

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**Université Badji Mokhtar –Annaba-  
UNIVERSITY BADJI MOKHTAR-ANNABA**



**جامعة باجي مختار- عنابة**

**Faculté des Sciences de l'Ingéniorat  
Département d'Informatique**

**Année : 2016**

## **THESE**

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de

### **Doctorat en Sciences**

**Collaboration, dimensions sociales et communautés.**

Option

**Informatique**

Par

**Khaled HALIMI**

**Devant le Jury**

<b>Pr. Djamel MESLATI</b>	<b>Université de Badji Mokhtar, Annaba, Algérie</b>	<b>Président</b>
<b>Pr. Hassina SERIDI</b>	<b>Université de Badji Mokhtar, Annaba, Algérie</b>	<b>Directrice de Thèse</b>
<b>Dr. Catherine F-ZUCKER</b>	<b>Université de Sophia Antipolis, Nice, France</b>	<b>Co-directrice</b>
<b>Pr. Mahmoud BOUFAIDA</b>	<b>Université de Constantine 2, Constantine, Algérie</b>	<b>Examineur</b>
<b>Pr. Amar BALLA</b>	<b>Ecole Nationale Supérieure d'Informatique, Alger, Algérie</b>	<b>Examineur</b>
<b>Dr. Yacine LAFIFI</b>	<b>Université de 08 Mai 1945, Guelma, Algérie</b>	<b>Examineur</b>

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**Université Badji Mokhtar -Annaba-  
UNIVERSITY BADJI MOKHTAR-ANNABA**



**جامعة باجي مختار- عنابة**

**Faculté des Sciences de l'Ingénierat  
Département d'Informatique**

**Année : 2016**

## **THESE**

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de

### **Doctorat en Sciences**

**Collaboration, dimensions sociales et communautés.**

Option

**Informatique**

Par

**Khaled HALIMI**

**Devant le Jury**

<b>Pr. Djamel MESLATI</b>	<b>Université de Badji Mokhtar, Annaba, Algérie</b>	<b>Président</b>
<b>Pr. Hassina SERIDI</b>	<b>Université de Badji Mokhtar, Annaba, Algérie</b>	<b>Directrice de Thèse</b>
<b>Dr. Catherine F-ZUCKER</b>	<b>Université de Sophia Antipolis, Nice, France</b>	<b>Co-directrice</b>
<b>Pr. Mahmoud BOUFAIDA</b>	<b>Université de Constantine 2, Constantine, Algérie</b>	<b>Examineur</b>
<b>Pr. Amar BALLA</b>	<b>Ecole Nationale Supérieure d'Informatique, Alger, Algérie</b>	<b>Examineur</b>
<b>Dr. Yacine LAFIFI</b>	<b>Université de 08 Mai 1945, Guelma, Algérie</b>	<b>Examineur</b>

## **Remerciements**

*Tout d'abord, je remercie Allah qui m'a donné la puissance, le courage et la détermination nécessaire pour finaliser ce travail de thèse.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma directrice de thèse, Pr. Hassina SERIDI-BOUCHELAGHEM et ma co-directrice de thèse Dr. Catherine FARON ZUCKER pour leurs conseils judicieux et leur encadrement qualifié qui m'ont permis d'améliorer grandement la qualité de ce mémoire. Qu'elles trouvent ici l'expression de mon très grand respect et du plaisir que j'ai travaillé avec eux.*

*Je souhaite exprimer toute ma reconnaissance au Pr. Djamel MESLATI, Pr. Mahmoud BOUFAIDA, Pr. Ammar BALLA et Dr. Yacine LAFIFI pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'être les rapporteurs de ce mémoire.*

*Je tiens également à remercier très sincèrement ma mère, mon père, ma femme, mes frères et ma sœur, qui m'ont beaucoup soutenu durant la réalisation de cette thèse.*

*Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude aux personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail et surtout Chamseddine CHOHRA et Abdelaziz KHALED.*

*Dédicace*

*À mes parents*

*À ma famille*

*À mes amis*

*À tous ceux qui m'ont enseigné*

## I. Résumé

Comme il n'y a pas des parcours d'apprentissage fixes et qui ne sont pas appropriés pour tous les apprenants, la nécessité d'opter pour les environnements d'apprentissage personnalisé (EAP) est devenue très cruciale récemment. Un EAP est une structure basée sur des outils et des services inspirés de technologies récentes à savoir: les web sémantique, le Web 2.0, les styles d'apprentissage, etc. Il représente essentiellement un système qui fournit des recommandations pertinentes pour les apprenants.

Cependant, le fait que les apprenants ont des préférences différentes, il ya une grande chance que le contenu fourni ne peut pas les intéresser, en raison de l'incohérence avec leurs préférences réelles. Par conséquent, la nécessité d'intégrer les styles d'apprentissage de l'apprenant dans le processus de personnalisation est très déterminante. Différents outils sont utilisés pour déterminer les styles d'apprentissage, la plupart utilisent des questionnaires qui catégorisent chacun selon son style, néanmoins, un problème réel qui caractérise ces tests est leur longueur. Les apprenants vont choisir des réponses arbitrairement au lieu de penser soigneusement, le résultat obtenu peut être imprécis et peut ne refléter pas le véritable style. Offrir alors un contenu personnalisé basé uniquement sur le style détecté par les questionnaires ne sera pas convenablement approprié. Pour surmonter ce problème, d'autres approches ont été proposées, elles sont basées sur la détection automatique des styles d'apprentissage.

Dans cette thèse, une approche de personnalisation d'apprentissage est notre proposition. Elle est basée sur l'identification automatique des styles d'apprentissage des apprenants en analysant leur comportement au moyen de techniques du Web Social Sémantique. Par conséquent, toutes les connaissances présentées dans le système sont modélisées par le Web Sémantique. Les apprenants seront regroupés en communautés homogènes d'intérêt commun. Ensuite, nous effectuons une analyse approfondie du comportement des apprenants en analysant leurs actions dans leur communauté par le biais des règles d'inférence sémantique afin d'ajuster leurs modèles. Enfin, le modèle d'apprenant ajusté sera soumis à un module du réseau bayésien qui permet de détecter automatiquement le style et fournir le contenu approprié qui correspond le mieux aux besoins réels des apprenants.

**Mots clés :** Personnalisation, recommandation, Web sémantique, Web Social, Styles d'Apprentissage, Réseaux Bayésiens

## **Abstract**

Providing learners with the same content is not appropriate to satisfy their needs. They have different learning styles, different knowledge and preferences influencing the learning quality. Hence, the need for Personal Learning Environments (PLEs) became very crucial recently.

Researchers have used Semantic Social Web (SSW) to understand learners' needs (from a cognitive perspective) and to provide them an accurate content according to their real knowledge; but it is not sufficient to provide an appropriate content which is suitable to their learning tendencies. Therefore, a real need to involve learning styles in the personalization process is very essential. Accordingly, many researchers opt to incorporate learners' learning styles usually determined by tests, these tests are a set of questions organized in such a way, which allow detecting the learning style after collecting the entire questionnaire answers. The main and real problem that prevents the success of using these tests is the length of questions where learners usually don't pay attention when giving answers; they choose arbitrary responses instead of thinking carefully before choosing the right answers. Thus, obtained results can be inaccurate and may not reflect the real learning styles. To overcome this problem, other approaches have been proposed to automatically detect learning styles by observing and analysing students' behaviours in the system, for example, the number of exercises done, number of collaboration invitations, number comments, tags and published resources can be used to discover each student's learning style automatically.

In this thesis, an approach of learning personalization is our proposal. It is based on identifying students' learning styles through analyzing their behavior by means of SSW techniques, especially inferring, reasoning and social network analysis. Therefore, initially all knowledge presented in the system is modeled with semantic web. In a second stage, learners will be grouped into communities of common interest in order to gather similar users into homogeneous groups. Then, we perform a deep analysis of students' behavior by analyzing their actions in the community by means of inferring rules. Finally, the system through a bayesian model will be able to automatically detect students learning style and to provide them the appropriate content that better fit their needs.

**Keywords:** Personalization, recommendation, Semantic Web, Social Web, learning styles, Bayesian Networks

تكنولوجيا التعلم المعزز هو حقل من حقول البحث الذي يتناول استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصالات في سياق التعلم التعاوني. وقد تم تطوير العديد من أنظمة التعلم التي تتوفر على عدة أدوات يتم استخدامها من قبل المتعلمين لإنجاز أنشطة التعلم المختلفة. ومع ذلك، ما يميز عادة هذه الأنظمة هو حقيقة أن معظمها لا تعطي اهتمام كبير للطابع الاجتماعي للتعلم، والتي هي سمة ملازمة لعملية تعلم للإنسان.

التفاعلات الاجتماعية مهمة جدا في تعزيز عملية التعلم، حيث استخدم الباحثون أدوات الويب الاجتماعي لتحسين جودة التعلم. في الآونة الأخيرة، استفادة بيئات التعلم القائمة على الويب مزاي كثيرة من استخدامها للشبكات الاجتماعية والتكنولوجيات الجديدة خاصة الويب الدلالي حيث يعيش المعلمون والمتعلمون حاليا في عالم الويب 2.0 أين أصبحت التفاعلات الاجتماعية ضرورية جدا.

تم إنشاء الويب ليم فهمه من قبل الإنسان لا من قبل الأجهزة. هاته الأخيرة لا يمكنها فهم محتوى الموارد التعليمية المنشورة. وعليه يجب تمثيل الكيانات مع استخدام أدوات الويب الدلالي من أجل جعل الأجهزة قادرة على فهم معنى المصطلحات ومعالجة وإعادة استخدام الموارد. تأسس الويب الدلالي الاجتماعي بعد دمج وسائل التواصل الاجتماعي وتقنيات الويب الدلالي بهدف تمثيل جيد و صريح للمعارف من خلال التفاعلات الاجتماعية على شبكة الإنترنت. الشبكة الدلالية الاجتماعية تجمع بين الويب الدلالي، البرامج الاجتماعية وتقنيات الويب 2.0.

ولكن حتى في بيئة تستند للاجتماعية، توفير نفس المحتوى لجميع المتعلمين يبقى غير مناسب لتلبية احتياجاتهم. لكون أن لكل طالب أنماط تعلم مختلفة ومعارف مختلفة. وبالتالي، أصبحت الحاجة إلى تطوير بيئات التعلم الشخصية حاسمة جدا في الآونة الأخيرة.

استخدم الباحثون الويب الدلالي الاجتماعي لفهم احتياجات المتعلمين (من منظور معرفي) ولتزويدهم بمحتوى دقيق وفقا لمعارفهم الحقيقية. ولكنه غير كافي وحده لتوفير المحتوى المناسب حسب ميولهم وتفضيلاتهم. وبالتالي، هناك حاجة ماسة لإدخال أساليب التعلم في عملية التخصيص، وفقا لذلك، اختار العديد من الباحثين إدماج أساليب تعلم الطلبة التي تُحدد عادة عن طريق الاستراتيجيات، هذه الأخيرة هي عبارة عن مجموعة من الأسئلة التي نظمت بطريقة معينة للكشف عن أساليب التعلم بعد جمع إجابات الاستبيان. المشكلة الرئيسية والحقيقية التي تحول دون نجاح استخدام هذه الاستبيانات هو طول أسئلتها، حيث لا يولي الطلبة عادة اهتماما كبيرا عند إعطائهم للإجابات، بحيث يختاروا إجابات عشوائية بدلا من التفكير بعناية قبل اختيار الإجابات الصحيحة. وبالتالي النتائج المنحص عليها يمكن أن تكون غير دقيقة وربما لا تعكس أساليب التعلم الحقيقية للطلاب. للتغلب على هذه المشكلة، تم اقتراح مناهج أخرى للكشف التلقائي عن أنماط التعلم من خلال مراقبة وتحليل سلوكيات الطلاب أثناء استخدامهم للنظام، على سبيل المثال، تسجيل عدد حل التمارين، عدد إرسال أو استقبال دعوات التعاون، عدد التعليقات، العلامات والموارد المنشورة، الخ.

في هذه الأطروحة، يتم تناول بيئة التعلم الشخصية الاجتماعية المعززة، والهدف هو تمثيل بطريقة دلالية جميع مكونات النظام الضرورية من أجل إعطاء نظام تعليمي مخصص للطلاب، لتزويد المستخدمين بمحتوى دقيق من خلال الاستفادة من آليات الاستدلال المقدمة من طرف الويب الدلالي ( الاستنتاج والمنطق). في المرحلة الثانية، يتم استخدام أسلوب التعلم الأولي للطلبة لتوفير محتوى أكثر ملائمة. المرحلة النهائية، التي تمثل المساهمة الرئيسية في هذا العمل، وتتركز أساسا على كيفية تعريف أنماط التعلم في بيئة تعليمية اجتماعية معززة مع الوصف الدلالي من أجل توفير أفضل تخصيص. حيث نقترح طريقة جديدة لتحديد أساليب تعلم الطلبة تلقائيا، حيث نقوم بتحليل السلوك من خلال الاستدلالات الدلالية. لكمية ونوعية المعلومات حول الطلبة ويتم تحليل السلوكيات باستخدام نموذج شبكة بايز، مزوجة مع استعمال آليات الاستدلال على الويب الدلالي والقواعد الدلالية لتعريف المتغيرات الصريحة والضمنية التي تكتشف من خلال تحليل حركات وأنشطة الطلبة في النظام.

