercices, le premier demande aux élèves d'écrire le code du programme, et le deuxième leur demande de tracer le code du programme. De plus, les étudiants reçoivent également le document word avec des solutions aux exercices afin de vérifier s'ils étaient corrects.

Après avoir fait les devoirs, le septième jour de l'expérience, les élèves de la classe inversée ont un cours. Sa durée est d'environ trois heures. La classe commence par poser des questions aux élèves afin de comprendre dans quelle mesure ils ont bien compris le nouveau matériel. De plus, les élèves peuvent poser des questions ou demander à l'enseignant de leur expliquer certaines parties complexes du contenu. De plus, si l'enseignant voit le besoin, il peut parcourir toutes les explications du programme. Par la suite, des exercices sont donnés aux étudiants afin qu'ils puissent s'exercer davantage. Cela donne aussi à l'enseignant l'occasion d'observer et de voir dans quelle mesure les élèves ont bien compris le contenu. Ces exercices sont très semblables aux exercices qui ont été inclus dans les devoirs. Pendant que les élèves travaillent sur les exercices, l'enseignant marche d'un élève à l'autre, les observe, les guide et les aide au besoin. Les élèves sont également

encouragés à s'instruire auprès de leurs pairs, à s'entraider dans le processus de compréhension du matériel. Après ce cours, les élèves devraient être prêts à passer l'examen final. (Teimzit, Mahnane et Hafidi, 2019)

b. Expérience d'apprentissage pour la classe traditionnelle

Après le prétest, le même jour, les élèves qui appartiennent à la classe traditionnelle auront une classe. Comme la classe inversée, elle durera aussi trois heures. Pendant la première heure, l'enseignant présentera le programme aux élèves. Ensuite, les élèves auront la possibilité de poser des questions à l'enseignant sur le sujet et ils auront un travail pratique où les élèves feront les mêmes exercices que leurs pairs de la classe inversée. Pendant ce temps, l'enseignant les guidera et les aidera. À la fin de la classe, l'enseignant donnera des devoirs aux élèves. En devoir, ils devront lire et comprendre un fragment du livre d'algorithmes sur le programme (SedgeWick et Wayne, 2011) et ils devront faire les mêmes exercices que ceux qui faisaient partie du devoir inversé. Les élèves auront sept jours pour faire leurs devoirs et se préparer au test final.

c. Post-test

L'élément le plus important pour l'évaluation est probablement le test final. Tout comme le prétest, les deux groupes passent. Il se compose de 10 questions sur le cours d'algorithmique et son but est de donner des informations sur le groupe d'apprenants qui maîtrisent le mieux le matériel. Tout comme dans le prétest, ici aussi, chaque question vaut un point, de sorte que le nombre maximal de points qui peuvent être gagnés dans ce test est de 10.

Après avoir passé le test final, les apprenants seront invités à remplir un questionnaire dont le résultat sera utilisé pour obtenir leur opinion sur la classe inversée et les éléments pédagogiques connexes. Il contient les 8 énoncés suivants. Les apprenants peuvent répondre aux questions sur une échelle de 1 à 5. 1, 2, 3, 3, 4, 5 signifiant totalement en désaccord, en

désaccord, ne sont pas d'accord ou en désaccord, d'accord, totalement d'accord, respectivement.(Teimzit, Mahnane et Hafidi, 2019)

3. Résultats

a. Prétest

Les résultats du prétest sont présentés dans le tableau 6.1. Le tableau indique qu'il y avait une différence insignifiante ($p > 0,05$) entre les notes moyennes des élèves de la classe inversée (groupes expérimentaux) et des élèves de la classe traditionnelle (groupes témoins), 4,19 et 3,96, respectivement, sur la note maximale qui était de 8. L'écart type était légèrement plus élevé dans le cas de classe inversée (0,72) comparativement aux classes traditionnelles (0,68). Ce résultat suggère que les antécédents de l'élève en programmation de base et en résolution de problèmes étaient les mêmes pour les deux groupes. Cependant, les compétences des élèves ne variaient guère plus dans la classe inversée que dans la classe traditionnelle, où les compétences des élèves étaient plus semblables les unes aux autres.

Table 6.1: Résultats du pré-test.

	Groupe expérimental			Groupe témoin			P-value/ F-test
	N	M	SD	N	M	SD	
Pre-test	26	4.19	0.72	24	3.96	0.68	0.48/0.52

b. Post-test

Les résultats du post-test sont présentés dans le tableau 6.2. Les élèves de la classe inversée ont obtenu des résultats légèrement meilleurs en moyenne que les élèves de la classe traditionnelle, soit 8,92 et 3,56, respectivement, sur la note maximale qui était de 10.

Table 6.2: Résultats du post-test.

	Groupe expérimental			Groupe témoin			P-value/F-test
	N	M	SD	N	M	SD	
Post-test	26	8,92	2,78	24	3,56	0,46	0.001/6.57

L'écart-type était plus élevé dans la classe inversée (2,78) que dans la classe traditionnelle (0,46). En plus du fait que l'écart-type des élèves par rapport à la classe inversée était également plus élevé au prétest, une autre raison de cette différence au post-test peut être la nature des classes inversées. En d'autres termes, les élèves doivent être plus autonomes, apprendre de nouvelles choses à la maison ou du moins s'en faire une idée, car l'enseignant, n'expliquera que brièvement ou pas du tout le matériel et passera directement aux questions et exercices. Ainsi, les élèves qui n'étaient généralement pas aussi bons en la matière ont échoué encore plus dramatiquement qu'ils ne l'auraient fait dans la classe traditionnelle. Mais d'autre part, les étudiants qui étaient capables de travailler de manière indépendante ont reçu des scores élevés, de sorte que le score moyen de la classe inversée était encore plus élevé, même si peu d'étudiants de cette classe ont reçu un score nul ou proche de zéro. (Teimziti, Mahnane et Hafidi, 2019)

4. Sondage auprès des apprenants et évaluation

Dans cette section, nous présenterons l'enquête dans laquelle les apprenants évaluent spécifiquement l'approche de la classe inversée. Le tableau 6.3 présente les résultats du questionnaire de cette étude. Dans l'ensemble, la plupart des apprenants (87,5 %) ont trouvé que la classe inversée était plus engageante que la classe traditionnelle et préféraient apprendre à leur propre rythme. De plus, de nombreux apprenants (70,8 %) aimaient regarder des vidéos d'enseignement et reconnaissaient que le fait d'inverser la classe leur donnait plus de chances de communiquer avec leurs pairs.

Table 6.3 : l'évaluation par les apprenants de l'expérience de la salle de classe inversée

Déclarations	M	Sd
La salle de classe inversée est plus attrayante que l'enseignement traditionnel en classe.	4.42	.72
J'aime regarder les leçons en vidéo.	4.13	.85
Je préfère un enregistrement vidéo de la leçon à une leçon traditionnelle dirigée par un enseignant.	4.17	.87
J'aime me chronométrer tout au long du cours.	4.38	.71
J'aime répondre à mes quiz en ligne en utilisant la plateforme d'apprentissage en ligne.	4.08	.97
La salle de classe inversée me donne plus de chances de communiquer avec d'autres apprenants.	4.04	.81
Je suis plus motivé pour apprendre dans la salle de classe inversée.	4.21	.78
La salle de classe inversée a amélioré mon apprentissage de l'algorithmique.	4.29	.69
J'aime la navigation entre les tags dans la leçon	4.11	.84
Les tags m'ont aidé à comprendre la relation entre les notions du cours	4.26	.76

Les réponses des apprenants aux questions ouvertes du questionnaire et aux entrevues ont été analysées par thème et organisées en plusieurs catégories.

Tout d'abord, les apprenants ont parlé des avantages de la classe inversée, comme la possibilité d'apprendre à leur propre rythme et l'autonomie dans l'apprentissage : "Les apprenants sont libres de choisir s'ils veulent regarder les vidéos pour révision ou non " (apprenant 10), " Nous pouvons décider de nos propres progrès d'apprentissage " (apprenant 9). De plus, les perceptions des apprenants à l'égard de la salle de classe inversée étaient généralement positives. Certains apprenants ont même demandé à l'enseignant de leur fournir davantage d'exemples et d'exercices, ainsi que de prolonger la durée des leçons : "Il serait préférable de donner plus

d'exemples et de problèmes d'application avancés " (apprenant 15), " Nous pouvons rester même après 18h (fin de la leçon) " (apprenant 20).

Deuxièmement, la plupart des apprenants ont déclaré que la discussion en classe avait facilité leur apprentissage. Ils ont également apprécié la communication avec leurs pairs dans leur apprentissage. Par exemple, " les apprenants ont principalement discuté de la solution en classe, ce qui a facilité notre communication et notre apprentissage " (apprenant 18).

Troisièmement, bien que de nombreux apprenants aient apprécié le fait qu'ils pouvaient recevoir davantage d'aide de la part de l'enseignant pendant les heures de classe, un certain nombre d'entre eux ont indiqué qu'ils ne pouvaient obtenir une aide immédiate pour leur apprentissage hors classe. Quelques apprenants ont demandé un endroit pour poser des questions à l'enseignant : " Nous ne pouvons pas obtenir un feed-back instantané lorsque nous rencontrons des problèmes à la maison " (apprenant 17) ; " Vous pouvez fournir un endroit où les apprenants peuvent poser des questions pendant la session hors classe " (apprenant 12).

Enfin, beaucoup d'apprenants ont exprimés que la navigation par tags sémantiques les a aidés à mieux comprendre les relations qui existe entre plusieurs notions, qui auparavant ne pouvaient pas les assimiler. "Je ne savais pas que les notions du cours étaient liées les unes aux autres malgré que nous les apprenions dans des leçons séparées" (apprenant 6) ; "les tags m'ont aidé à relier les leçons que je lisais avec celles que j'avais déjà acquises et ont animé ma curiosité à attendre celle que je ne connaissais pas encore" (apprenant 1).(Teimzit, Mahnane et Hafidi, 2019)

5. Discussion

Les éducateurs sont continuellement mis au défi de trouver de nouvelles stratégies pour faire participer les apprenants en classe afin d'accroître l'efficacité du processus d'apprentissage. Un modèle d'apprentissage inversé inverse le processus d'apprentissage normal. Il

déplace les cours à l'extérieur des salles de classe et utilise des activités d'apprentissage pour déplacer la pratique avec les concepts à l'intérieur de la classe (Strayer, 2012).

a. Impact sur l'apprentissage algorithmique de l'apprenant

D'après les résultats des prétests et des post-tests, il y a eu un gain d'apprentissage significatif dans cette étude. L'apprentissage à l'aide d'une plate-forme algorithmique inversée peut aider les apprenants à obtenir de bien meilleurs résultats que les apprenants dans les classes traditionnelles, en soutenant les résultats des études précédentes (Bhagat, Chang et Chang, 2016), (Chao, Chen et Chuang, 2015), (Schultz, Duffield, Rasmussen, et Wageman, 2014), (Tsai, Shenet Lu, 2015).

b. Perceptions des apprenants

Les résultats concernant la perception qu'ont les apprenants de l'approche de la salle de classe inversée dans le cadre de cette étude ont montré que les apprenants étaient satisfaits du nouveau modèle d'apprentissage inversé.

De plus, d'après les entrevues avec les apprenants, la plupart d'entre eux ont indiqué que l'inversement de la classe facilitait leur apprentissage, ce qui a confirmé les résultats des tests. 87,5 % des apprenants étaient d'accord ou tout à fait d'accord pour dire que " la salle de classe inversée a amélioré mon apprentissage de l'algorithmique ". De plus, 79,2 % des apprenants étaient d'accord ou tout à fait d'accord pour dire que " je suis plus motivé à apprendre dans la salle de classe inversée ". Cela leur a donné l'occasion de travailler à leur propre rythme parce qu'ils pouvaient visionner ou interrompre les vidéos autant de fois qu'il le fallait (Grypp et Luebeck, 2015), (Huang et Hong, 2016).

De plus, les apprenants ont indiqué qu'il était préférable de regarder des vidéos de cours que de lire du matériel textuel (Snyder, Paska et Besozzi, 2014). L'approche inversée en classe les a aidés à accroître leur interaction

avec leurs camarades de classe et l'enseignant pendant les réunions de classe et à éliminer les pertes de temps inutiles que l'enseignant passe en classe.(Teimzit, Mahnane et Hafidi, 2019)

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats obtenus lors de notre expérimentation dans le but d'évaluer notre environnement informatique pour l'apprentissage humain basé sur le modèle du domaine de modélisation utilisant des ontologies pour assurer des fonctionnalités liées à la gestion des compétences, à la gestion des ressources pédagogiques et à la gestion de la qualité de la formation selon l'approche de classe inversée.

Les résultats ont été positifs, quoique légèrement positifs. La raison en était que l'expérience n'a duré que 8 jours, ne donnant pas assez de temps aux étudiants pour comprendre pleinement comment apprendre par les classes inversées et pour s'y habituer. Il est donc recommandé d'effectuer des expériences plus longues avec une population importante afin de vérifier la pleine capacité de cette méthode ; des recherches plus poussées sont donc nécessaires.

Conclusion générale & travaux futurs

Les cours algorithmiques sont difficiles pour les apprenants novices et nous avons constaté qu'un grand nombre d'apprenants ne pouvaient pas bien programmer, même s'ils ont suivis plusieurs cours de programmation.

Pour relever le défi et résoudre le problème, nous avons introduit dans un environnement informatique d'apprentissage humain basé sur une ontologie de domaine, une approche de classe inversée pour l'enseignement d'un cours d'algorithmique.

La représentation sémantique du modèle de domaine nous a permis une meilleure présentation des connaissances qui répond aux besoins de l'implémentation de la classe inversée.