**كلمات البحث:** التعلم الشخصي، نظم التوصيات، الويب الدلالي، الويب الاجتماعي، أساليب التعلم، شبكات بايز.

<b>RESUME</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>ملخص</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>VII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>IX</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
I.1. INTRODUCTION .....	2
I.2. MOTIVATION .....	3
I.3. CONTEXTE DU TRAVAIL (PROBLEMATIQUE).....	4
I.4. OBJECTIFS DE RECHERCHE ET CONTRIBUTIONS .....	5
I.4.1. <i>Comment apprennent-ils les apprenants en monde connecté en réseaux ?</i> .....	6
I.4.2. <i>Comment décrire et modéliser les connaissances nécessaires pour la personnalisation ?</i> .....	6
a) Le besoin de partage.....	7
b) Le besoin d'un vocabulaire commun.....	7
c) Le besoin de réutilisation des ressources d'apprentissage .....	7
d) Le besoin d'indexation des ressources d'apprentissage.....	8
I.4.3. <i>Comment le processus de personnalisation peut bénéficier des outils du Web 3.0?</i> .....	8
I.4.4. <i>Comment intégrer l'intelligence pour fournir aux apprenants des recommandations intelligentes ?..</i> 8	
I.4.5. <i>Comment est-il possible d'identifier les caractéristiques du style d'apprentissage à partir d'observations du comportement de l'apprenant ?</i> .....	9
I.4.6. <i>Comment pouvons-nous produire la personnalisation à la lumière de ce qui précède?</i> .....	9
I.5. PLAN DE LECTURE DE LA THESE.....	10
I.5.1. <i>Partie 01 : Etat de l'Art &amp; Travaux Connexes</i> .....	10
I.5.2. <i>Partie 02 : La conception de SoLearn</i> .....	10
I.5.3. <i>Partie 03 : L'implémentation et l'évaluation de SoLearn</i> .....	11
<b>PARTIE I : ETAT DE L'ART &amp; TRAVAUX CONNEXES</b> .....	<b>12</b>
<b>CHAPITRE 1 - L'APPRENTISSAGE EN LIGNE ET LE WEB</b> .....	<b>13</b>
<b>I. LA COLLABORATION &amp; L'APPRENTISSAGE EN LIGNE</b> .....	<b>14</b>
I.1. INTRODUCTION .....	15
I.2. LA COLLABORATION .....	15
I.2.1. <i>Enjeux et conditions d'existence de la collaboration</i> .....	16
a) Enjeux interactionnels liés aux groupes .....	16
b) Enjeux interactionnels liés aux individus et à la dynamique de groupe.....	16
c) Enjeux organisationnels et conditions d'existence.....	16
I.2.2. <i>Pourquoi collaborer? Motivations et orientations</i> .....	17
I.2.3. <i>Le travail collaboratif</i> .....	18
I.3. L'APPRENTISSAGE EN LIGNE.....	20
I.3.1. <i>Définition de l'apprentissage</i> .....	20
I.3.2. <i>Phases de l'apprentissage</i> .....	21
I.3.3. <i>Les théories d'apprentissage</i> .....	21
a) Le connectivisme.....	22
a.1. Définition du connectivisme .....	24
a.2. Fondements du connectivisme .....	24
I.3.4. <i>Types d'apprentissage</i> .....	25
a) Apprentissage individuel.....	25
b) Apprentissage compétitif .....	25
c) Apprentissage collaboratif.....	26
d) Apprentissage social.....	26
I.3.5. <i>Apprentissage électronique (e-learning)</i> .....	26
a) Principe d'e-learning .....	27

b) L'évolution d'e-learning: .....	27
<b>II. L'EVOLUTION DU WEB ET SES IMPLICATIONS SUR L'E-LEARNING.....</b>	<b>28</b>
II.1. WEB 1.0 - LE WEB D'INFORMATION.....	28
II.1.1. E-Learning 1.0 .....	29
II.2. LE WEB 2.0 – LE WEB DE CONNEXIONS .....	29
II.2.1. Définition du Web 2.0.....	30
II.2.2. Les Réseaux sociaux – un outil puissant du Web 2.0 .....	31
a) A quoi sert un réseau social .....	31
b) Fonctionnement des réseaux sociaux .....	32
c) L'analyse des réseaux sociaux .....	32
d) Détection des communautés au sein d'un réseau .....	33
II.2.3. Le Social tagging (La Folksonomie) .....	34
a) Les Folksonomies et la recherche d'information .....	35
b) Caractéristiques de la Folksonomie .....	35
II.2.4. Les limites de Web 2.0 : .....	36
II.2.5. L'e-Learning 2.0.....	37
II.3. LE WEB 3.0 – LE WEB DE CONNAISSANCES.....	38
II.3.1. Le Web sémantique, quoi de nouveau ? .....	40
II.3.2. Outils du Web sémantique .....	41
a) L'ontologie, outil principal du Web sémantique .....	41
a.1. L'intérêt des ontologies : .....	41
a.2. Les principaux composants de l'ontologie.....	41
a.3. Comment construire une ontologie ?.....	43
i. Étape 1. Déterminez le domaine et la portée de l'ontologie .....	43
ii. Étape 2. Envisager la réutilisation des ontologies existantes .....	43
iii. Étape 3. Énumérer les termes importants de l'ontologie .....	44
iv. Étape 4. Définir les classes et la hiérarchie de classe.....	44
v. Étape 5. Définir les propriétés de classes.....	44
vi. Étape 6. Définir les facettes des attributs.....	45
vii. Étape 7. Création des instances.....	45
II.3.3. Les langages de Web sémantique.....	45
a) XML.....	46
b) Resource Description Framework (RDF).....	47
b.1. Le sujet .....	47
b.2. Le prédicat .....	47
b.3. L'objet .....	47
b.4. Sérialisation de RDF .....	48
i. La syntaxe Turtle (Terse RDF Triple Language) .....	48
ii. La syntaxe N-Triples .....	48
iii. La syntaxe RDF/XML.....	49
c) Le langage RDFS (RDF Schéma).....	49
d) Le langage OWL .....	49
e) Le langage SPARQL .....	50
e.1. SELECT .....	50
e.2. CONSTRUCT .....	50
e.3. ASK .....	50
e.4. DESCRIBE .....	50
f) Le langage SWRL.....	50
II.3.4. L'e-Learning 3.0.....	51
a) Le connectivisme, une théorie d'apprentissage pour l'e-learning 3.0? .....	51
II.3. CONCLUSION .....	52
<b>CHAPITRE 2 - LA PERSONNALISATION DE L'APPRENTISSAGE EN LIGNE.....</b>	<b>53</b>
<b>I. LA PERSONNALISATION DE L'APPRENTISSAGE .....</b>	<b>54</b>
I.1. DEFINITION .....	55

I.2. DIMENSIONS DE LA PERSONNALISATION .....	57
I.2.1. Dimension 1: l'intégration des outils et des données .....	57
I.2.2. Dimension 2: support des relations symétriques .....	58
I.2.3. Dimension 3: Un contenu ouvert.....	58
I.2.4. Dimension 4: Support de l'apprentissage informel.....	58
I.2.5. Dimension 5: Support de l'apprentissage tout au long de la vie .....	59
I.2.6. Dimension 6: la conscience de contexte .....	59
I.2.7. Dimension 7: L'apprenant est au centre de l'apprentissage .....	59
I.3. TYPE DE PERSONNALISATION.....	60
I.3.1. La personnalisation de contenu .....	60
a) Le Filtrage.....	61
I.3.2. Personnalisation de navigation.....	61
I.3.3. Personnalisation de la présentation .....	62
I.4. TECHNIQUES DE DETERMINATION DES ELEMENTS DE LA PERSONNALISATION.....	62
I.4.1. Détermination Explicite .....	62
I.4.2. Détermination Implicite .....	62
I.4.3. Customisation .....	63
I.5. LES METHODES DE PERSONNALISATION.....	63
I.5.1. L'utilisation des systèmes de recommandation .....	63
a) Systèmes de filtrage d'information à base d'ontologies .....	64
b) Systèmes de filtrage à base d'annotations collaboratives .....	64
c) Systèmes de filtrage d'informations à base de réseaux sociaux .....	65
I.5.2. L'utilisation de la sémantique (Le Web Social Sémantique) .....	65
I.5.3. L'utilisation des styles d'apprentissage.....	65
a) Techniques de détection des styles d'apprentissage.....	66
a.1. La méthode manuelle .....	66
i. Modèle de Kolb : .....	66
ii. Modèle de Honey et Mumford.....	67
iii. Modèle de Felder et Silverman .....	67
iv. Le modèle MBTI (Myers Briggs Type Indicator) .....	67
a.2. Méthode automatique.....	68
i. Les Réseaux Bayesian .....	69
1. Inférence bayésienne.....	69
2. Construction d'un graphe.....	70
3. Table de probabilité.....	70
<b>II. LES TRAVAUX CONNEXES .....</b>	<b>72</b>
II.1. DESCRIPTION DES SYSTEMES CONNEXES.....	72
II.1.1. Le système Talis Aspire .....	72
II.1.2. Le projet GroupMe!.....	72
II.1.3. Le projet Ensemble.....	73
II.1.4. Le projet PLEM.....	73
II.1.5. L'ontologie FOAF.....	73
II.1.6. L'ontologie SemSNA : .....	73
II.1.7. Le projet ELGG.....	73
II.1.8. Le projet Personal Reader framework .....	74
II.1.9. La Framework Didaskon .....	74
II.1.10. Le projet MetaMorphosis+ .....	74
II.1.11. Le projet SERUM .....	74
II.1.12. Le système ActiveMath .....	75
II.1.13. Le système Smart Tag.....	75
II.1.14. Le système CoCoA.....	75
II.1.15. Le système Referral Web.....	75
II.1.16. Le système Quickstep.....	75

II.1.17. Le système ARTHUR .....	76
II.1.18. Systèmes à base des Réseaux Bayésiens .....	76
II.2. ANALYSE DES SYSTEMES ETUDIES .....	76
II. 3. CONCLUSION .....	777
<b>PARTIE II : CONCEPTION DE SOLEARN.....</b>	<b>78</b>
<b>CHAPITRE 3 -LA REPRESENTATION DES CONNAISSANCES DANS SOLEARN.....</b>	<b>79</b>
<b>I. LA REPRESENTATION DES CONNAISSANCES DANS SOLEARN.....</b>	<b>80</b>
I.1. INTRODUCTION .....	81
I.2. LES BESOINS D'UN SYSTEME D'APPRENTISSAGE PERSONNEL AUX TECHNOLOGIES DU WEB SEMANTIQUE....	81
I.2.1. Le besoin de partage.....	81
I.2.2. Le besoin d'un vocabulaire commun .....	82
I.2.3. Le besoin de réutilisation des ressources d'apprentissage.....	82
I.2.4. Le besoin d'indexation des ressources d'apprentissage.....	82
I.2.5. Le besoin d'implication de l'intelligence.....	82
I.2.6. Le besoin de la personnalisation et de l'adaptation.....	82
I.3. PRESENTATION DES CONNAISSANCES DANS SOLEARN.....	83
I.3.1. L'ontologie du domaine proposée .....	83
I.3.2. Conception de l'ontologie.....	84
a) Choix d'une méthodologie de construction .....	84
b) Définition du domaine et la portée de l'ontologie .....	84
b.1. Quel domaine va être couvert par l'ontologie ? .....	84
b.2. Dans quel but nous développons l'ontologie ? .....	84
b.3. Qui va utiliser l'ontologie ? .....	85
b.4. Réutilisation des ontologies existantes .....	85
b.5. L'identification des concepts de l'ontologie .....	85
b.6. Respect des principes de construction .....	85
I.3.3. Explication de l'ontologie.....	86
a) Description des concepts de l'ontologie .....	86
b) Les propriétés qui relient les objets .....	89
c) Les propriétés à valeurs littérales.....	96
d) Les individus ou bien les instances de classes .....	98
I.4. MODELISATION DES CONNAISSANCES DU SYSTEME .....	98
I.4.1. Modélisation des connaissances sur les domaines d'apprentissage .....	99
I.4.2. Modélisation de l'apprenant .....	101
I.4.3. Modélisation de l'approche pédagogique.....	102
I.5. LES ACTEURS DANS SOLEARN ET LEURS ROLES.....	105
I.5.1. Les experts de l'ingénierie des connaissances .....	105
I.5.2. Les experts pédagogiques .....	106
I.5.3. Les experts de domaines de formation.....	106
I.5.4. Les Apprenants .....	106
I.6. CONCLUSION .....	107
<b>CHAPITRE 4 - L'APPROCHE DE PERSONNALISATION .....</b>	<b>108</b>
<b>I. L'APPROCHE DE PERSONNALISATION .....</b>	<b>109</b>
I.1. OBJECTIF .....	110
I.2. DETECTION DE STYLE D'APPRENTISSAGE INITIAL .....	113
I.3. AJUSTEMENT DE MODELE DE L'APPRENANT .....	113
I.4. AMELIORATION DE LA RECOMMANDATION DANS SOLEARN.....	118
I.4.1. La recommandation des utilisateurs.....	118
I.4.2. La recommandation des objets d'apprentissage .....	120
I.5. DETECTION DES COMMUNAUTES D'APPRENTISSAGE.....	121

I.5.1. Etape01 : L'identification des domaines d'apprentissage.....	122
I.5.2. Etape 02 : La détection des communautés.....	124
a) Algorithme de clustering.....	124
b) Description de la méthode K-means.....	125
I.6. CORRESPONDANCE ENTRE LE COMPORTEMENT DES APPRENANTS ET LES STYLES D'APPRENTISSAGE.....	126
I.7. LE MODELE DE DECISION DU STYLE D'APPRENTISSAGE.....	130
I.7.1. Identification des variables de comportement.....	130
a) Variables explicites.....	130
a.1. Évaluation des connaissances de l'apprenant.....	130
a.2. Calcul du degré de sociabilité et le respect des règles.....	131
b) Variables implicites.....	132
b.1. Le matériel pédagogique.....	132
b.2. L'activité pédagogique.....	133
b.3. Les émotions.....	133
c) Variables implicites.....	133
c.1. Découverte de l'entité pédagogique.....	134
c.2. Découverte de l'Objectif d'Apprentissage.....	134
c.3. Découverte de la Stratégie d'Apprentissage.....	134
c.4. Découverte de respect des règles.....	134
c.5. Découverte des émotions.....	134
I.7.2. Méthodes d'estimation de style d'apprentissage.....	135
a) Méthode statique à base de calcul de la distance cosinus.....	135
b) Méthode probabiliste à base d'un Modèle de Réseau Bayésien.....	136
I.8. LA PERSONNALISATION A BASE DU STYLE DETECTE.....	139
I.9. SCENARIOS D'UTILISATION DE SOLEARN.....	140
I.9.1. Scénario 1 : Avantage de l'utilisation de l'ontologie.....	140
I.9.2. Avantage de l'approche pédagogique.....	141
a) Scénario 2 :.....	141
b) Scénario 3.....	142
I.9.3. Scénario 4 : avantage de l'utilisation des règles d'inférence.....	144
I.9.4. Scénario 5 : La recherche sémantique de ressources d'apprentissage.....	145
I.9.5. Scénario 6: l'évaluation à base des tags.....	147
I.9.6. Scénario 6 : Estimation du style d'apprentissage par le Réseau Bayésien.....	147
I.10. DIAGRAMMES DE SEQUENCE DE L'UTILISATION DU SYSTEME.....	149
I.10.1. Recherche des documents.....	149
I.10.2. Publication des documents.....	150
I.10.3. Ajouter des commentaires.....	150
I.10.4. L'analyse sémantique de réseau s'apprentissage.....	152
I.11. CONCLUSION.....	152
<b>PARTIE III : IMPLEMENTATION &amp; EXPERIMENTATION.....</b>	<b>154</b>
<b>CHAPITRE 5 -L'IMPLEMENTATION DE SOLEARN.....</b>	<b>155</b>
<b>I. L'IMPLEMENTATION DE SOLEARN.....</b>	<b>156</b>
I.1. INTRODUCTION.....	157
I.1.1. Les outils de développement.....	157
a) PHP.....	157
b) JavaScript.....	157
c) AJAX.....	157
d) Eclipse.....	158
e) JQuery.....	158
I.2. INGENIERIE DE L'ONTOLOGIE.....	158
I.3. MOTEUR D'INFERENCE.....	161
I.4. L'OUTIL RAP.....	161
I.4.1. Intégration de RAP dans l'application SoLearn.....	162