Le modèle d'apprentissage inversé est utilisé pour promouvoir l'apprentissage actif dans un environnement d'apprentissage centré sur l'apprenant (Lai et Hwang, 2016).

Cette étude vise à analyser et à comparer les différences de résultats d'apprentissage de l'apprenant entre les salles de classe inversée et les salles de classe traditionnelles et à comprendre les perceptions des apprenants quant à la mise en œuvre de ce nouveau modèle.

Comme dans les recherches précédentes, les résultats de cette étude ont montré des différences significatives de gain d'apprentissage, surtout en faveur des salles de classe renversées parce qu'elles favorisent l'apprentissage actif, ce qui oblige les apprenants à résoudre des problèmes en utilisant ce qu'ils ont appris avant les cours.

Les constatations concernant les perceptions des apprenants à l'égard de l'approche de classe inversée étaient pour la plupart positives.

Les apprenants croyaient que l'expérience d'apprentissage avec le modèle inversé était réussie, excitante et motivante.

Cette étude a une grande implication sur l'apprentissage de l'apprenant dans lequel il était capable de faire les niveaux inférieurs du travail cognitif (acquisition de connaissances et de compréhension) à la maison ou en dehors de la classe, et de se concentrer sur les formes supérieures du travail cognitif (application, analyse, synthèse ou évaluation) en classe par des activités pratiques.

Ce modèle est en contraste avec le modèle traditionnel dans lequel les apprenants pratiquaient le niveau le plus bas de mémorisations et de compréhensions dans la classe en écoutant le discours de l'enseignant, alors que d'autres niveaux étaient pratiqués en dehors de la classe, comme faire des devoirs ou rien.

Plusieurs questions deviennent des implications qui peuvent être prises en considération pour des recherches futures.

Premièrement, les études futures pourraient se concentrer non seulement sur les activités en dehors de la classe, mais aussi sur les activités en classe. Les activités en classe sont doublement importantes pour les activités pratiques des apprenants, les discussions de groupe ou l'apprentissage basé sur l'enquête afin de construire leur pensée critique et créative.

Deuxièmement, nous recommandons que les futures études en classe inversée puissent s'appliquer non seulement aux études scientifiques, mais aussi aux études sociales comme les cours de langues étrangères, l'éducation physique, l'anglais, l'histoire, les cours d'art dramatique et les sciences humaines.

Troisièmement, la mise en œuvre du modèle de classe inversée est un processus qui exige du temps et d'autres ressources. Avec l'expérience

acquise et avec plus de temps et de ressources, nous pouvons développer et améliorer l'enseignement et l'apprentissage basés sur le modèle d'apprentissage inversé. Beaucoup d'autres enseignants ont également souligné que les cours traditionnels sont trop passifs et que peu d'apprenants assistent aux cours. Ils ont également commencé à intégrer davantage d'activités dans les conférences. Si le modèle de la salle de classe inversée est introduit, l'apprentissage sera plus actif et de meilleurs résultats pourraient être atteints.

Nous nous attendons à ce que l'approche de classe inversée soit mise en œuvre dans un plus grand nombre de cours dans notre département à l'avenir.

Quatrièmement, la généralisation de la représentation des différents modèles via les ontologies afin d'améliorer la qualité de transfert de données et d'information entre acteurs et surtout explorer d'autres outils d'acquisition de connaissances tels que les réseaux sociaux et les réseaux sociaux sémantiques.

Enfin, nous recommandons que les futures études en classe puissent être appliquées dans le cadre de l'apprentissage par le jeu. L'apprentissage basé sur le jeu peut non seulement conduire à l'apprentissage à travers le monde virtuel du jeu, mais aussi déclencher les motivations de l'apprenant par le biais de processus de jeux planifiés. Les activités d'apprentissage basées sur le jeu permettent non seulement aux apprenants de pratiquer de façon répétée, mais aussi d'atteindre des objectifs d'apprentissage.

Bibliographie



- Abdelwahed, El Hassan & El Bachari, Essaid. (2017). Adaptation du contenu des ressources pédagogiques et des profils des apprenants dans l'e-learning.
- Abderrahim Ben Bouna, Soufiane Baribi, Mohamed Eladnani, Abdelwaked Elhassan. (2011). Scénarisation adaptative aux styles d'apprentissages des apprenants : conception et expérimentation. *Annals. Computer Science Series. 9th Tome 1st Fasc. , 185-202.*
- Abdessemed, M. (2012). Ontologie pour la représentation des connaissances algorithmiques et la proposition de parcours d'enseignement. 4eme Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH, (pp. 95-96). Amiens.
- Ahmad Shaarizan Shaarani, Norasiken Bakar, Aida Nasirah Abdullah, Wan Sazli Nasaruddin Saifudin, Maslita Abd Aziz. (2017). Implementing Flipped Learning Method in Programming Course: A Case Study at UTeM. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 7(10), 207-213.*
- Ahmad, A., Basir, O., et Hassanein, K. (2004). Adaptive user interfaces for Intelligent e-Learning: issues and trends. *Proceedings of the Fourth International Conference on Electronic Business, ICEB2004, .Beijing.*
- Alison KING, .. (1993). From sage on the stage to guide on the side. *Collegiateaching, Vol. 41 - n°1, 30-35* Disponible en ligne sur : [https://usflearn.instructure.com/courses/837241/files/23806605/download?verifier=fATjTCWYtXVZ7gwDdO3wqdSa0Voe8OW6FgAaqmod\(pdf\)](https://usflearn.instructure.com/courses/837241/files/23806605/download?verifier=fATjTCWYtXVZ7gwDdO3wqdSa0Voe8OW6FgAaqmod(pdf)). [Consulté le 10 Dec 2017].
- Amel Behaz. (2012). *Environnement Numérique de Travail de type Hypermédia Adaptatif Dynamique*. Batna, Algérie: Université hadj Lakhdar.
- Anderson, L. W. K., David R. (2000). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, abridged edition*. . Pearson Higher Ed.
- Antoine I. (2005). *Conception et utilisation d'ontologies pour l'indexation de documents audiovisuels*, . THESE pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS IV - SORBONNE, Discipline :
Informatique.

APS. (2018, Avril 23). L'ALGÉRIE COMPTAIT PLUS DE 34,5 MILLIONS
D'ABONNÉS À L'INTERNET FIXE ET MOBILE EN 2017. Récupéré sur
Algérie Presse Service: <http://www.aps.dz/sante-science-technologie/73010-1-algerie-comptait-plus-de-34-5-millions-d-abonnes-a-l-internet-fixe-et-mobile-en-2017>

Association Inversons la classe. (2019, 04 22). Témoignages d'enseignants.
Récupéré sur Inversons la classe!:
<http://www.laclasseninversee.com/la-classe-inversee/pourquoi-inverser-sa-classe/>



Bachimont B. (2000). Engagement sémantique et engagement ontologique :
conception et réalisation d'ontologies en ingénierie des connaissances.
in CHARLET J., ZACKLAD M., KASSEL G. & BOURIGAULT D., eds.,
Ingénierie des connaissances : évolutions récentes et nouveaux défis,
Eyrolles, 305-323.

Baepler, P., Walker, J. D., Driessen, M . (2014). It's not about seat time:
Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms. .
Computers & Education, 78, doi:10.1016/j.compedu.2014.06.006, 227-
236.

Balacheff, N., Baron, M., Desmoulins, C., Grandbastien, M., & Vivet, M.
(1997). Conception d'environnements interactifs d'apprentissage avec
ordinateur. In P. Siegel & S. Pesty (Eds.), Actes des 6e journées PRC-
GDR IA . Paris : Hermes., 315-337.

Baron, G-L., & Bruillard, E. (1996). L'informatique et ses usagers dans
l'éducation. Paris: PUF.

Behaz, A., et Djoudi, M. (2009). Approche de Modélisation d'un Apprenant à
base d'Ontologie pour un Hypermédia adaptatif Pédagogique. CIIA.

Bergmann, J. et Sams, A. (2014). La classe inversée. Quebec: Éditions R.
Goulet inc.

Bergmann, J., Sams, A. (2012). Flip Your Classroom Class Every Day. USA:
ISTE.

Berrett, D. (2012). How 'Flipping' the classroom can improve the traditional
lecture. Récupéré sur Chronicle of Higher Education, 01 April, 2017:
<http://goo.gl/qeA9sy>

- Berthiaume, D. et Dumont, A. (2016). *La pédagogie inversée : enseigner autrement dans le supérieur avec la classe inversée*. Louvain-La-Neuve : De Boeck supérieur.
- Bhagat, K. K., Chang, C. N., & Chang, C. Y. (2016). The impact of the flipped classroom on mathematics concept learning in high school. *Educational Technology & Society*, 19(3), 134-142.
- Bishop, J. et Verleger. (2013). *The Flipped Classroom: A Survey of the Research*. Communication présentée à la 120^e Conférence annuelle de l'ASEE (American Society for Engineering Education). Atlanta. , Repéré à <http://www.asee.org/public/conferences/20/papers/6219/view>.
- Blázquez M., Fernández M., García-Pinar J.M. et Gómez-Pérez A. (1998). *Building Ontologies at the Knowledge Level using the Ontology Design Environment*. In 11th Banff Knowledge Acquisition Workshop (KAW'98), Banff, Canada.
- BLOOM Benjamin et coll. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Handbook I :Cognitive Domain..* New York: McKay.
- Bloom, B. S. (1969). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals : Handbook I, Cognitive domain*. New York: McKay.
- Borst W. N. (1997). *Construction of engineering ontologies*. . Center for elemtica and information Technology, University of Tweenty, Enschede, NL.
- Bourdeau J., et Bates A. (1997). *Instructional Design for Distance Learning*. Dans S. N. Dijkstra S., In *Instructional Design: International Perspectives: Solving Instructional Design Problems* (pp. 369-397). Mahwah: NJ: Lawrence Earlbaum Ass.
- Bruillard, .. (1997). *Les machines à enseigner*. Paris: Éditions Hermès.
- Bruillard. (2000). *Quinze ans de recherche informatique sur les sciences techniques et éducatives au LIUM*. . Sciences et techniques éducatives.
- Brusilovsky P. Nejd, (2005). *Adaptive hypermedia and Adaptive Web*. Practical Handbook of Internet Computing, Baton Rouge: Chapman Hall & CRC Press,.
- Brusilovsky, P. (1993). *Towards an intelligent environment for learning introductory programming. Cognitive models and intelligent environments for learning programming*, 114-124.
- Brusilovsky, P. (2003). *Developing adaptive educational hypermedia systems: From design models to authoring tools*. Authoring tools for advanced technology Learning Environments, 377-409.

- Brusilovsky, P. and Paylo, C. (2003). Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13, 156-169.
- Brusilovsky, P., and Miller, P. (2001). Course Delivery Systems for the Virtual University. . Dans In Tschang F.T. & T. Della Senta (Eds.), *Access to Knowledge: New Information Technologies and the Emergence of the Virtual University* (pp. 167-206). Amsterdam: Elsevier Science and International Association of Universities. .
- Butzler, K. (2016). The Synergistic Effects of Self-Regulation Tools and the Flipped Classroom. *Computers in the Schools*,33(1), 11-23.



- C Kelleher, R Pausch. (2005). Lowering the barriers to programming: A taxonomy of programming environments and languages for novice programmers. *ACM Computing Surveys (CSUR)* 37 (2), , 83-137.
- Chao, C. Y., Chen, Y. T., & Chuang, K. Y. (2015). Exploring students' learning attitude and achievement in flipped learning supported computer aided design curriculum: a study in high school engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 23(4), 514-526.
- Chen, L. L. (2016). Impacts of flipped classroom in high school health education. *Journal of Educational Technology Systems*, 44(4), 411-420.
- Choi, E. (2013). Applying Inverted Classroom to Software Engineering Education. . *International Journal of E-Education, E-Business, E-Management and E-Learning*, 3(2). doi:10.7763/IJEEEE.2013.V3.205.
- Corby et Al. (2004). Querying the Semantic Web with the Corese conception & development. proceeding of European Conference on Artificial Intelligence ECAI.
- CROUCH, Catherine H., MAZUR Eric. (2001). Peer Instruction : Ten Years of Experience and Results. *American Journal of Physics*, vol. 69, 970-977
Disponible en ligne sur :
http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CROUCH%20and%20MAZUR%202001%20Pee%20Instruction%20Ten%20Years%20of%20Experience%20and%20Results.pdf.



- D Burgos, .. (2008). Extension of the IMS Learning Design specification based on adaptation and integration of units of learning. *Learning*, 93-17.
- D Mansouri, .. (2016). Réutilisation et partage de l'expérience en conception de modules de formations : modèle de conception, épisodes de conceptions, adaptation dans des contextes différents. Setif: Université Farhat Abas.
- D. Chin . (2001). (). Empirical Evaluation of User Models and User-Adapted Systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11,, 181-194.
- D'Halluin, C. (2002). Pédagogique en e-Learning et Apprentissage Collaboratif. Séminaire INRP, 20 mars.
- Davies, R. S., Dean, D. L., et Ball, N. .(2013). Flipping the classroom and instructional technology integration in a college-level information systems spreadsheet course. . *Educational Technology Research and Development*, 61(4), 563-50. doi:10.1007/s11423-013-9305-6.
- De Bra P., Nejd W. (2004). Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. Third International Conference AH 2004, August 23- 26, . Eindhoven, The Netherlands.
- De Bra, P., Aroyo, L., and Cristea, A. (2004). Adaptive Web-based Educational Hypermedia. Dans I. M. (Eds.), *Web Dynamics, Adaptive to Change in Content, Size, Topology and Use* (pp. 387-410). Springer.
- De Montmollin, M. (1971). *L'enseignement programmé*. Paris: PUF. 3e édition.
- Delestre, N. (2000). *Un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement*. Thèse au laboratoire PSI de l'université de Rouen.
- Delozanne E., G. B. (2002). Analyse de l'activité et IHM pour l'éducation. *IHM 2002,, Poitiers*, p.25-32.
- Depover C., Quintin J.-J., De Lièvre B. (2003). Un outil de scénarisation de formations à distance basées sur la collaboration. Dans C. M. DESMOULINS, *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (pp. 469-476). Strasbourg, France: (Eds).
- DeSantis, J., Van Curen, R., Putsch, J., & Metzger, J. (2015). Do students learn more from a flip? An exploration of the efficacy of flipped and traditional lessons. *Journal of Interactive Learning Research*, 26(1), 39-63.
- Dieng, R., Corby, O., Gandon, F., Giboin, A., GOLEBIOWSKA, J., MATTA, N., et al. (2001). *Méthodes et outils pour la gestion des connaissances :*

une approche pluridisciplinaire du knowledge management. Dunod
Edition Informatiques Séries Systèmes d'Information (2ième édition).