I.5. PRESENTATION DE SYSTEME .....	165
I.5.1. Services de communication .....	167
I.5.2. Génération et accès au contenu .....	168
I.5.3. Le profil utilisateur .....	169
I.5.4. Analyse de réseau d'apprentissage .....	170
I.6. LES VALEURS ET LES FONCTIONNALITES AJOUTEES DE SOLEARN .....	171
I.7. CONCLUSION .....	171
<b>CHAPITRE 6 -EVALUATION ET RETOUR D'EXPERIENCE .....</b>	<b>173</b>
<b>I.    EVALUATION ET RETOUR D'EXPERIENCE .....</b>	<b>174</b>
I.1. INTRODUCTION .....	175
I.2. EXPERIENCE 1 : TEST D'UTILISABILITE .....	175
I.2.1. Déroulement de test .....	176
I.2.2. Résultats du questionnaire et discussion .....	177
I.3. EXPERIENCE 2: LE WEB SOCIAL SEMANTIQUE ET LA PERSONNALISATION .....	180
I.3.1. Méthodologie.....	180
I.3.2. Vérification de l'hypothèse.....	180
I.4. EXPERIENCE 3: LE COMPORTEMENT ET LES STYLES D'APPRENTISSAGE .....	181
I.4.1. Méthodologie.....	181
I.4.2. Procédure.....	181
a) Collecte des actions des utilisateurs.....	181
b) La classification des actions des utilisateurs .....	181
c) Calcule des variables .....	184
c.1. Évaluation des connaissances de l'apprenant .....	184
c.2. Calcul du degré de sociabilité et le respect des règles .....	184
d) Estimation du style d'apprentissage .....	185
e) Comparaison des résultats .....	187
I.5. CONCLUSION .....	187
<b>CONCLUSION GENERALE &amp; PERSPECTIVES.....</b>	<b>189</b>
I.1. CONCLUSION GENERALE .....	190
I.2. LES LIMITES DE L'APPROCHE .....	192
I.3. LES PERSPECTIVES .....	193
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>194</b>

## Liste des Figures

FIGURE. 1. HISTORIQUE ET EVOLUTION DES THEORIES DE L'APPRENTISSAGE (ADAPTEE DE MINIER, 2003) .....	23
FIGURE. 2. PRINCIPE DE CONNECTIVISME (ADAPTEE DE SIEMENS, 2005).....	24
FIGURE. 3. ARCHITECTURE D'UN SYSTEME D'E-LEARNING (ADAPTEE DE MIELNIKOFF, 2005).....	27
FIGURE. 4. MANIPULATION DE CONTENU SUR LE WEB 1.0 (ADAPTEE DE CURRY, 2007).....	28
FIGURE. 5. MANIPULATION DES DONNEES SUR LE WEB 2.0 (ADAPTEE DE CURRY, 2007).....	30
FIGURE. 6. EXEMPLE D'UN RESEAU SOCIAL.....	33
FIGURE. 7. UN RESEAU AFFICHE UNE STRUCTURE DES COMMUNAUTES.....	34
FIGURE. 8. DU WEB 2.0 AU WEB 3.0 (ADAPTEE DE FLAT EDUCATION, 2011).....	39
FIGURE. 9. L'ARCHITECTURE EN COUCHES DU WEB SEMANTIQUE (SEMANTIC COMMUNITY, 2014).....	45
FIGURE. 10. EXEMPLE D'UN DOCUMENT XML.....	46
FIGURE. 11. MODELISATION DES RESSOURCES AVEC UN GRAPHE RDF (1).....	47
FIGURE. 12. MODELISATION DES RESSOURCES AVEC UN GRAPHE RDF (2).....	48
FIGURE. 13. LA SERIALISATION AVEC LA SYNTAXE TURTLE.....	48
FIGURE. 14. LA SERIALISATION AVEC LA SYNTAXE N-TRIPLES.....	49
FIGURE. 15. LA SERIALISATION AVEC LA SYNTAXE RDF/XML.....	49
FIGURE. 16. REPRESENTATION DU SYSTEME DE FILTRAGE (ADAPTEE DE BRADLEY ET AL., 2000).....	61
FIGURE. 17. ARCHITECTURE D'UN SYSTEME DE RECOMMANDATION (ADAPTEE DE TROUSSE, 2001).....	64
FIGURE. 18. LES 16 TYPES DU MBTI ("MBTI". N.D).....	68
FIGURE. 19. L'ONTOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT D'APPRENTISSAGE PERSONNALISE (HALIMI & SERIDI-BOUCHELAGHEM, 2015).....	86
FIGURE. 20. LES PROPRIETES A VALEURS DES OBJETS.....	89
FIGURE. 21. LES PROPRIETES DE DONNEES.....	96
FIGURE. 22. VUE GENERALE DE LA RELATION ENTRE L'ONTOLOGIE ET LES DIFFERENTS MODELES.....	99
FIGURE. 23. EXTRAIT D'UN MODELE DU DOMAINE D'APPRENTISSAGE.....	100
FIGURE. 24. INSTANCIATION D'UN DOMAINE D'APPRENTISSAGE.....	100
FIGURE. 25. MODELISATION DE L'APPRENANT.....	101
FIGURE. 26. LE MODELE PEDAGOGIQUE.....	104
FIGURE. 27. EXTRAIT DU MODELE PEDAGOGIQUE.....	105
FIGURE. 28. ACTEURS DU SYSTEME.....	107
FIGURE. 29. LE MODELE 3A DE LA PERSONNALISATION DU CONTENU (HALIMI & SERIDI-BOUCHELAGHEM, 2015).....	111
FIGURE. 30. L'ARCHITECTURE GENERALE DE L'APPROCHE DE PERSONNALISATION (HALIMI & SERIDI-BOUCHELAGHEM, 2015).....	112
FIGURE. 31. IDENTIFICATION DES DOMAINES D'APPRENTISSAGE.....	123
FIGURE. 32. RESULTAT D'APPLICATION DE LA METHODE DE DETECTION DES COMMUNAUTES.....	126
FIGURE. 33. MODELE PROPOSE DU RESEAU BAYESIEN (HALIMI & SERIDI-BOUCHELAGHEM, 2015).....	138
FIGURE. 34. SCENARIO D'UTILISATION DE L'APPROCHE PEDAGOGIQUE -2-.....	143
FIGURE. 35. SCENARIO DE L'UTILISATION DES REGLES D'INFERENCE.....	145
FIGURE. 36. RESULTAT DE RECHERCHE SEMANTIQUE.....	146
FIGURE. 37. DESCRIPTION DES TERMES RECHERCHES DANS L'ONTOLOGIE.....	146
FIGURE. 38. RESULTAT D'APPLICATION DES REGLES D'INFERENCE SUR LA RECOMMANDATION.....	147
FIGURE. 39. LA STRUCTURE DU RESEAU APRES LES ACTIONS DE L'APPRENANT.....	148
FIGURE. 40. LE DIAGRAMME DE SEQUENCE POUR LA RECHERCHE DES DOCUMENTS.....	149
FIGURE. 41. LE DIAGRAMME DE SEQUENCE POUR L'AJOUT D'UN DOCUMENT.....	150
FIGURE. 42. LE DIAGRAMME DE SEQUENCE POUR L'AJOUT D'UN COMMENTAIRE.....	151
FIGURE. 43. LE DIAGRAMME DE SEQUENCE POUR L'AJOUT D'UN TAG.....	151
FIGURE. 44. LE DIAGRAMME DE SEQUENCE POUR L'ANALYSE DE RESEAU.....	152
FIGURE. 45. DEVELOPPEMENT D'UN PROJET PHP AVEC ÉCLIPSE.....	158

---

FIGURE. 46. LA CREATION DES CONCEPTS SUR LA PATEFORME PROTEGE. ....	159
FIGURE. 47. CAPTURE D'ECRAN DE LA PATEFORME PROTEGE - CREATIONS DES RELATIONS ENTRE LES CONCEPTS. .....	160
FIGURE. 48. EXTRAIT DU CODE OWL DE L'ONTOLOGIE DU DOMAINE DE SOLEARN.....	160
FIGURE. 49. L'ORGANISATION DE DIFFERENTS MODULES DE RAP.....	161
FIGURE. 50. PROCESSUS DE FONCTIONNEMENT DE MODULE MEMMODEL (MEMMODEL, HTTP). ....	162
FIGURE. 51. INTEGRATION DU PACKAGE DE RAP DANS LES MODULES DE SOLEARN.....	163
FIGURE. 52. PARTIE DE CODE QUI MONTRE L'UTILISATION DES FONCTIONNALITES DE RAP. ....	163
FIGURE. 53. CODE EXTRAIT DU MODULE DE RECHERCHE SEMANTIQUE DANS SOLEARN.....	164
FIGURE. 54. LES FICHIERS GENERES APRES L'UTILISATION DU SYSTEME. ....	164
FIGURE. 55. FICHIER RDF D'UN UTILISATEUR ET D'UN EVENEMENT. ....	165
FIGURE. 56. LA PAGE D'ACCUEIL DE SOLEARN. ....	165
FIGURE. 57. PROCEDURE D'INSCRIPTION SUR SOLEARN. ....	166
FIGURE. 58. RECHERCHE DES UTILISATEURS.....	166
FIGURE. 59. ENVOYER UN MESSAGE. ....	167
FIGURE. 60. DISCUSSION INSTANTANEE.....	167
FIGURE. 61. PUBLICATION DES DOCUMENTS. ....	168
FIGURE. 62. RECHERCHE DES RESSOURCES.....	168
FIGURE. 63. FIL D'ACTUALITES.....	169
FIGURE. 64. PROFIL D'UN UTILISATEUR.....	169
FIGURE. 65. STATISTIQUES D'UN UTILISATEUR.....	170
FIGURE. 66. ANALYSE DE RESEAU.....	170
FIGURE. 67. LES ACTIONS DES APPRENANTS.....	183
FIGURE. 68. L'UTILISATION DES COMMENTAIRES.....	183
FIGURE. 69. L'UTILISATION DES MESSAGES.....	183
FIGURE. 70. L'UTILISATION DES INVITATIONS DE COLLABORATION.....	184
FIGURE. 71. L'UTILISATION DES RESSOURCES.....	184
FIGURE. 72. LE MODELE DU RESEAU BAYESIEN PROPOSE.....	186
FIGURE. 73. LA TABLE CPT DES NEUDES.....	186

## Liste des Tableaux

TABLEAU. 1. LES TECHNOLOGIES DU WEB 3.0 SOUTENUES PAR LES PRINCIPES DU CONNECTIVISME .....	52
TABLEAU. 2. LA DIFFERENCE ENTRE LES LMSs ET LES EAPs (HALIMI ET AL., 2014) .....	60
TABLEAU. 3. TABLEAU DE PROBABILITE DES ACTIVITES D'UN APPRENANT.....	70
TABLEAU. 4. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES RBS (NAÏM ET AL., 2011).....	71
TABLEAU. 5. COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENTS SYSTEMES ETUDIES .....	76
TABLEAU. 6. DESCRIPTION DETAILLEE DES CONCEPTS DE L'ONTOLOGIE .....	87
TABLEAU. 7. DESCRIPTION DETAILLEE DE CHAQUE PROPRIETE DE L'ONTOLOGIE.....	90
TABLEAU. 8. EXPLICATION DES PROPRIETES DE DONNEES.....	96
TABLEAU. 9. ENSEMBLE DES INDIVIDUS DE L'ONTOLOGIE.....	98
TABLEAU. 10. PRESENTATION DES INDIVIDUS POUR LE CLUSTERING .....	124
TABLEAU. 11. CALCUL DE DISTANCE ENTRE LES INDIVIDUS .....	125
TABLEAU. 12. LE COMPORTEMENT DES APPRENANTS ET LES STYLES D'APPRENTISSAGE (HALIMI & SERIDI-BOUCHELAGHEM, 2015).....	127
TABLEAU. 13. LISTE DES MOTS DANS LES VECTEURS. ....	136
TABLEAU. 14. TABLE DE PROBABILITE POUR QUELQUES NEUDS. ....	137
TABLEAU. 15. RECOMMANDATIONS SELON LE STYLE D'APPRENTISSAGE DETECTE.....	139
TABLEAU. 16. SCENARIO D'UTILISATION DE L'APPROCHE PEDAGOGIQUE -1-.....	141
TABLEAU. 17. LES IMPLEMENTATIONS DU MODELE API DE RAP.....	161
TABLEAU. 18. DEROULEMENT DU TEST D'UTILISABILITE. ....	176
TABLEAU. 19. SYNTHESE DES RESULTATS DU QUESTIONNAIRE .....	177
TABLEAU. 20. RESULTATS DE T-TEST (HALIMI ET AL., 2014). ....	180
TABLEAU. 21. STATISTIQUES SUR LES ACTIONS DES APPRENANTS (HALIMI & SERIDI-BOUCHELAGHEM, 2015). .	182
TABLEAU. 22. COMPARAISON DES RESULTATS (HALIMI & SERIDI-BOUCHELAGHEM, 2015).....	187

# **Introduction Générale**

## **I.1. Introduction**

Au cours des dernières années, le concept de l'apprentissage basé sur le Web et l'utilisation d'Internet dans l'enseignement ont reçu une attention croissante. Les gens utilisent l'Internet et les nouvelles technologies chaque jour pour s'informer, pour communiquer, pour apprendre et pour avoir des divertissements, des biens et des services, etc. Avec la disponibilité croissante de l'Internet, il y a maintenant de comprendre "qui" et "comment" livrer l'expérience d'apprentissage pour les apprenants, ce qui a conduit à l'évolution de l'e-learning.

L'apprentissage électronique ou e-learning est un terme général utilisé pour désigner la technologie améliorée d'apprentissage. Parce que cette expression est utilisée dans de nombreux contextes, il est important de préciser ce que nous entendons par "e-learning". Un certain nombre de termes tels que l'apprentissage électronique ou l'apprentissage en ligne ont été également utilisés pour désigner la même chose. À bien des égards, le terme est souvent associé avec le champ des technologies avancées pour soutenir l'apprentissage, qui traite à la fois les technologies et les méthodologies associées pour apprendre à utiliser les technologies en réseau et/ou multimédias. La définition la plus simple d'e-learning tel qu'il est utilisé dans cette thèse est la livraison d'un apprentissage, d'une formation, ou d'un programme éducatif par des moyens électroniques. Dans la plupart des cas, cette livraison a lieu par l'intermédiaire de l'Internet.

Il a été postulé que l'un des principaux problèmes qui désignent les plates-formes d'apprentissage en ligne est leur manque de personnalisation. Par conséquent, plusieurs chercheurs ont affirmé que l'approche "one-size-fits-all" ne suffit plus (Reigeluth, 1996). Il y a un besoin pour une expérience d'apprentissage plus efficace et dynamique qui s'adapte aux besoins, aux exigences et aux préférences de chaque apprenant. Au lieu de fournir le même contenu à tous les apprenants, les systèmes d'apprentissage en ligne devraient adapter le processus d'apprentissage selon les caractéristiques de chaque individu afin d'accroître la pertinence et l'adéquation du matériel d'apprentissage.

Les êtres humains sont différents, ils apprennent et traitent l'information de différentes manières. L'expérience passée, les connaissances antérieures, les compétences, le style d'apprentissage et les intérêts sont parmi les facteurs qui peuvent influencer sur les besoins des individus pour un apprentissage efficace (Kim & Moore, 2005). Bien que l'ensemble des systèmes d'apprentissage en ligne ait considérablement augmenté dans le milieu universitaire, en réalité, les apprenants avaient la même méthode d'apprentissage que les étudiants depuis 50 ans (Buchner & Patterson, 2004). L'apprentissage est un processus personnel et adaptatif, où les besoins et les préférences des apprenants devraient être pris en considération du début à la fin de ce processus (Boticario et al., 2010).