Dieudonné Leclercq & Marianne Poumay . (2008). Le Modèle des
Evénements d'Apprentissage - Enseignement. LabSET-IFRES-ULg.

Dobson, J. L. (2008). The use of formative online quizzes to enhance class
preparation and scores on summative exams. *AJP:Advances in
Physiology Education*, 32(4), 297-302. doi:10.1152/advan.90162.2008.

Dufour, H. (2014). La classe inversée. *Revue technologie Eduscol* (193), 44-47.

Duitama F., Defude B., Bouzeghoub A., and Carpentier C. (2005). A
framework for the generation of adaptive courses based on semantic
metadata. *Multimedia Tools and Applications*.



EA Edmonds. (1981). Adaptive man-computer interfaces. *Computing skills
and the user interface* 122, , 389-426.



Elbyed, A. (2009). ROMIE, une approche d'alignement d'ontologies à base
d'instances. Evry: Institut national des télécommunications.

F. Raynal, A. Rieunier. (1997). Pédagogie: dictionnaire des concepts clés.
Dans A. R. F. Raynal, *Pédagogie: dictionnaire des concepts clés* (p. 348).
Paris: ESF.

Faerber, R. (2002). Le groupe d'apprentissage en formation à distance : ses
caractéristiques dans un environnement virtuel. KARSENTY, LAROSE:
La place des TIC en formation initiale et continue : Bilan et perspectives.
Chapitre 4 , Edition de CRP, Université de Sherbrooke.

Faerber, R. (2004). Caractérisation des situations d'apprentissage en groupe.
Revue STICEF, Volume 11, ISSN : 1764-7223.

Fagnant, A. (2015). Syllabus n°257 - Psychologie Educationnelle de l ' Adolescent et du Jeune Adulte. Syllabus. Université de Liège.

FARQUHAR A., FIKES R. & RICE J., .(2000). Ontolingua server : a tool for
collaborative ontology construction. *International journal of Human-
Computer studies* (46), 707-727.

- Fernandez M. Gomez-Perez A. & Juristo N. (1997). METHONTOLOGY: from ontological art towards ontological engineering. Proceedings of the Spring Symposium Series on Ontological Engineering (AAAI'97), AAAI Press.
- Flumerfelt, S., & Green, G. (2013). Using lean in the flipped classroom for at risk students. . Educational Technology and Society, 16(1), 356-366.
- Forsey, M., Low, M., & Glance, D. (2013). Flipping the sociology classroom: Towards a practice of online pedagogy. Journal of Sociology, 49(4), , 471-485. doi:10.1177/1440783313504059.
- Fulton, K. (2012). Upside down and inside out: Flip your classroom to improve student learning. Learning & Leading with Technology, 39(8), 12-17.
- FÜRST F. (2002). L'ingénierie ontologique. RAPPORT DE RECHERCHE No 02-07, Octobre .



- G Marbach-Ad, PG Sokolove. (2002). The Use of E-Mail and In-Class Writing to Facilitate Student-Instructor Interaction in Large-Enrollment Traditional and Active Learning Classes. Journal of Science Education and Technology , Volume 11, Issue 2,, 109-119.
- Gandon F. (2006). ontologies informatiques .
- Gandrille, F. (2018, 06 10). Hyperlien. Récupéré sur wikipedia: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Hyperlien>
- Gavaland, M. (2016). Une classe inversée à l'heure du numérique [vidéo en ligne]. Récupéré sur Repérée sur le site de réseau canopé: <https://www.reseau-canope.fr/notice/une-classe-inversee-a-lere-du-numerique.html>
- Giannakos, M. N., Krogstie, J., & Chrisochoides, N. (2014). Reviewing the flipped classroom research: reflections for computer science education. In Proceedings of the Computer Science Education Research Conference (pp. 23-29). New York: ACM.
- Gojak, L. (2012). Helping our students become mathematical thinkers. Presidential Address presented at the NCTM 2012 Annual Meeting. Philadelphia: Retrieved from .
- Goldberg, H. R., & Mckhann, G. M. (2000). Student test score are improved in a virtual learning environment. Advan in PhysiolEdu, 23(1), 59-66.

- Gómez-Pérez, A. (1999). Développement récents en matière de conception, de maintenance et d'utilisation des ontologies. *Terminologies nouvelles* 19, , 9-20.
- Goodyear P, .. (1999). Seeing Learning as Work: implications for understanding and Improving Analysis and Design. *Journal of Courseware Engineering*, (2), 3-11.
- Gruber, T. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition* 5 (2), , 199-220.
- Grypp, L., &Luebeck, J. (2015). Rotating solids and flipping instruction. *Mathematics Teacher*, 109(3), 186-193.
- Guarino N. (1998). *Formal Ontology and Information Systems. Formal Ontology in Information Systems*; IOS Press.
- Guo, P. J., Kim, J., & Rubin, R. (2014). How video production affects student engagement: An Empirical study of MOOC videos. in *Proceedings of the first ACM Conference on Learning@ Scale Conference* (pp. 41-50). New York: NY: ACM.



- Hamdan, N., P. McKnight, K. McKnight, K.M. Arfstrom. (2013). A White Paper Based On The Literature Review Titled A Review Of Flipped Learning,. *Flipped Learning Network - Pearson - George Mason University*. .
- Herreid, C. F., & Schiller, N. A. (2013). Case Studies and the Flipped Classroom. . *Journal of College Science Teaching* 42(5), 62-66.
- HOUSSAYE, J. (1988). *Théorie et pratiques de l'éducation scolaire I : Le triangle pédagogique*. Paris: Peter Lang.
- Hsiang-Jui Kung; LeeAnn Kung. (2017). Flipped Learning ActivitesFor An Introduction To Java Course. *Issues in Information Systems* . Vol. 18 Issue 3, 29-39.
- Huang, Y. N., & Hong, Z. R. (2016). The effects of a flipped English classroom intervention on students' information and communication technology and English reading comprehension. *Educational Technology Research and Development*, 64(2), 175-193.
- Hung, H. (2015). Flipping the classroom for English language learners to foster active learning. *Computer Assisted Language Learning*, 28(1), 81-96.