Les chercheurs insistent sur l'importance de "l'adaptation" ou "la personnalisation" dans les systèmes d'apprentissage. Les systèmes qui permettent à l'utilisateur de modifier certains paramètres et d'adapter leur comportement en conséquence sont appelés "adaptables". Tandis que, les systèmes qui s'adaptent aux utilisateurs, basées sur des hypothèses concernant les besoins de l'utilisateur sont appelés "adaptatives" (Santally & Senteni, 2005). L'idée principale derrière la personnalisation implique la création d'une expérience d'apprentissage adaptée aux

préférences, aux intérêts et aux besoins individuels des apprenants. Ces propriétés sont généralement stockées dans un profil de l'apprenant ; en utilisant diverses techniques, le système sous-jacent lui-même doit s'adapter sur la base de ce profil. Cela implique non seulement la sélection personnalisée de contenu, mais aussi l'adaptation de la séquence des ressources et l'adaptation des styles de présentation.

## **I.2. Motivation**

La recherche en éducation nous informe qu'un contenu d'apprentissage unique ne convient pas à tous les apprenants (Reigeluth, 1996), elle nous informe aussi que les caractéristiques d'apprentissage des apprenants se diffèrent (Honey et Mumford, 1986), elle suggère que les apprenants expriment leur connaissance avec différentes manières et ils préfèrent utiliser différents types de ressources (Riding & Rayner, 1998), elle suggère aussi qu'il est possible d'analyser les caractéristiques des apprenants et que certains d'eux apprennent plus efficacement lorsque le processus d'apprentissage est personnalisé selon leurs caractéristiques individuelles (Rasmussen, 1998).

Il est connu depuis longtemps que les différences entre les individus ont un effet sur l'apprentissage. Ces différences comprennent à la fois l'expérience passée et le style d'apprentissage préféré. Si ces paramètres ne sont pas pris en considération lors de la conception des offres d'e-learning, la motivation et les niveaux de confort des élèves peuvent mener à réduire l'apprentissage global et prévenir un bon résultat d'apprentissage (Bruen, 2002).

Dans le domaine des technologies améliorées d'apprentissage (technology enhanced learning), les systèmes personnalisés présentent la forme la plus avancée des environnements d'apprentissage qui visent à satisfaire les différents besoins des apprenants (Brusilovsky & Peylo, 2003). Ces systèmes représentent les différentes caractéristiques de chaque apprenant, telles que les connaissances, les besoins et les préférences dans un modèle individuel. Il utilise le modèle résultant pour adapter dynamiquement l'environnement d'apprentissage d'une manière que les meilleurs supports d'apprentissage seront fournis au bon moment. Une stratégie typique qui pourrait être utilisée pour adapter l'environnement inclut la personnalisation de la présentation du contenu, afin de ne présenter à l'apprenant que l'information pertinente et fournir un support de navigation à l'aide des liens annotés qui suggèrent le parcours d'apprentissage le plus pertinent à suivre (de Bra et al., 2003).

L'adaptation du contenu d'apprentissage n'implique pas seulement l'adaptation du contenu en fonction des connaissances passées, mais aussi sur la base des styles et les objectifs d'apprentissage. L'adaptation du matériel d'apprentissage implique l'adaptation du contenu pendant le processus d'apprentissage en observant le comportement de l'apprenant au cours de la progression du cours. Parce que ce processus se produit pendant l'exécution, toute activité peut affecter la structure et la séquence de l'offre d'apprentissage. Ce qui est nécessaire, parce que les individus ont des préférences et des objectifs différents. Les apprenants peuvent vouloir des objets d'apprentissage qui seront présentés en fonction de leurs préférences. Par exemple, les apprenants qui ont des préférences visuelles voudraient un contenu d'être présenté avec des textes et des images, les apprenants auditifs préfèrent pour le contenu d'être

lu par le système (en utilisant des éléments sonores par exemple) et les apprenants kinesthésiques apprendraient mieux lorsque le matériel est accompagné d'exercices afin que les apprenants puissent se pratiquer (Felder & Silverman, 1988).

Plusieurs systèmes d'apprentissage qui s'adaptent aux différentes situations d'apprentissage ont été développés (Specht & Oppermann, 1998; Stern & Woolf, 2000). Néanmoins, la construction d'un système d'apprentissage qui adapte les parcours d'apprentissage selon les caractéristiques individuelles de chaque apprenant n'est pas facile. Des questions de recherche majeures restent toujours au centre des discussions incluant: comment représenter le contenu d'apprentissage et les utilisateurs afin de fournir la meilleure personnalisation ? Comment choisir les activités d'apprentissage qui correspondent aux préférences de l'apprenant ? Quelle est la théorie d'apprentissage la plus pertinente avec laquelle nous obtenons la meilleure personnalisation ? Comment identifier les caractéristiques d'apprentissage pertinentes et comment l'environnement d'apprentissage devrait être modifié pour soutenir les utilisateurs qu'ils ont des caractéristiques d'apprentissage différentes ? (Brusilovsky, 2001).

Cette thèse décrit comment l'environnement d'apprentissage social personnalisé SoLearn répond à ces défis. Tout d'abord, elle décrit comment SoLearn s'appuie sur la théorie de *connectivisme* pour montrer comment les apprenants apprennent en monde connecté en réseaux, elle décrit comment il utilise les techniques et les modèles du Web Social Sémantique pour représenter et modéliser toutes les connaissances qui figurent dans le système (modèle de l'apprenant, modèle de contenu, modèle de l'approche pédagogique), afin de fournir aux apprenants un contenu précis et adéquat, elle décrit comment il intègre l'intelligence pour fournir aux apprenants des recommandations intelligentes partant de mécanisme de l'inférence fourni par le web sémantique, elle décrit comment SoLearn peut bénéficier des outils de Web 2.0 pour fournir aux apprenants un environnement social convivial afin de se regrouper en réseaux sociaux selon leur volonté, pour commenter, discuter et participer à la création et le partage de la connaissance et elle décrit comment il peut bénéficier des techniques du web sémantique et les modèles de réseaux bayésiens pour découvrir automatiquement les styles d'apprentissage de l'apprenant pour personnaliser le contenu et les parcours d'apprentissage selon ses préférences afin de surmonter les problèmes de l'utilisation des questionnaires de détection des styles d'apprentissage pour le souci de la personnalisation.

### **1.3. Contexte du travail (Problématique)**

Récemment, l'apprentissage en ligne est devenu très populaire et les apprenants apprennent de plus en plus en utilisant les technologies éducatives. Ces apprenants ont des caractéristiques différentes comme : les connaissances acquises, les styles d'apprentissage, les capacités cognitives, la motivation, etc., ils apprennent dans différents contextes/ situations, tels que par des appareils différents avec des caractéristiques et des fonctionnalités différentes, à des endroits différents, etc. Cependant, quand nous observons les systèmes d'apprentissage les plus couramment utilisés (les LMS), nous pouvons constater que ces systèmes fournissent habituellement le même cours pour tous les apprenants, sans considération des caractéristiques individuelles et les besoins de chaque apprenant. Une telle approche conduit

souvent à la frustration, des difficultés d'apprentissage et un taux élevé d'abandon des cours en ligne (Reigeluth, 1996). Fournir donc aux apprenants un contenu d'apprentissage personnalisé qui répond à leurs caractéristiques individuelles est la situation nécessaire pour rendre l'apprentissage en ligne plus facile et plus efficace pour les apprenants.

En tenant compte des différences individuelles des apprenants et de leurs situations d'apprentissage, les systèmes d'apprentissage personnel visent à accroître les progrès et les résultats des apprenants, permettant à l'apprenant d'apprendre avec moins d'effort et en offrant la satisfaction supérieure. En prenant en compte les différences des apprenants, un système peut par exemple personnaliser le matériel et les activités d'apprentissage. En outre, le système peut profiter d'objets ou de personnes qui pourraient être en mesure d'aider l'apprenant dans son processus d'apprentissage et d'examiner les caractéristiques de son environnement.

Actuellement, les environnements d'apprentissage personnalisés se représentent comme l'une des orientations récentes dans le développement des environnements informatique d'apprentissage humain (EIAH), où il n'y a pas un chemin d'apprentissage propre à tous les apprenants (Chen, 2008). Les développements récents des EAPs ont montré des tendances d'utiliser les techniques du Web Social sémantique (WSS) pour fournir aux apprenants un contenu adéquat en fonction de leur connaissance, mais sans fournir un contenu approprié qui correspond à leurs préférences. Par conséquent, un besoin réel d'impliquer les styles d'apprentissage dans la personnalisation est très essentiel. Malheureusement, le principal obstacle qui empêche le succès de l'utilisation de ces tests est leur longueur, où les apprenants ne font généralement pas d'attention lors de choix des réponses (Pham & Florea, 2013). Offrir alors un contenu personnalisé basé uniquement sur le style détecté par les questionnaires ne sera pas convenablement approprié. Pour surmonter ce problème, d'autres approches de personnalisation ont été proposées, elles sont basées sur la détection automatique des styles d'apprentissage des apprenants et c'est dans ce contexte que notre contribution a lieu.

#### **I.4. Objectifs de Recherche et contributions**

Cette thèse s'intéresse à la personnalisation et la socialisation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH). Plus précisément, notre objectif ultime s'articule sur la question de comment utiliser les techniques du Web Social sémantique (WSS) et les styles d'apprentissage pour fournir aux apprenants un contenu adéquat en fonction de leurs connaissances, leurs préférences et leurs besoins. Notre but est de concevoir un environnement qui s'adapte et répond aux besoins des apprenants en créant un modèle de l'apprenant, un modèle du contenu d'apprentissage et un modèle de l'approche pédagogique, offrant des possibilités de personnalisation de l'apprentissage, des possibilités d'interopérabilité et un apprentissage informel tout au long de la vie en se basant sur l'utilisation des techniques et modèles du web social sémantique.

Le principal apport de cette thèse est la personnalisation des processus d'apprentissage de l'apprenant (tâches et contenu) en fonction de son style, ses connaissances et ses besoins. Cet objectif a été atteint premièrement par la modélisation de toutes les connaissances présentées dans le système par les techniques du Web Sémantique (avec une ontologie) afin de fournir

aux apprenants des contenus précis, partant de mécanisme d'inférence fourni par le Web sémantique (inférence et raisonnement). Deuxièmement, le style d'apprentissage initial de l'apprenant est ajouté au contenu fourni pour générer un contenu précis et approprié. Troisièmement, en adoptant le regroupement des apprenants ayant des intérêts similaires dans des communautés homogènes, partant de la conviction qu'un groupe homogène peut jouer un grand rôle dans l'amélioration de l'efficacité de la personnalisation, où les apprenants vont se traiter uniquement avec les ressources qu'ils se sentent vraiment en besoin, car ils vont recevoir des recommandations d'utilisateurs qui partagent avec eux les mêmes pensées et les mêmes intérêts, puis en analysant leurs comportements dans leurs communautés par les techniques du web sémantique (WS). Quatrièmement, le contenu filtré est soumis à un modèle de Réseau Bayésien (RB) pour tirer des conclusions sur les styles d'apprentissage des apprenants, où des informations quantitatives et qualitatives sur les comportements des apprenants sont analysées et modélisées avec l'utilisation du modèle de réseau bayésien et le mécanisme d'inférence du web sémantique afin de générer un contenu adéquat (exacte), approprié et affirmé (vérifié). Des règles sémantiques servant à découvrir des connaissances supplémentaires sur le comportement des apprenants sont proposées. Les apprenants auront à la fin un contenu personnalisé en fonction de leur comportement et leur profil. Un environnement d'apprentissage social appelé SoLearn a été développé, il prend en charge l'approche de personnalisation présentée dans cette thèse. Pour réaliser les objectifs de cette recherche, six principales questions critiques ont été identifiées:

#### **I.4.1. Comment apprennent-ils les apprenants en monde connecté en réseaux ?**

Pour répondre à cette première question, nous avons opté d'appliquer les concepts et les principes de la théorie de connectivisme, le fait qu'elle définit une nouvelle approche éducative qui corresponde aux nouvelles orientations de la formation en ligne. Développée par George Siemens et Stephen Downes, la théorie de connectivisme représente le processus de l'apprentissage à l'âge digital et dans un univers connecté en réseaux en se basant sur les inconvénients du behaviorisme, du cognitivisme, du constructivisme et du socio-constructivisme (Siemens, 2005). L'un de principes les plus importants du connectivisme est l'utilisation d'un réseau composé de nœuds et de connexions comme un noyau principal de l'apprentissage (Duplâa & Talaat, 2012). Dans cette optique, un nœud peut être une information, une donnée, une émotion ou une image, etc. L'apprentissage est le résultat du processus de connexions, englobant les connexions entre les hommes, les ordinateurs et l'interconnexion entre les différents domaines de savoirs (Siemens, 2005).

#### **I.4.2. Comment décrire et modéliser les connaissances nécessaires pour la personnalisation ?**

Pour répondre à cette deuxième question, nous avons choisi de modéliser et représenter toutes les connaissances qui figurent sur le système par les modèles et les techniques du web sémantique, le fait que le Web Sémantique peut être considéré comme une structure adéquate pour satisfaire les besoins des systèmes d'apprentissage modernes, du moment qu'il fournit tous les moyens pour le développement des ontologies, l'annotation des ressources d'apprentissage, leur composition et leur livraison aux utilisateurs, etc.

Pour notre cas, l'environnement d'apprentissage personnalisé comme d'autres services sur le Web peut grandement bénéficier des technologies du Web Sémantique. Ce dernier consiste à ajouter des métadonnées aux ressources Web qui décrivent leurs contenus et leurs fonctionnalités, ces métadonnées doivent se reposer sur des ontologies afin de pouvoir être partagées et munies d'interprétations pertinentes. L'utilisation des ontologies constitue l'une des bases les plus importantes de l'approche de l'apprentissage en ligne basant sur le Web sémantique.

Le contenu d'apprentissage est sémantiquement annoté et peut être facilement combiné avec un autre contenu afin de reproduire des nouvelles ressources d'apprentissage qui s'adaptent bien aux préférences, styles et connaissances des différents utilisateurs. L'ontologie offre de façon spécifique une sémantique très riche pour annoter et représenter les ressources d'apprentissage et par la suite, peut aider à améliorer la précision lors de la recherche de ces ressources, en évitant les ambiguïtés au niveau terminologique et en permettant des inférences afin d'augmenter la pertinence de la recherche.

L'idée principale du Web Sémantique (un contenu compréhensible par les machines, un sens commun et un vocabulaire partagé, etc.) semble très appropriée pour répondre aux nouveaux besoins d'un environnement d'apprentissage en ligne à savoir :

a) ***Le besoin de partage***

Lors de la création du contenu d'apprentissage, une très forte possibilité que deux utilisateurs distincts expriment et annotent différemment le même concept est très probable, de ce fait chacun peut fournir un même contenu, mais chacun peut l'exprimer différemment en utilisant des termes différents. Par exemple, le premier utilisateur peut employer le terme "*orienté-objet*" alors que le deuxième utilise le terme "*po*" pour marquer la même ressource d'apprentissage abordant la programmation orientée objet. Lors de l'accès et la recherche de contenu par un utilisateur, il existe un vrai problème qui concerne les termes à utiliser pour faire la recherche des ressources d'apprentissage. Le système n'est pas en mesure de répondre à la requête de l'utilisateur, sauf si et seulement si les mots-clés utilisés par l'utilisateur correspondent exactement aux mots-clés qui annotent le contenu voulu par l'utilisateur, c'est là que réside l'importance de s'appuyer sur les techniques du Web sémantique afin de diminuer l'ambiguïté des termes utilisés. C'est ce que nous proposons de faire dans SoLearn.

b) ***Le besoin d'un vocabulaire commun***

La construction de l'ontologie se fait par la voie d'un consentement et représente ainsi la compréhension partagée a priori d'un groupe des enseignants, des pédagogues, des experts en éducation, etc., sur un domaine spécifique comme la formation en ligne, afin que tout le monde puisse participer à la création du vocabulaire commun représenté par l'ontologie.

c) ***Le besoin de réutilisation des ressources d'apprentissage***

Face à la grande quantité des ressources d'apprentissage disponibles sur le web, peu de ressources sont réutilisables. Par conséquent, la recherche et la sélection des fragments de texte, des figures et des exercices pertinents à partir des ressources et de les réutiliser dans la

composition d'une nouvelle ressource est une tâche très difficile, voire impossible. Par conséquent, il est nécessaire que les concepteurs des documents pédagogiques aient à leur disposition des moyens pour permettre la réutilisation et le partage des ressources d'apprentissage. Aussi, fournir aux créateurs de contenu, des outils d'annotation sémantique et de partage de ressources devient incontournable. C'est ce que nous proposons de faire dans SoLearn.

#### d) *Le besoin d'indexation des ressources d'apprentissage*

Les ressources pédagogiques doivent être indexées selon l'ontologie afin de rendre la réutilisation la plus facile possible en utilisant des modélisations déjà existantes pour construire des cours cohérents à partir d'un ensemble de concepts et pour permettre aussi d'associer aux ressources d'apprentissage un objectif pédagogique, un niveau, une stratégie d'apprentissage, etc. Le processus d'indexation intervient dans plusieurs tâches, par exemple le référencement, la composition dynamique d'objets pédagogiques, etc.

#### **I.4.3. Comment le processus de personnalisation peut bénéficier des outils du Web 3.0?**

Le Web Social sémantique (WSS ou le Web 3.0) représente un nouveau paradigme pour la création, la gestion et le partage des informations grâce à la combinaison des technologies et des approches à partir du Web sémantique et le Web social (Web 2.0). Le web sémantique vise à donner aux informations un sens bien défini, permettant les ordinateurs et les gens à travailler en coopération (Berners-Lee et al. 2001) à travers la définition d'ontologies (Allemang & Hendler, 2011). Alors que, le web social, est une plate-forme pour l'échange social et collaboratif (O'Reilly, 2005) où les utilisateurs se rencontrent, collaborent, interagissent, créent du contenu et partagent des connaissances par le biais des wikis, des blogs, des services photographiques et le partage des vidéos, etc.

Le WSS a été émergé en fusionnant le meilleur de ces deux mondes, en combinant les formats communs pour la définition et la structuration de l'information avec les mécanismes sociaux pour la création et le partage des connaissances (Mikroyannidis 2007). Sur le WSS, la connaissance est socialement créée et son partage conduit à la création de représentations explicites et sémantiquement riches (Gruber, 2008). Ce paradigme a déjà commencé à faire son chemin dans l'e-learning.

#### **I.4.4. Comment intégrer l'intelligence pour fournir aux apprenants des recommandations intelligentes ?**

Le système d'apprentissage doit intégrer l'intelligence qui dirige les apprenants vers les ressources, les collaborateurs et les activités pédagogiques les plus appropriées, il agit comme un système intelligent qui s'adapte mieux aux besoins de ses utilisateurs en fonction de leurs intérêts, leurs préférences et leurs connaissances. Il doit permettre ainsi d'améliorer l'interaction de l'utilisateur avec le système et avec d'autres utilisateurs à travers la découverte des nouvelles connaissances sur les aspects pertinents pour ce dernier grâce à l'utilisation des mécanismes d'inférence du Web sémantique. C'est ce que nous proposons de faire dans SoLearn à travers l'utilisation d'un moteur d'inférence sémantique. D'une manière générale, l'inférence sur le Web sémantique peut être caractérisée par la découverte des nouvelles

relations entre instances. C'est un processus de raisonnement qui s'appuie sur des connaissances acquises et qui s'articule autour de règles fondamentales pour permettre d'obtenir de nouvelles informations. Ces informations supplémentaires peuvent être définies via un vocabulaire, une ontologie ou encore un ensemble de règles, ces approches font appel aux techniques de représentation des connaissances.

#### **1.4.5. Comment est-il possible d'identifier les caractéristiques du style d'apprentissage à partir d'observations du comportement de l'apprenant ?**

Nous avons identifié la relation entre le style d'apprentissage et les actions de l'apprenant qui le détermine. Les informations utilisées pour détecter le style sont obtenues en analysant le modèle de l'apprenant qui est un fichier RDF, ce fichier contient les enregistrements des tâches effectuées par l'apprenant dans le système et sa participation à des activités telles que l'ajout de ressources, de tags, de commentaires, etc. Nous avons montré la relation entre les actions menées par l'apprenant et les caractéristiques préférées qui déterminent le style d'apprentissage selon le modèle MBTI. Donc, nous avons pu estimer le style de l'apprenant en observant ses actions qui déterminent son comportement, c.-à-d. quand nous trouvons les actions qui caractérisent un style particulier dans le modèle d'un tel apprenant, nous pouvons savoir facilement quel style d'apprentissage est le plus dominant.

#### **1.4.6. Comment pouvons-nous produire la personnalisation à la lumière de ce qui précède?**

Cela a été adressé par le développement d'un module qui permet d'estimer automatiquement le style d'apprentissage pour décider la stratégie d'apprentissage la plus adéquate et le meilleur contenu à proposer à l'apprenant, nous avons proposé deux méthodes, la première est une méthode statique basée sur l'utilisation de la distance cosinus, alors que la deuxième est une méthode probabiliste basée sur l'utilisation d'un modèle de réseaux bayésien, noté que les deux méthodes sont soutenues par l'utilisation des règles d'inférence sémantique.

Une étape nécessaire avant la détection et l'estimation automatique du style d'apprentissage est l'identification des paramètres affectant le comportement de l'apprenant pendant l'utilisation du système. Dans notre travail, ces paramètres sont représentés par des variables qui déterminent: les médias pédagogiques, le score obtenu, les objectifs d'apprentissage, les activités pédagogiques, etc. Les variables sont définies par deux types: les variables *explicites* (directement observées sur le système) et les variables *implicites* (définies par l'inférence sémantique).

Une fois le style d'apprentissage d'un apprenant est identifié, le système met automatiquement en œuvre la personnalisation en offrant des recommandations et des objets d'apprentissage qui correspondent à son style d'apprentissage détecté. SoLearn utilise les informations contenues dans le profil de l'apprenant et son niveau afin de lui recommander les entités appropriées à son profil et les actions à effectuer pour atteindre les objectifs visés de sorte à mieux personnaliser son apprentissage.

## **I.5. Plan de lecture de la thèse**

Pour faciliter la lecture de cette thèse, nous l'avons divisé en 03 grandes parties.

1. La première partie est consacrée à l'état de l'art et les travaux reliés. Il présente une vue d'ensemble sur le domaine de recherche, elle aborde divers concepts sur les environnements d'apprentissage en ligne et elle donne des définitions et des approches théoriques de la personnalisation dans les environnements d'apprentissage.
2. La deuxième partie décrit la conception de SoLearn, où nous avons présenté les outils et les techniques utilisés pour la représentation des connaissances et l'approche de personnalisation.
3. La troisième partie est consacrée à l'implémentation et l'évaluation de SoLearn.

Nous donnons dans ce qui suit une description détaillée de ces trois parties.

### **I.5.1. Partie 01 : Etat de l'Art & Tavaux Connexes**

La partie 01 se compose de deux chapitres :

- Le premier chapitre : "*L'apprentissage en ligne et le Web*" donne un aperçu sur la collaboration, ses enjeux, ses conditions d'existence, ses motivations, ses orientations et le travail collaboratif ; elle donne aussi un aperçu global sur l'apprentissage en ligne en mettant l'accent sur les différentes théories, les phases et les types d'apprentissage et surtout l'apprentissage électronique. Il donne une vue d'ensemble sur les étapes qui caractérisent l'évolution du Web, du web 1.0 (le web classique) passant par le web 2.0 (le web participatif, où nous nous concentrons sur la présentation des médias et des réseaux sociaux) jusqu'au le web 3.0 (où nous mettons l'accent sur le web sémantique et ses différents langages et outils de représentation de connaissance). Il présente aussi, les étapes de développement de l'apprentissage en ligne, qui avaient une forte relation avec le développement du web, où nous avons présenté les caractéristiques de chaque étape : l'e-learning 1.0, l'e-learning 2.0 et l'e-learning 3.0.
- Le deuxième chapitre "*La Personnalisation de l'apprentissage*" donne un aperçu sur les concepts et les principes d'un environnement d'apprentissage personnalisé (EAP), les types de personnalisation, les différentes méthodes de personnalisation (où nous avons mis l'accent sur l'utilisation des techniques du web social sémantique et les styles d'apprentissage). Il présente aussi les travaux et les systèmes qui implémentent les différents outils, approches et technologies présentés dans cette thèse.

### **I.5.2. Partie 02 : La conception de SoLearn**

La partie 02 se compose de deux chapitres :

- Le troisième chapitre décrit la représentation de connaissance dans SoLearn, où nous avons mis l'accent sur l'ontologie proposée avec ses concepts, ses propriétés et la méthode de sa conception ; nous avons aussi donné une représentation détaillée de la modélisation des connaissances du système, la modélisation des apprenants et la modélisation de l'approche pédagogique.

- Le quatrième chapitre décrit comment exploiter la richesse de connaissance présentée dans le deuxième chapitre afin de fournir aux apprenants la meilleure personnalisation. À cet effet, nous avons donné un aperçu sur l'utilisation des techniques du web social sémantique pour ajuster le modèle de l'apprenant, pour améliorer la recommandation (à travers l'utilisation d'un ensemble des règles d'inférence sémantique) et pour la détection des communautés d'apprentissage. Ensuite, nous avons mis le point sur la correspondance entre le comportement des apprenants et les styles d'apprentissage ; le modèle d'estimation du style d'apprentissage ; la personnalisation basée sur le style détecté et quelques scénarios d'utilisation de l'environnement SoLearn.

### **I.5.3. Partie 03 : L'implémentation et l'évaluation de SoLearn**

La partie 03 se compose de deux chapitres :

- Le cinquième chapitre présente la mise en application des différents concepts que nous avons vus dans les chapitres précédents pour la réalisation proprement dite de SoLearn. Nous avons premièrement présenté les outils que nous avons utilisés pour développer le système, ensuite nous avons présenté ses interfaces et ses fonctionnalités.
- Le sixième chapitre décrit l'expérimentation que nous avons effectuée pour tester l'utilisabilité de notre environnement SoLearn et voir d'une part est-ce que les aspects du web sémantique social ont un effet positif sur la qualité du processus de personnalisation, et d'autre part, est-ce qu'il ya une relation entre le style d'apprentissage (identifié automatiquement par les techniques de WSS) et le comportement de l'apprenant.

Nous terminerons cette thèse par une conclusion générale, mettant l'accent sur nos contributions majeures et les résultats obtenus. Enfin, nous exposons quelques perspectives de notre travail.

---

# **Partie I**

## **Etat de l'Art & Travaux Connexes**

## - Chapitre 1 -

# L'Apprentissage en Ligne et le Web

“ *L'apprentissage ressemble à l'horizon : il n'y a pas de limite* ”

*Sagesse Chinoise*

# I. La collaboration & l'apprentissage en ligne

---

<b>I. LA COLLABORATION &amp; L'APPRENTISSAGE EN LIGNE .....</b>	<b>14</b>
I.1. INTRODUCTION .....	15
I.2. LA COLLABORATION .....	15
I.3. L'APPRENTISSAGE EN LIGNE.....	20
<b>II. L'EVOLUTION DU WEB ET SES IMPLICATIONS SUR L'E-LEARNING .....</b>	<b>28</b>
II.1. WEB 1.0 - LE WEB D'INFORMATION .....	28
II.2. LE WEB 2.0 – LE WEB DE CONNEXIONS.....	29
II.3. LE WEB 3.0 – LE WEB DE CONNAISSANCES .....	38

---

---

## I.1. Introduction

La collaboration est l'une des caractéristiques les plus importantes qui ont modifié la vie des humains depuis l'aube de l'histoire jusqu'à nos jours. La pratique en collaboration est désormais au cœur de la façon dont nous travaillons, pour fournir des services et produire des innovations. La collaboration se réfère généralement à des individus ou des organisations qui travaillent ensemble pour résoudre les problèmes et de produire des résultats qui ne sont pas facilement ou efficacement atteints en travaillant seul. Les relations de collaboration sont attrayantes pour les organisations, car les synergies réalisées en combinant les efforts et l'expertise produisent des avantages supérieurs à ceux obtenus par l'effort individuel.

La collaboration a vécu plusieurs développements et plusieurs changements de paradigmes à travers les âges. Dans ces dernières années et avec l'expansion de l'informatique et les nouvelles techniques de la communication, nous avons assisté à un rapide et un grand développement dans les manières et les outils qui soutiennent la collaboration entre les communautés. De ce fait, plusieurs chercheurs ont entamé une nouvelle recherche autour de l'utilisation de l'ordinateur comme un moyen pour soutenir et assister la collaboration, ce qu'il amène la naissance d'un domaine de recherche appelé le travail collaboratif assisté par ordinateur. Un travail, quelle que soit sa nature, ne peut pas s'achever sans apprendre quelque chose. Sur cette base et avec le développement des théories de l'apprentissage, un nouveau domaine a vu le jour, il s'agit de l'apprentissage en ligne.

Nous présentons dans cette section, un aperçu global sur la collaboration, ses enjeux et conditions d'existence, ses motivations et orientations et le travail collaboratif ; nous donnons aussi une vue d'ensemble sur l'apprentissage en ligne en mettant l'accent sur les différentes théories, les phases et les types d'apprentissage et surtout l'apprentissage électronique.