J

- J.M. Grandbastien M. et Labat, .. (2006). Environnement numérique pour l'apprentissage humain. Paris: Lavoisier, pp272.
- Jacquot, C. (2006). Modélisation logique et générique des systèmes d'hypermédias adaptatifs. Paris : Paris 11 , en partenariat avec Université de Paris-Sud. Faculté des Sciences d'Orsay (Essonne).
- JENSEN, Jamie L., KUMMER, Tyler A., GODOY, Patricia D. d M. (2015). Improvements from a Flipped Classroom May Simply Be the Fruits of Active Learning. CBE-Life Sciences Education, vol. 14.
- JG Boticario, OC Santos. (2007). An open IMS-based user modelling approach for developing adaptive learning management systems. Journal of Interactive Media in Education 2, 1-19.
- Jonathan Bergmann, Aaron Sams, Marc-André Girard. (2014). Apprentissage inversé. ReynaldGoulet.

K

- Kettle, M. (2013). Flipped physics. Physics Education, 48(5), 593-596.
- Kim, M. K., Kim, S. M., Khera, O., &Getman, J. (2014). The Experience of three flipped classrooms in an urban university: an exploration of design principles. The Internet and Higher Education 22, 37-50.
- Kirvan, R., Rakes, C. R., & Zamora, R. (2015). Flipping an algebra classroom: analyzing, modeling, and solving systems of linear equations. Computers in the Schools 32(3-4), 201-223.
- Kyparisia A. PapanikolaouMariaGrigoriadouHarryKornilakisGeorge D. Magoulas. (2001). INSPIRE: An INtelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment. Hypermedia: Openness, Structural Awareness, and Adaptivity, 215-225.

L

- L. Sauvé, J. R. Nadeau, G. Leclerc .(1993). Le profil d'apprentissage des étudiants inscrits dans un certificat de cycle offert à distance et sur campus : une étude comparative. Revue de l'enseignement à distance vol.8.2.

- Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: a gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 30-43.
- Lai, C. L., & Hwang, G. J. (2016). A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course. *Computers & Education*, 100, 126-140.
- Lasnier, F. (2000). Réussir la formation par compétences. Montréal: Guérin.
- Lebrun, M. & Lecoq, J. (2015). Classes inversées. Enseigner et apprendre à l'endroit ! Maîtriser, Réseau Canopé.
- LEBRUN, M. (2011). Impacts des TIC sur la qualité des apprentissages des étudiants et le développement professionnel des enseignants : vers une approche systémique. *Sticf - Recueil*, 1-29.
- Lebrun, M. (2014, Janvier). Classes inversées, étendons et "systémisons" le concept ! : Essai de modélisation et de systémisation du concept de Classes inversées . Consulté le 06 06, 2018, sur Blog de M@rcel: <http://lebrunremy.be/WordPress/?p=740>
- Lefevre, M. (2017, 11). Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain Cours d'introduction. Récupéré sur [perso.liris.cnrs.fr](https://perso.liris.cnrs.fr/marie.lefevre/ens/M2R-EIAH/M2R-EIAH-2017-CM1-Intro.pdf): <https://perso.liris.cnrs.fr/marie.lefevre/ens/M2R-EIAH/M2R-EIAH-2017-CM1-Intro.pdf>
- Leis, A., Cooke, S., & Tohei, A. (2015). The Effects of Flipped Classrooms on English Composition Writing in an EFL Environment. *International Journal of Computer-Assisted Language Learning and Teaching (IJCALLT)*, 5(4), 37-51. doi:10.4018/IJCALLT.2015100103.
- Love, B., Hodge, A., Grandgenett, N., & Swift, A. W. (2014). Student learning and perceptions in a flipped linear algebra course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(3), 317-324.
- Lucke, T., Keyssner, U., & Dunn, P. . (2013). The use of a Classroom Response System to more effectively flip the classroom. 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), (13), , (pp. 491-495).



- M Barak, J Harward, G Kocur, S Lerman. (2007). Transforming an introductory programming course: From lectures to active learning via wireless laptops. *Journal of Science Education and Technology* 16 (4), 325-336.

- M Nilsson, M Palmér, ANaevé. (2002). Semantic Web Metadata for e-Learning - Some Architectural Guidelines. WWW2002: The Eleventh International WWW Conference. Honolulu, Hawaii, USA.
- Mahnane, L. (2006). Modélisation d'un système hypermédia adaptatif dynamique a base d'ontologie (HADYAT). Memoire de Magister, Département d'Informatique, Université Badji Mokhtar, Annaba.
- Mason, G. S., Shuman, T. R., & Cook, K. E. (2013). Comparing the Effectiveness of an Inverted Classroom to a Traditional Classroom in an Upper-Division Engineering Course. *IEEE Transactions on Education*, 56(4), , 430-435.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: NY: Cambridge University Press.
- MAZUR Eric, .. (1997). *Peer Instruction : A User's Manual Series in Educational Innovation*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ,.
- McLaughlin, J. E., Roth, M. T., Glatt, D. M., Gharkholonarehe, N., Davidson, C. A., Griffin, L. M. & Mumper, R. J. (2014). *The Flipped Classroom*. . *Academic Medicine*, 89(2).
- Megha, G. (2015). A Flipped Classroom Approach to Teaching Engineering C Programming. *International Journal of Engineering Research and General Science* Volume 3, Issue 5, September-October ,, 160-163.
- Mendes O. (2003). *État de l'art sur les méthodologies d'ingénierie ontologique*. Montréal, Québec, Canada: Centre de recherche LICEF.
- Merceron, A. et Yacef, K. (2003). A Web-based tutoring tool with mining facilities to improve learning and teaching. . *AI-Ed'2003*, IOS Press. .
- Meyer, F. et Nizet, I. (2016). La classe inversée : que peut-elle apporter aux élèves ? Récupéré sur Répéré sur le site de réseau Canopé : <https://www.reseau-canope.fr/agence-desusages/la-classe-inversee-que-peut-elle-apporter-aux-eleves.html>
- Mizoguchi R. (1998). A Step Towards Ontological Engineering. Paper presented at the 12th National Conference on AI of JSAI. (1998, June).
- Mizoguchi R. (2004). Le rôle de l'ingénierie ontologique dans le domaine des EIAH. *Revue Sticéf*, Volume 11.
- Moraros, J., Islam, A., Yu, S., Banow, R., & Schindelka, B. (2015). Flipping for success: evaluating the effectiveness of a novel teaching approach in a graduate level setting. *BMC Medical Education*, 15(1).
- Moravec, M., Williams, A., Aguilar-Roca, N., & O'Dowd, D. K. (2010). Learn before Lecture: A Strategy That Improves Learning Outcomes in a

Large Introductory Biology Class. . CBE Life Sciences Education, 9(4), , 473–481.

Moukhachen, M., Poellhuber B., St-Laurent, S.F. .(2015). Avantages et inconvénients des classes d'apprentissage actif selon les acteurs principaux. . Communication présentée au 2ème Colloque international en éducation à Montréal.