## I.2. La collaboration

La collaboration est un processus par lequel deux ou plusieurs personnes travaillent ensemble pour atteindre un objectif commun. Dans la littérature plusieurs définitions de la collaboration sont données, nous pouvons citer à titre d'exemple : la définition de Robidoux (Robidoux, 2007), où il l'a défini comme : *"le lieu de structuration d'une action collective qui réunit des membres d'au moins deux groupes autour d'un but commun, à travers un processus de communication, de décision, d'intervention et d'apprentissage, ce processus étant dynamique, évolutif et complexe"*. La définition de Bardach (Bardach, 1998), où il l'a défini comme *"toute activité conjointe de deux ou plusieurs organismes qui vise à accroître la valeur publique en travaillant ensemble plutôt que séparément"*, alors que Gray l'a défini comme *"un mécanisme par lequel un nouvel ordre négocié émerge parmi un ensemble de parties prenantes"* (Gray, 1989).

Ces conceptualisations soulignent plusieurs points (Sullivan et al., 2007):

- La collaboration implique des stratégies élaborées collectivement pour répondre aux confusions de l'environnement;
- La collaboration tend à être imprécise, émergente, avec de caractère d'exploration et de développement.
- La collaboration sert comme un mécanisme quasi-institutionnel pour loger différents

---

intérêts dans la société et pour coordonner les relations inter organisationnelles.

- La collaboration sert comme un véhicule pour l'apprentissage d'action impliquant des processus de recadrage ou de définition du domaine du problème.

### **I.2.1. Enjeux et conditions d'existence de la collaboration**

Les enjeux qui permettent de déterminer les conditions d'existence de la collaboration représentent à la fois des sources d'information et de conflit, le fait que la diversité des points de vue (individus et groupes différents) qui constitue l'essence même de la collaboration est aussi le plus grand obstacle qu'elle rencontre (Robidoux, 2007) :

#### **a) *Enjeux interactionnels liés aux groupes***

L'objectif primordial de la collaboration est de mettre en relation les membres d'un groupe d'au moins deux individus. Les groupes généralement se présentent comme des structures compétitives, même leurs fonctions semblent complémentaires. Différents systèmes participent à l'alimentation de cet état de fait, le système social par exemple entrave la collaboration, le fait que les différences de pouvoir des individus trouvent leur origine dans ce système (Lindeke & Block, 2007). Le système culturel aussi inhibe le développement de la collaboration lorsque certaines perceptions mènent à des valeurs tellement profondes (ex. : autonomie, leadership, etc.) qu'elles sont en contradiction avec l'esprit même de la collaboration (Mariano, 1989). Quant au système professionnel, basé sur l'autorité et le pouvoir, il va à l'encontre du concept de la collaboration (D'Amour, 1997) le cas où elle dépende de la reconnaissance de l'interdépendance et des zones de chevauchement entre les groupes (Henneman et al., 1995 ;Mariano, 1989).

Robidoux constate que la reconnaissance de l'identité, les compétences et les territoires des groupes présentent un rôle important dans la dynamique de la collaboration (Robidoux, 2007). Nolan (Nolan, 1995) considère que les territoires ne représentent pas l'une des caractéristiques principales de la collaboration : "*celle-ci bien que ne niant pas l'importance de compétences spécifiques, tend à brouiller les territoires et requièrent la confiance, la tolérance et la volonté à partager la responsabilité*".

#### **b) *Enjeux interactionnels liés aux individus et à la dynamique de groupe***

La création d'un groupe ou d'une équipe pour le souci de la collaboration représente initialement une expérience de relations. Cette expérience est faite de caractères personnels comme la volonté à travailler en collaboration et l'ouverture envers les autres, et de caractères interactionnels comme la qualité des relations interpersonnelles, la communication, le conflit ou le leadership. Pour certains auteurs, la volonté à collaborer représente un facteur très indispensable pour mettre en place une pratique collaborative. Celle-ci dépend sur des expériences similaires antérieures et de la maturité de l'individu (Henneman et al., 1995).

Plusieurs chercheurs notent que la base de toute forme de coopération et de fonctionnement en équipe au sein d'un groupe est la communication (D'Amour et al., 1999). Le degré de collaboration est influencé notamment par la communication du fait qu'elle décrit d'autres facteurs importants comme le respect mutuel et le partage (Henneman et al., 1995).

#### **c) *Enjeux organisationnels et conditions d'existence***

---

Les interactions entre les membres du groupe constituent l'aspect le plus tangible de la vie du groupe de collaboration (D'Amour & Oandasan, 2004). Les facteurs organisationnels aussi entraînent une influence déterminante sur le groupe de collaboration et sur ses résultats, notamment en termes de ressources adéquates pour maintenir le travail du groupe et la gestion des ressources humaines (Nolte & Tremblay, 2005). Tout ce qui a des relations avec les jeux de pouvoir entre groupes (ex. : les compétences, l'identité, les capacités, etc.) tant aux questions de la vie de groupe (ex. : le respect mutuel, la cohésion, la confiance, le leadership, le conflit de rôles, l'exclusion, le contrôle, etc.) devient nécessairement des enjeux sensibles en situation de collaboration (Drotar, 2002).

La collaboration est un processus dynamique comme tout processus humain, à cause de la pluralité de facteurs en question; c'est pourquoi elle nécessite des conditions existentielles de mise en œuvre. Par exemple, l'essentiel de la collaboration réside dans l'existence d'un but commun authentique. Donc il est clairement facile de déduire que les individus qu'ils ne sont pas motivés par l'appartenance à ce but commun ne participeront pas à la vitalité du groupe, même certains individus peuvent devenir des obstacles au processus de collaboration. Pour avoir une meilleure collaboration dans le groupe, les participants doivent se sentir plus compétents et productifs ensemble que chacun de leur côté, pour cela, de réelles aptitudes doivent faire partie de la mise en commun. En fait, sans la compétence et la volonté de collaboration, le travail en commun a peu de chance d'atteindre le niveau de la collaboration souhaitée (Sullivan et al. 2013).

### **I.2.2. Pourquoi collaborer? Motivations et orientations**

L'engagement dans une conduite de collaboration est clairement observé au niveau individuel tant au niveau organisationnel. Les différentes motivations sont générées par des individus à l'intérieur des groupes et équipes de travail et par l'influence des facteurs de l'environnement extérieur. Les individus cherchent à inciter des formes de comportement coopératif pour des raisons personnelles, professionnelles ou en relation avec le travail. Plusieurs chercheurs considèrent que l'échange et le partage des ressources peuvent jouer un rôle très important pour promouvoir la collaboration (Williams & Sullivan, 2007).

Les motivations peuvent changer au fil du temps étant donné les expériences de travail conjoint et l'évolution des contextes et des attentes. Par exemple, Clarke et Stewart affirment que la collaboration est motivée par (Clarke & Stewart, 1997):

- La nécessité de concevoir de nouvelles relations avec des personnes et des communautés, et de formuler des moyens efficaces de s'engager avec eux;
- Le désir de donner une expression à la direction de la communauté;
- La nécessité d'offrir des services coordonnés en raison de la diversité des équipes de travail;
- Echanger et améliorer les nouvelles ressources ;
- Stimuler la création des approches plus créatives pour la résolution des problèmes;
- Harmoniser les services fournis par tous les partenaires avec les besoins des utilisateurs;
- Influencer le comportement des partenaires qu'aucun individu ne pourrait atteindre l'objectif tout seul;
- Gain des ressources, du temps et d'information ;
- Possibilité de la gestion de l'incertitude, résoudre les problèmes invisibles et

- 
- complexes dus à la diversité des opinions ;
  - La possibilité de la spécialisation et la capacité de se débrouiller aux concurrents ;
  - Gain de soutien mutuel, une synergie de groupe et des relations de travail harmonieuses.

Des conditions nécessaires sont requises pour avoir une collaboration efficace. Par exemple, des chercheurs énoncent les conditions suivantes (Betbeder, 2003):

- L'interdépendance positive : chaque membre du groupe doit percevoir qu'il doit coordonner ses efforts avec ceux des autres pour accomplir la tâche et que celle-ci ne sera pas réalisée sans la synergie de tous les membres.
- La responsabilité personnelle : chaque membre du groupe doit réaliser ses tâches et rendre le travail des autres le plus facile possible.
- Les habiletés sociales : les membres doivent créer des liens pour se connaître et pour créer une confiance mutuelle, ils doivent connaître comment communiquer correctement, accepter les autres, et savoir comment trouver des solutions constructives aux différents conflits.
- La responsabilité de groupe : les membres du groupe doivent mettre l'emphase sur la façon de bon fonctionnement du groupe et l'amélioration du processus de travail.

### **I.2.3. Le travail collaboratif**

Le travail est habituellement de nature collaborative, c'est-à-dire qu'il fait impliquer plusieurs personnes pour accomplir les tâches qui visent à atteindre un but commun. Le concept de travail collaboratif désigne un travail qui n'est plus conçu sur l'organisation traditionnelle hiérarchisée (Chef-Subalterne), et plus particulièrement un nouveau mode de travail où plusieurs personnes collaborent en faveur des technologies de l'information et de la communication. Les nouveaux outils permettent de maximiser la créativité et l'efficacité de groupes même s'ils sont très dispersés dans l'espace et le temps.

Les chercheurs souvent faire la différenciation entre le travail coopératif et le travail collaboratif. Pour la plupart d'eux, le premier désigne une division du travail dans laquelle chaque individu est censé de réaliser une partie de la résolution du problème, alors que le deuxième implique un engagement mutuel des individus dans un effort coordonné pour résoudre le problème collectivement (Dillenbourg, 1999a). La distinction entre la collaboration et la coopération ne dépend pas donc de la distribution ou non des tâches, mais c'est la façon dont elle est divisée. Dans la coopération, la tâche est divisée en sous-tâches spécifiques indépendantes et l'organisation de celles-ci ne sera importante qu'à la fin de l'opération, la collaboration nécessite une synchronisation et une coordination palpables de façon à créer et à maintenir une conception partagée du problème (Roschelle & Teasley, 1995).

Les chercheurs s'accordent sur le principe que la coopération est la réalisation d'une tâche commune par une division des tâches à réaliser entre les membres du groupe. Tandis que la collaboration est la réalisation ensemble d'une tâche commune sans division des tâches (Lafifi, 2007).

Dans cette thèse, nous désignons par le terme "collaboration" les deux sens, le fait que dans notre approche, nous trouvons tous les modes du travail, soit les utilisateurs se coopèrent pour résoudre un problème commun, où il y a une distribution des tâches (chaque agent effectue

---

une tâche spécifique), ou bien quand ils collaborent pour réaliser ensemble une tâche en commun.

Plusieurs chercheurs ont montré les avantages du travail collaboratif sur l'amélioration du processus cognitif des acteurs engagés dans la situation de collaboration (Lafifi, 2007). Nous pouvons citer à titre d'exemple:

- Favoriser le partage et l'échange des connaissances et des expériences entre les partenaires.
- Créer et promouvoir les relations interpersonnelles.
- Diminuer les coûts en accélérant la prise de décision.
- Gagner du temps en évitant de recréer ou de reconstituer les documents ou les procédures déjà existants.
- Renforcer la productivité des individus.
- Améliorer l'autonomie des équipes.
- Capitaliser les connaissances et les expertises.
- Augmenter la possibilité de trouver une solution plus rapidement.
- Augmenter l'accès immédiat et simultané aux informations nécessaires.
- La construction du savoir des équipes, la valorisation de leur savoir-faire et de la mémoire collective.

Un travail, quelle que soit sa nature (individuelle ou collaborative), ne devrait pas s'achever sans apprendre quelque chose, sur ce principe un nouveau domaine de recherche a vu le jour, il s'agit de l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur (ACAO). Dans les parties qui suivent, nous nous intéressons à appliquer les principes de la collaboration sur l'apprentissage humain, le fait que le travail collaboratif est l'une des dimensions importantes de l'apprentissage en ligne.

---

---

### I.3. L'apprentissage en ligne

L'apprentissage est un mécanisme imperceptible de réorganisation des structures cognitives. Ce processus limité, visant à avoir de nouvelles connaissances, de savoir-faire, d'attitudes ou à modifier des acquis précédents, ce qui amène à un changement permanent des comportements afin de s'adapter à soi-même et à son environnement (Tuomi, 2005).

Les termes employés dans la littérature pour définir l'apprentissage en ligne sont variés, il est décrit par : l'apprentissage électronique, l'apprentissage par internet, l'apprentissage distribué, l'apprentissage en réseau, le téléapprentissage, l'apprentissage virtuel, l'apprentissage assisté par ordinateur, l'apprentissage basé sur le Web, l'apprentissage à distance et l'e-learning. Tous ces termes supposent que l'apprenant se trouve éloigné du tuteur ou de l'instructeur et que l'apprenant utilise un support technologique (un ordinateur généralement) afin d'accéder au matériel d'apprentissage et pour interagir avec le tuteur ou l'instructeur et avec les autres apprenants (Ally, 2004).

#### I.3.1. Définition de l'apprentissage

Plusieurs définitions de l'apprentissage en ligne sont présentées dans la littérature, elles se différencient selon la pratique et les technologies utilisées. Nous trouvons à titre d'exemple :

Dans le dictionnaire de Psychologie (Sillamy, 1999) l'apprentissage est défini comme : "*un changement adaptatif observé dans le comportement de l'organisme. Il résulte de l'interaction de celui-ci avec le milieu. Il est indissociable de la maturation physiologique et de l'éducation*". Pour Carliner (Carliner, 1999) l'apprentissage en ligne est : "*le matériel pédagogique présenté sur un ordinateur*". Khan (Khan, 1997) définit l'instruction en ligne comme "*une approche innovatrice de prestation de l'instruction à l'intention d'un public à distance, utilisant le Web comme média*". Ally définit le concept comme suit (Ally, 2002): "*L'utilisation de l'internet pour accéder au matériel d'apprentissage; pour interagir avec le contenu, avec l'instructeur et avec les autres apprenants; et pour obtenir du soutien au cours du processus d'apprentissage, pour acquérir des connaissances, pour construire une signification personnelle, et pour tirer bénéfice de l'expérience d'apprentissage*". Tuomi (Tuomi, 2005) a défini l'apprentissage comme : "*l'acquisition de nouveaux savoirs ou savoir-faire, c'est-à-dire le processus d'acquisition de connaissances, compétences, attitudes ou valeurs, par l'étude, l'expérience ou l'enseignement*". Kelly (Kelly, 2004) a donné cette définition : "*l'apprentissage est vu comme la mise en relation entre un événement provoqué par l'extérieur (stimulus) et une réaction adéquate du sujet, qui cause un changement de comportement qui est persistant, mesurable, et spécifique ou permet à l'individu de formuler une nouvelle construction mentale ou réviser une construction mentale préalable*". Chantal D'Halluin précise que (D'Halluin, & Loonis, 1999): "*l'apprentissage se réalise dans une situation dans laquelle deux ou plusieurs personnes communiquent en utilisant des formes d'interaction particulières qui peuvent conduire à la stimulation de certains mécanismes d'apprentissage*".