Musallam, R. (2010). The effects of screencasting as a multimedia pre-training tool to manage the intrinsic load of chemical equilibrium instruction for advanced high school chemistry students . San Francisco: (Doctoral Dissertation, University of San Francisco).



Nicolas Delestre, Jean-Pierre Pécuchet, Catherine Gréboval. (1998). L'architecture d'un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement. Nouvelles Technologies pour l'Information et le Communication dans les Formations d'Ingénieurs. NTICF'98, (pp. 383-390). Rouen, France.

Nipper, S. (1989). Third generation distance learning and computer conferencing. Oxford :Pergamon: In R. Mason &A.Kaye (Eds.). Mindweave : Communication, Computers and Distance Education.

Nkambou R., Frasson C. et Gauthier G. (2003). CREAM-Tools: An Authoring Environment for Knowledge Engineering in Intelligent Tutoring Systems. Dans B. S. Murray T., In Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward cost-effective adaptive interactive, and intelligent educational software (pp. 93-138). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

NovianaN, .. (2017). Analyse de la pratique de classe inversée au lycée depuis la plate-forme Moodle. Université de Strasbourg: Faculté de Sciences de l'Éducation.



O'Flaherty, J., & Phillips, C. (2015). The use of flipped classrooms in higher education: a scoping review. The Internet and Higher Education, 25, 85–95.

Oppenheimer, T. (2004). The Flickering Mind'.

- Ouraiba, E. A. (2012). Scénarisation pédagogique pour des EIAH ouverts : Une approche dirigée par les modèles et spécifique au domaine métier. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Université du Maine Français. ffNNT : 2012LEMA1020ff. fftel-00790696v2f.
- Ouraiba, E. A., A. Chikh, A. Taleb-Ahmed, et Z. El Yebdri . (2009). Automatic personalization of learning scenarios using svm. In Proceedings of the 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT'09 (pp. 183-185). Washington, DC, USA,: IEEE Computer Society.
- Ouraiba, E.A., Chikh, M. A. et Chikh, A. (28 - 30 April 2008). Filtrage Neuronal des Objets d'Apprentissage selon les Profils des Apprenants. . 10th Maghrebien Conference on Information Technologies (MCSEAI'08), . . Oran, Algeria,.



- P., L. (2006). Conception et développement d'applications informatiques utilisant des ontologies : application aux EIAH. RJC-EIAH 2006.
- Pavis, P. (1996). Dictionnaire du théâtre. 1996:Dunod.
- Pernin, J. (2003). Quels modèles et quels outils pour la scénarisation d'activités dans les nouveaux dispositifs d'apprentissage ? Séminaire " TIC, nouveaux métiers et nouveaux dispositifs d'apprentissage ". INRP.
- Pierce, R. (2013). Student Performance in a Flipped Class Module. . Society for Information Technology & Teacher Education, 2013(1), , 942-954. Repéré à <http://www.editlib.org/p/48235?nl>.
- Pierce, R., & Fox, J. (2012). Vodcasts and Active-Learning Exercises in a "Flipped Classroom" Model of a Renal Pharmacotherapy Module. American Journal of Pharmaceutical Education, 76(10),, 196. doi:10.5688/ajpe7610196.
- Pohl, M. (2000). Learning to Think and Thinking to Learning: . Australia: Hawker Brownlow Education.
- Pohl, M. (2013). Thinking Skills. Insight Publications: Australia.
- Popescu, .. E. (2008). Dynamic adaptive hypermedia systems for e-learning. Thèse de doctorat non publiée, Université de Technologie de Compiègne, France.

Psyché V. (2007). Rôle des ontologies en ingénierie des EIAH : Cas d'un Système d'assistance Au Design Pédagogique. thèse présentée comme exigence partielle du doctorat en informatique cognitive.

PSYCHE Valery, MENDES Olavo & BOURDEAU Jaqueline. (2003). Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formation à distance. Revue STICEF Hors série / Technologies et formation à distance.

R

R SedgeWick, K Wayne. (2011). Algorithms, FOURTH EDITION. Boston: Pearson Education, Inc.

Roux, C. et Mayen, P. (2013). Le forum de discussion en formation : un espace potentiel d'accès au rapport qu'entretient autrui avec les objets d'apprentissage. Distances et médiations des savoirs.

Roy, N. (2014). La classe inversée : Une pédagogie renversante? . Le Tableau, 3,(1), 1-2. Repéré à http://pedagogie.quebec.ca/portail/system/files/documents/membres/letableau-v3-n1_2014b_0.pdf .

S

Sams, A., & Bergmann, J. (2012). Flip your classroom: Reach every student in every class every day. International Society for Technology in Education (ISTE).

Schultz, D., Duffield, S., Rasmussen, S. C., & Wageman, J. (2014). Effects of the flipped classroom model on student performance for advanced placement high school chemistry students. Journal of Chemical Education, 91(9), 1334-1339.

Schultz, L. (2005). Evaluation moved from the top to Evaluating in the second from the top. Synthesis moved from second on top to the top as Creating.

Selvabarathi, E. & Govindarajan, K. (2016). International Education & Research Journal [IERJ], 26-27.

Snyder, C., Paska, L. M., & Besozzi, D. (2014). Cast from the past: using screencasting in the social studies classroom. The Social Studies, 105(6), 310-314.

Specht Marcus, .. (1998). Adaptive Methoden in computerbasierten Lehr/Lernsystemen. GMD-Forschungszentrum Informationstechnik.

- Specht Marcus, Burgos Daniel . (2007). Modeling Adaptive Educational Methods with IMS Learning Design. *Journal of Interactive Media in Education* Volume 2007, Number 1,, Retrieved August 28, 2019 from <https://www.learntechlib.org/p/63451/>.
- Strayer, F. (2012). How learning in an inverted classroom influences cooperation, innovation and task orientation. *Learning Environments Research*, 15(2), 171-193.
- Strayer, J. (2007). The effects of the classroom flip on the learning environment: A comparison of learning activity in a traditional classroom and a flip classroom that used an intelligent tutoring system. Doctoral dissertation, The Ohio State University.
- Studer, R., Benjamins, V.R. and Fensel, D. (1998). Knowledge Engineering: Principles and Methods. *Data and Knowledge Engineering*, 25, , 61-197 [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-023X\(97\)00056-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-023X(97)00056-6).
- Sylvain Genevois et Françoise Poyet. (2010). Espaces numériques de travail (ENT) et « école étendue » Vers un nouvel espace-temps scolaire ? *Distances et savoirs* 2010/4 (Vol. 8), 565 - 583.
- Sylvie, O. (2016). L'usage du numérique et les jeunes : source d'une révolution culturelle ? *Observatoire québécois du loisir*. 13 (6), 1-5.



- Taurisson, A. et Herviou, C. (2015). *Pédagogie de l'activité : pour une nouvelle classe inversée*. Issy-les-Moulineaux : ESF éditeur.
- Tchounikine, P. (2002). Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. . *Revue I3 - Information Interaction Intelligence, Cépaduès* 2 (1), 59-95.
- Teimzit Amira, Mahnane Lamia, HafidiModamed. (2019). Implementation and Evaluation of Flipped Algorithmic Class. *International Journal of Information and Communication Technology Education*, Volume 15(Issue 1), 1-12.
- Teimzit, A. ; Belhaoues, T. ; Bensebaa, T. 2011. (s.d.). *Ontoalgo : ontologie de domaine dans un EIAH d'algorithmique*. Conference in Information Systems and Technologies, ICIST,. Tébessa, Algérie .
- Teimzit,A. et Bensebaa,T. (2013). Screenwriting in an ILE of algorithmic .3rd International Conference on Information Systems and Technologies (ICIST'13), 22 - 24 Mars. Tangier, Moroc.

- Teimziti, A. et Mahnene, L. (2017). Conception of a pedagogical scenario in an eiah of algorithmic. World Congress on Renewable Energy and Sustainable Computing (WCRES'17) - 28 - 30 December 2017. Hammamet, Tunisia.
- THERER, J. (1998, 03). Styles d'enseignement, styles d'apprentissage et pédagogie différenciée en sciences. Récupéré sur <http://www.lmg.ulg.ac.be>:
http://www.lmg.ulg.ac.be/competences/chantier/eleves/lem_art2.html
- Tmimi, M., Benslimane, M., Berrada, M. and Ouazzani, K. (2017). A Proposed Conception of the Learner Model for Adaptive Hypermedia. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 24, 16008-16016.
- Tsai, C. W., Shen, P. D., & Lu, Y. J. (2015). The effects of problem-based learning with flipped classroom on elementary students' computing skills: a case study of the production of ebooks. International Journal of Information and Communication Technology Education, 11(2), 32-40.
- Tune, J. D., Sturek, M., & Basile, D. P. (2013). Flipped classroom model improves graduate student performance in cardiovascular, respiratory, and renal physiology. AJP: Advances in Physiology Education, 37(4), 316-320.
- Turan, Z. (2015). The evaluation of flipped classroom method and examination of its effects on academic achievement. Atatürk University: cognitive load and motivation (Unpublished doctoral thesis).

U

- Uschold, M. & King, M. (1995). Towards a Methodology for Building Ontologies. in Proceedings of the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI'95.
- Uschold, M. et Gruninger, M. (1996a). Ontologies: Principles, Methods and Applications. Knowledge Engineering Review, 11(2).

V

- Van Rosmalen, P., et Boticario, J. (2005). Using Learning Design to support design- and runtime adaptation. Dans R. K. (Eds.), Learning Design: A Handbook on Modeling and Delivering Networked Education and Training. Heidelberg, Germany: Springer Verlag.

- Van Rosmalen, P., Vogten, H., Van Es, R., Passier, H., Poelmans, P., et Koper, R. (2006). Authoring a full life cycle model in standards-based, adaptive e-learning. *Educational Technology & Society*, 9 (1), , 72-83.
- Villanova-Oliver M. (2002). Adaptabilité dans les systèmes d'Information sur le Web : Modélisation et mise en œuvre de l'accès progressif. Grenoble: Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Vivet. M. (1999). Designing learning environments - A long story. Le Mans, France: Artificial Intelligence in Education.
- Vygotsky, L. (1978). Mind in society: The psychology of higher mental functions. Cambridge: Harvard University Press.



- Warter, P., & Dong, J. (2012). Flipping the classroom: How to embed inquiry and design projects into a digital engineering lecture. Paper presented at ASEE PSW Section Conference (pp. Retrieved 01 April, 2017 from <http://goo.gl/NVZcq6>). San Luis Obispo: California polytechnic State University.
- Welty, C. (2003). Ontology Research. *AI Magazine* Volume 24 Number 3 (2003) (© AAI), 11-12.
- Wiley. D. (2000). The Instructional Use of Learning Objects. <http://reusability.org/read/>.
- Wilson, S. G. (2013). The Flipped Class: A Method to Address the Challenges of an Undergraduate Statistics Course. . *Teaching of Psychology*, 40(3), , 193-199.
- Winslow, L. E. (1996). Programming Pedagogy - A Psychological Overview. *SrSCSE Bulletin*, Volume 28 No 3, 17-25.
- Wright, S. (2012). Flipping Boom's taxonomy. Récupéré sur Powerful learning practice.: Consulté le 24 janvier 2019 à partir de : <http://plpnetwork.com/2012/05/15/flipping-blooms-taxonomy>

Publications réalisées au cours de la thèse

Journées doctorales :

- Teimzit A., Belhoues T., Bensebaa T., 'Construction d'ontologie d'algorithmique et son utilisation dans un EIAH' JED'2010, Journées d'Etude Doctorale, Université Badji Mokhtar, Annaba

Conférence Internationales

- Teimzit,A., Belhaoues,T. et Bensebaa,T. (2011), « AlgOntO ontologie de domaine dans un EIAH d'algorithmique » article publié à la conférence, 1st International Conference on Information Systems and Technologies - ICIST 2011, 24-26 Avril Université de Tebessa - Algérie.
- Teimzit,A. et Bensebaa,T. (2013), « Screenwriting in an ILE of algorithmic » article publié à la conférence, 3rd International Conference on Information Systems and Technologies (ICIST'13), 22 - 24 Mars , Tangier, Moroc.
- Teimzit.AetMahnene.L (2017), "Conception of a pedagogical senario in an ILE of algorithmic" World Congress on Renewable Energy and Sustainable Computing (WCRESO'17) - 28 - 30 December 2017- Hammamet, Tunisia
- Teimzit A,Mahnane L etHafidi M (2018), "A collaborative algorithmic problem-based learning environment using learners' learning styles", The 5th Multidisciplinary International Social Networks Conference (MISNC 2018) - 16-18 July 2018 - Saint-Etienne, France <https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3227696.3227724>
- Teimzit A, Mahnane L etHafidi M (2019), "Flipped Classroom for Algorithmic Teaching", At the 2nd International Conference on Networking, Information Systems & SecurityHeld from 27 to 29 March 2019 in Rabat, Morocco<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3320393&dl=ACM&coll=DL>

Publications

- Teimzit, A. Mahnene, L. et Hafidi, M., (2019) « Implementation and Evaluation of Flipped Algorithmic Class » International Journal of Information and Communication Technology Education, Editor-in-Chief: David D. Carbonara (Duquesne University, USA), ISSN: 1550-1876, EISSN: 1550-1337. Base d'indexation, H index et IF, Web of Science, SCOPUS : H-INDEX: 11, DBLP, ACM digital library, Volume 15(Issue 1), 1-12. DOI :10.1145/3320326.3320393
- Teimzit, A. Mahnene, L. et Hafidi, M., (2019) « Learning Styles in a Collaborative Algorithmic Problem-Based Learning » The Review of Socionetwork Strategies, vol. 13, issue 1, 3-17 <https://doi.org/10.1007/s12626-019-00032-6>