---

### I.3.2. Phases de l'apprentissage

Les phases de l'apprentissage représentent les étapes successives qu'un individu doit passer pour voir un apprentissage complet et continu. Les étapes de l'apprentissage sont ("Phases de l'apprentissage", n.d.):

1. **L'acquisition** : consiste à motiver un individu d'apprendre un comportement ou une habileté qui n'est pas dans son système comportemental (Malcuit et al., 1995).
2. **L'aisance** : se traduit par une émission facile et rapide du comportement acquis.
3. **La rétention** : vérifie si la performance comportementale reste la même après l'absence d'incitation des périodes de pratique.
4. **La résistance** : vérifie si l'individu peut réagir en émettant le comportement en situations adverses (Malcuit et al., 1995).
5. **Le transfert**: Consiste à vérifier la généralisation du comportement acquis dans le temps et dans l'espace.
6. **L'application** : se traduit par la projection d'un comportement dans un nouveau opérant réciproquement à celui apparu dans la situation d'apprentissage de démarrage.

### I.3.3. Les théories d'apprentissage

Le terme "théorie de l'apprentissage" suggère quelque chose qui peut nous aider à réfléchir sur comment et pourquoi le changement (en apprentissage) arrive (Smith et al., 1999) .La littérature sur les systèmes d'apprentissage en ligne offre plusieurs théories d'apprentissage. Les théories de l'apprentissage peuvent faciliter les choix pédagogiques, le fait qu'elles analysent les situations favorisant l'apprentissage des apprenants. Nous nous intéresserons aux grandes principales théories: *le behaviorisme*, *le constructivisme*, *l'apprentissage cognitif*, *le socio-constructivisme* et la nouvelle théorie de *connectivisme*. Au cœur de chacune se diffère l'importance donnée au sujet et aux situations pendant le changement et/ou la construction de comportement. Nous allons présenter ces théories en mettant l'accent sur les points de différences, d'analogies et les points de débat.

Les systèmes classiques d'apprentissage assisté par ordinateur étaient conçus sur la base de l'approche *behavioriste*, où cette dernière a été influencée par Thorndike (Thorndike, 1913), Pavlov (Pavlov & Anrep, 2003) et Skinner (Skinner, 1974), où ils ont postulé que : "*l'apprentissage est un changement du comportement observable causé par des stimuli externes dans l'environnement*" (Skinner, 1974). Les behavioristes assurent que le comportement observable ne concerne pas ce qui se passe dans la tête de l'apprenant, mais il indique si l'apprenant a appris ou non quelque chose. En revanche, des chercheurs affirment qu'il n'est pas possible d'observer tout apprentissage et que l'apprentissage en soi est plus qu'une modification de comportement. Après cette remise en cause, la théorie de l'apprentissage *cognitif* a été émergée.

La psychologie cognitive suppose que l'apprentissage comprend l'emploi de la mémoire, de la motivation et de la pensée, et que la réflexion est considérée comme l'un des rôles le plus importants dans l'apprentissage. Les théoriciens de la théorie cognitifs affirment que l'apprentissage est vu comme un processus interne et supposent que la quantité apprise dépend de la capacité d'apprentissage de l'apprenant, de la quantité d'effort fournie au cours

---

du processus d'apprentissage, du fond de traitement ( Craik & Tulving, 1975) et de la structure de connaissances de l'apprenant (Ausubel, 1974).

Par la suite et sur la base des inconvénients de la théorie cognitive, la théorie de l'apprentissage *constructiviste* a vu le jour. Selon les théoriciens de cette théorie, les apprenants interprètent l'information selon la perception personnelle de leur vérité, ils apprennent par observation, traitement et interprétation, ensuite ils personnalisent l'information selon leurs connaissances personnelles (Cooper, 1993; Wilson, 1997). Les apprenants apprennent beaucoup mieux quand ils arrivent à contextualiser ce qu'ils apprennent et le mettre en application immédiate et y trouver une signification personnelle.

La théorie de l'apprentissage constructiviste a été orientée vers la théorie de socio-constructivisme. Cette dernière est une théorie qui soutient la dimension relationnelle de l'apprentissage, affectée en partie par le constructivisme, le socio-constructivisme consiste à ajouter la dimension de contact avec les autres pour la construction de la connaissance. Inspirée des travaux de Bandura (Bandura, 1986), le socio-constructivisme critique quelques fondements du cognitivisme (basés sur des mécanismes individuels) et intègre les dimensions sociales dans la formation.

La construction de connaissance, même personnelle, s'effectue dans un cadre social. Les informations sont en lien avec l'entourage social, le contexte culturel et proviennent à la fois de notre pensée et des interactions des autres (Doise & Mugny, 1981). En pédagogie, l'apprenant développe ses compréhensions de la réalité par la comparaison de ses perceptions avec celles de ses collaborateurs et celles du professeur. La figure 1 résume l'évolution des théories d'apprentissage.

Sur les limites du behaviorisme, du cognitivisme, du constructivisme et du socio-constructivisme et face à l'utilisation intensive des technologies du web 2.0 dans l'enseignement, le terme *connectivisme* a été proposé et il a commencé à prendre un grand intérêt par les chercheurs ces derniers temps. Le connectivisme souligne une nouvelle approche éducative qui s'adapterait à la formation en ligne. Développé par George Siemens et Stephen Downes, le connectivisme traite le processus de l'apprentissage à l'âge du digital et dans un monde connecté en réseaux (Downes, 2007a; Siemens, 2004). Un principe du connectivisme est l'utilisation d'un réseau composé de nœuds et de connexions comme noyau principal de l'apprentissage (Duplâa & Talaat, 2012). Sur cette base, un nœud peut être une information, une donnée, un sentiment, une image ou une simulation. L'apprentissage est le résultat du processus de connexions entre les hommes, les machines et entre les différents domaines de savoirs.

#### a) *Le connectivisme*

Selon Siemens, le connectivisme est le résultat de l'intégration des principes issus des théories du chaos, du réseau, de la complexité et de l'auto-organisation. Actuellement, l'apprentissage n'est pas sous le contrôle de l'apprenant en raison de la grande expansion de l'utilisation de l'information. Les apprenants doivent être en mesure de savoir comment apprendre et apprécier la nouvelle information et comment négliger ce qu'ils ont appris dans le passé (Siemens, 2005). Ils doivent comprendre que tout ce qui doit être appris se change régulièrement. Et comme dernièrement les machines deviennent intelligentes, Siemens

sollicite que l'apprentissage doit être présent à l'intérieur des machines. Certaines connaissances se trouvent dans les machines, et d'autres seront dans les cerveaux des humains. Le défi des concepteurs des environnements d'apprentissage amélioré est donc d'identifier comment concevoir des nouvelles méthodes d'enseignement à la fois pour les machines et pour les êtres humains, et de répondre à la question de comment les deux peuvent interagir ensemble (Siemens, 2004).

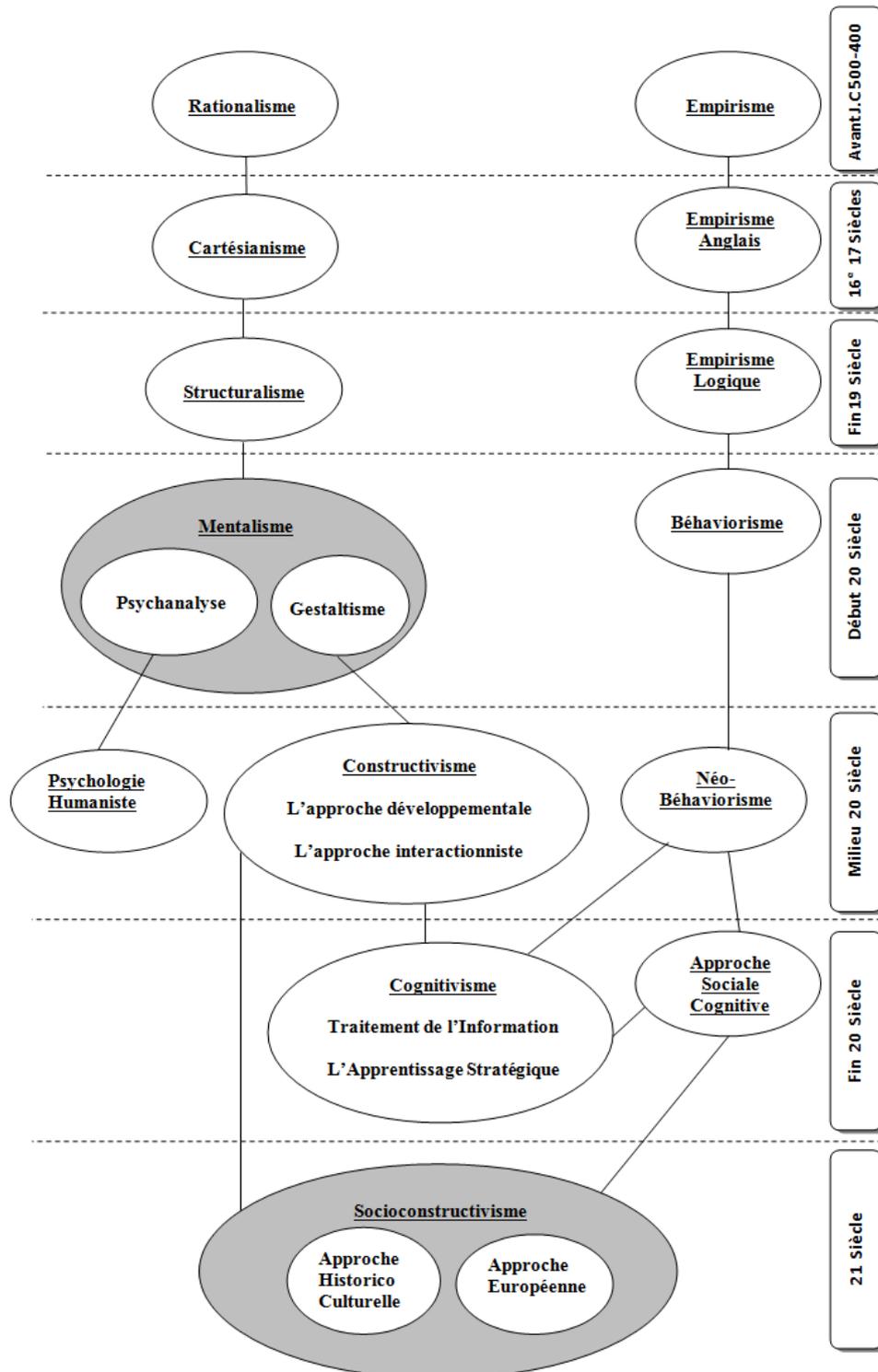


Figure. 1. Historique et évolution des théories de l'apprentissage (Adaptée de Minier, 2003)

### a.1. Définition du connectivisme

Le connectivisme présente l'apprentissage comme des connexions reliant les apprenants à des nœuds sur un réseau; ce qui propose que le savoir ne soit pas stocké à un endroit unique, mais qu'il est plutôt un assemblage d'informations provenant de plusieurs sources de connaissances, qui se caractérisent par le fait de posséder un intérêt commun et se produisent des feedbacks entre eux. Le connectivisme souligne le fait que la capacité de recherche de l'information courante et la capacité de filtrage de l'information secondaire et extérieure représentent deux des compétences importantes qui contribuent à l'efficacité de l'apprentissage (Siemens, 2005).

Guité le définit aussi comme (Guité, 2004): "Un modèle d'apprentissage qui reconnaît les bouleversements sociaux occasionnés par les nouvelles technologies, lesquels font en sorte que l'apprentissage n'est plus seulement une activité individualiste et interne, mais est aussi fonction de l'entourage et des outils de communication dont on dispose".

L'appellation "*connectivisme*" a été émergée après que les chercheurs sont arrivés à la nécessité d'adopter une nouvelle méthode qui prend en considération les contributions des utilisateurs dans les médias sociaux (comme les réseaux sociaux, les blogs, les wikis, etc.) pour le processus d'apprentissages. Ce terme a conduit à définir les connaissances distribuées ou "*connectives*" (Salomon, 1997) où Downes (Downes, 2005) a donné une définition de ce type de connaissance comme suit: "*Distributed knowledge adds a third major category to this domain, knowledge that could be described as connective. A property of one entity must lead to or become a property of another entity in order for them to be considered connected; the knowledge that results from such connections is connective knowledge*" cela veut dire qu'une propriété d'une entité doit conduire à devenir une propriété d'une autre entité afin qu'elles soient considérées connectées, donc la connaissance résultante de ces connexions est la connaissance distribuée. La figure 2 présente le principe de la théorie de connectivisme.

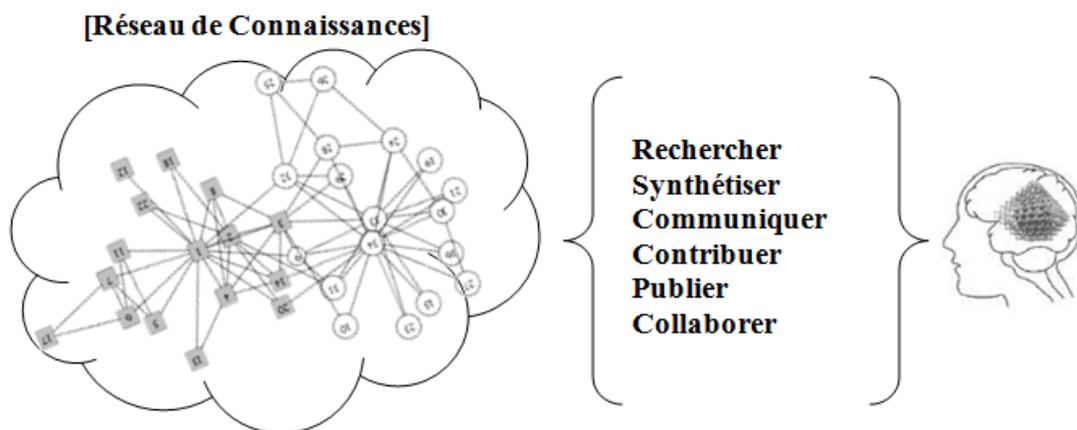


Figure. 2. Principe de connectivisme (Adaptée de Siemens, 2005).

### a.2. Fondements du connectivisme

Le connectivisme est centré principalement sur l'idée que la connaissance est partagée dans les réseaux. Apprendre c'est le fait de devenir capable de construire les connexions avec ces réseaux. Le savoir n'existe pas auparavant à l'activité de l'apprenant, mais il est construit par lui. Chacun construit une forme différente du savoir, comme résultat de sa propre activité et

---

de son engagement personnel. Mais seul le savoir mise à jour a des significations. C'est pourquoi l'important est de connaître où se trouve l'information pertinente. Le savoir peut aussi se situer en dehors de l'individu: par exemple, dans une machine, dans une communauté, dans un réseau, etc. Le connectivisme montre comment les individus et les organisations apprennent dans un même processus. D'après Downes, le connectivisme postule précisément que la connaissance est la somme des connexions formées par des actions et des expériences (Downes, 2007a).

Siemens définit les huit principes du connectivisme comme suit (Siemens, 2004):

- L'apprentissage et le savoir sont liés à la diversité des opinions et des ressources.
- Apprendre est un processus de mise en relation de contacts ou de sources d'informations spécialisées.
- L'apprentissage peut être généré par des processus non-humains (par exemple, des bases de données contenant les connaissances organisationnelles).
- L'individu doit savoir identifier ses besoins de connaissances à venir afin de mettre en œuvre des bonnes stratégies, d'actionner les bons leviers, etc.
- Le développement et la préservation des contacts établis sont essentiels pour faciliter l'apprentissage tout au long de la vie.
- La capacité à faire des liens entre les domaines de connaissances, les idées et les concepts est très essentielle.
- La valeur des sources de connaissances, leur pertinence et leur actualité sont fondamentales pour toute activité d'apprentissage.
- La prise de décision est un processus d'apprentissage, car elle oblige à s'interroger sur la pertinence et l'actualité de l'information utilisée.

#### **I.3.4. Types d'apprentissage**

Plusieurs types d'apprentissage existent dans la littérature. Ils partagent tous le même objectif, il s'agit de répondre à la question de comment augmenter le niveau cognitif de chaque individu. Mais, ils diffèrent dans la manière d'atteindre cet objectif. Nous présentons dans ce qui suit quelques types de l'apprentissage.

##### **a) *Apprentissage individuel***

L'apprentissage individuel est atteint lorsque chaque apprenant est indépendant et distinct des autres et il implique des compétences et des actifs que les enseignants peuvent transférer à l'apprenant. Ce type d'apprentissage est centré sur l'enseignant, car les enseignants fournissent la plupart des sources d'information, l'assistance, des critiques et les commentaires. Les élèves travaillent seuls et doivent avoir accès aux ressources et aux matériaux. L'évaluation est généralement jugée contre un ensemble de critères et objectifs d'apprentissage pour être bénéfique individuellement (Gordon, 2003).

##### **b) *Apprentissage compétitif***

L'apprentissage compétitif est un type d'apprentissage qui est motivé par la participation à une compétition. Les apprenants dans ce mode d'apprentissage travaillent l'un contre l'autre pour arriver au but qu'un seul apprenant peut l'atteindre. L'apprentissage compétitif pourrait être entre les individus ou entre les groupes. L'Apprentissage compétitif représente généralement une activité extra-scolaire qui peut provoquer l'amélioration du système éducatif (Tabesh, 2008).

---

### c) *Apprentissage collaboratif*

L'apprentissage collaboratif est une situation dans laquelle deux ou plusieurs personnes apprennent ou tentent d'apprendre quelque chose ensemble (Bruffee, 1999). Contrairement à l'apprentissage individuel, les personnes engagées dans l'apprentissage collaboratif capitalisent sur une des ressources et des compétences et les idées de l'autre (en demandant un autre pour l'information, l'évaluation, le suivi d'un autre travail, etc.) (Dillenbourg, 1999b). Plus précisément, l'apprentissage collaboratif est basé sur le modèle où la connaissance est créée dans une population où les membres interagissent activement en partageant des expériences et prennent des rôles d'asymétrie (Chiu, 2000). Autrement dit, l'apprentissage collaboratif se réfère à des méthodologies et des environnements dans lesquels les apprenants se livrent à une tâche commune où chaque individu dépend et est responsable devant l'autre. Ceux-ci comprennent deux conversations en face à face et des discussions informatiques (forums en ligne, chat rooms, etc.) (Chen & Chiu, 2008).

### d) *Apprentissage social*

L'apprentissage social est un apprentissage qui se déroule à une échelle plus large que l'apprentissage individuel ou en groupe, à une échelle sociétale par l'interaction sociale entre pairs. Il peut conduire à un changement dans les attitudes et les comportements. Plus précisément, pour juger qu'un apprentissage est social, il nous faut un processus qui: (1) démontrer qu'un changement dans la compréhension a eu lieu dans les personnes concernées; (2) démontrer que ce changement va au-delà de l'individu et devient situé au sein des unités ou des communautés de pratique sociales plus larges; et (3) se produire à travers les interactions sociales entre les acteurs au sein d'un réseau social (Reed et al., 2010).

### **1.3.5. Apprentissage électronique (e-learning)**

Le terme e-learning désigne l'utilisation de la technologie dans l'enseignement et l'apprentissage, il est donc un sous-ensemble de la technologie éducative. Le «e» signifie électronique (comme par e-mail ou e-commerce) et «learning» c'est la formation (Bjork et al., 2008). Le e-learning est devenu le premier service de formation à distance où il a été largement utilisé pour décrire l'utilisation de la technologie de l'information et de la communication (TIC) dans l'éducation (Tavangarian et al., 2004).

L'e-learning peut se produire dans ou hors la salle de classe. Il peut être synchrone ou asynchrone, le premier type désigne une méthode de formation en temps réel basée sur la parole et l'écoute, dans lequel l'enseignant et les étudiants doivent être connectés en même temps. L'apprenant entre en contact avec son instructeur et ses collaborateurs de sa classe virtuelle par le biais des applications à savoir la vision-conférence. Les apprenants connectés posent leurs questions et leurs enseignants les répondent immédiatement en temps réel. Tandis que le deuxième type désigne une méthode de formation en temps différé qui permet à l'apprenant d'accéder au contenu de la formation comme il veut et autant de fois qu'il le désire. Le dialogue entre les formateurs et les apprenants peut se faire via les wikis, les e-mails, la messagerie instantanée et les forums de discussion.

L'e-learning est adapté à l'apprentissage à distance et en liaison avec l'enseignement en face-à-face, qui est appelé l'apprentissage mixte (blended learning). La technologie éducative est utilisée par les apprenants et les éducateurs dans les maisons, les écoles, les universités et les

entreprises, etc. Il englobe aussi les termes suivants : la technologie d'apprentissage, l'apprentissage multimédia, l'enseignement assisté par ordinateur, la formation basée sur Internet, l'apprentissage flexible, la formation basée sur le Web, l'éducation en ligne, l'apprentissage en ligne, l'enseignement virtuel, le m-learning et l'éducation numérique.

### a) *Principe d'e-learning*

Le principe consiste à fournir aux apprenants la possibilité d'accéder au contenu et de ressources de la formation à partir d'un poste éloigné comme le bureau par exemple, le contenu est enregistré dans un serveur et géré par le Système de Gestion des Cours (SGC). Ce dernier est le noyau du système d'e-learning, c'est le responsable de la gestion des relations entre les apprenants, les enseignants et le contenu présent dans le système. L'apprenant à travers cette plateforme recevra un certain nombre de matériel pédagogique (cours, exemples, exercices, examens, tests, etc.). L'enseignant prend en charge le suivi de ses apprenants, il pourra à tout moment de les assister et les contrôler afin de bien réaliser les objectifs de la formation (Mielnikoff, 2005). La figure 3 présente l'architecture d'un système d'e-learning.

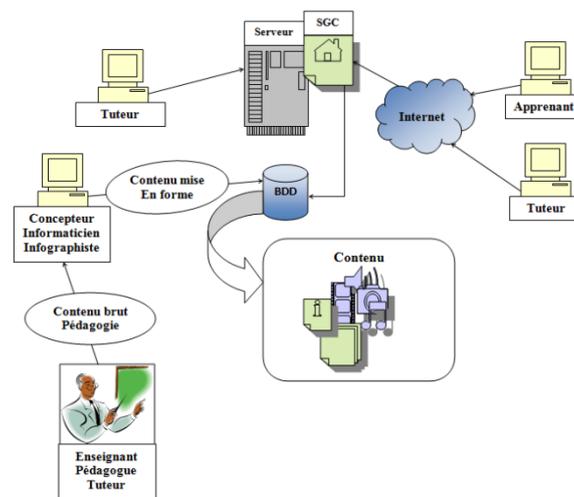


Figure. 3. Architecture d'un système d'e-learning (Adaptée de Mielnikoff, 2005).

### b) *L'évolution d'e-learning:*

Avec l'introduction de l'ordinateur et l'internet à la fin du 20e siècle, des outils d'e-learning et des méthodes de livraison élargissent considérablement. Dans les dernières années du dernier siècle, les individus étaient en mesure de posséder un ordinateur personnel dans leurs maisons, ce qui rend plus facile pour eux de se renseigner sur des sujets particuliers et de développer certaines compétences. Puis, dans la décennie suivante, les environnements d'apprentissage virtuels ont commencé à prospérer véritablement, les gens peuvent accéder facilement à une mine d'informations en ligne et les possibilités d'e-learning. Cette évolution permet d'envisager une plus grande attractivité des contenus des cours proposés et supprime ce qui constituait hier une barrière technologique.

Avant de voir l'évolution d'e-learning, il est très indispensable de passer par une vue d'ensemble sur l'évolution et le développement du Web à travers le temps, ceci ce que nous allons présenter dans la section suivante.

---

## II. L'évolution du Web et ses implications sur l'e-learning

Le web a évolué depuis les premiers jours du projet de ENQUIRE<sup>1</sup> à la transformation au Web 3.0 (Berners-Lee et al, 2001). D'une manière générale, le web 1.0 relie des personnes au World Wide Web (www), le web 2.0 relie les gens réels qui utilisent le www et le web 3.0 reliera les représentants virtuels des vraies personnes qui utilisent le www. Alors, d'un autre point de vue, le Web 1.0 est un réseau de connexions des informations, le Web 2.0 est un réseau de connexions des personnes et le Web 3.0 est un réseau de connexions de connaissances (Rego et al, 2010). Cette section couvre les trois générations du Web en termes des concepts, des technologies et de l'utilisation et leurs impacts sur le développement de l'e-learning.

### II.1. Web 1.0 - le Web d'information

Le Web 1.0 désigne généralement le "*Web de lecture seule*" (Rubens et al., 2011), il permet de présenter le contenu disponible en ligne seulement pour la consultation. Les webmasters écrivent généralement ce qu'ils veulent d'autres de voir, puis le publier en ligne. Le lecteur peut visiter ces sites Web et peut contacter l'auteur ou de l'éditeur si l'information de contact est disponible, il n'y a pas de lien direct ou de communication entre les deux. Les sites web statiques et les pages Web créées à l'aide HTML représentent un exemple typique de cette génération du Web.

Le Web 1.0 se réfère à la première génération du WWW, qui a été entièrement constituée de pages Web reliées par des liens hypertextes. Bien que la définition exacte du Web 1.0 soit une source de débat, il est généralement admis pour désigner le Web 1.0 comme un ensemble de sites web statiques qui ne fournissent pas encore un contenu interactif (Berners-Lee & Fischetti, 2000). La figure 4 montre le modèle de manipulation de contenu sur le Web 1.0.

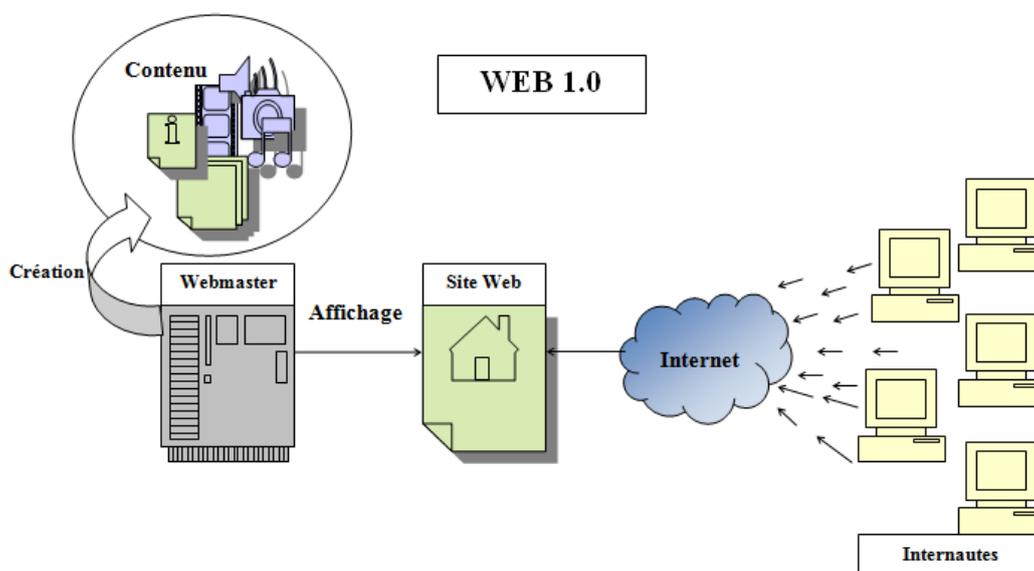


Figure. 4. Manipulation de contenu sur le Web 1.0 (Adaptée de Curry, 2007)

---

<sup>1</sup> ENQUIRE : était un projet de la seconde moitié de 1980 de Tim Berners-Lee, qui aboutit à la création du World Wide Web en 1989. Il n'était pas censé être disponible pour le grand public.

---

### II.1.1. E-Learning 1.0

Avec l'émergence du Web, qu'il a rendu le contenu disponible en ligne, l'e-learning 1.0 a rapidement adapté à ses concepts en termes de création et l'administration des contenus éducatifs pour l'affichage en ligne. Les possibilités pour soutenir l'enseignement et l'apprentissage à l'aide d'ordinateurs semblent être sans fin. L'expression *à tout moment, partout et tout le monde* a été un synonyme pour le début et les premiers pas d'e-learning. Au début d'e-learning l'un des premiers objectifs était de créer un contenu parfait à l'aide de l'utilisation des nouveaux médias; les interactions, les animations, les simulations, etc. ont été ajoutées à la matière de l'apprentissage traditionnelle pour motiver les apprenants à apprendre. En d'autres termes, le livre traditionnel est remplacé par une accumulation multimédia (Ebner, 2007). Aujourd'hui, l'utilisation des ordinateurs dans l'éducation est établie. Plusieurs écoles et universités soutiennent leurs étudiants par un accès en ligne aux systèmes de gestion de l'apprentissage (LMS). Dans ce type de systèmes, les interactions entre les apprenants et l'ordinateur ont contribué à engager les apprenants dans le processus d'apprentissage. Bien sûr, cela conduit à un effet positif sur l'apprentissage, parce que la motivation des élèves a été influencée positivement (Weiss et al., 2002).

En raison du fait que l'e-learning ne se limite pas à l'interaction entre l'apprenant et l'ordinateur, l'interaction peut également se produire entre l'apprenant et l'instructeur (communication médiatisée par ordinateur) et entre l'apprenant et l'apprenant (l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur). D'un côté, plusieurs scénarios didactiques et des outils techniques ont été développés (Campell, 2005). De l'autre côté, un grand nombre de systèmes de gestion de l'apprentissage (LMS) offerts par les différentes institutions ont vu le jour. L'e-learning 1.0 se caractérise par :

- Basé sur le Web 1.0 ;
- Cours en ligne avec un mélange de l'enseignement en ligne et en face-à-face ;
- C'est le LMS (Système de gestion de l'apprentissage) qui gère l'apprentissage ;
- L'absence des aspects sociaux de l'apprentissage ;
- L'objectif principal est la livraison de contenu, principalement sous la forme de cours en ligne produit par des experts et des enseignants ;
- L'instructeur prépare le matériel en fonction d'un programme particulier, il le télécharge sur la plateforme et il sera consommé par les apprenants ;
- Limite de la responsabilité de l'étudiant, avec aucun rôle dans la création de contenu ;
- Un processus d'apprentissage réussi est celui dans lequel il est possible de voir l'interaction entre enseignants et apprenants à chaque étape ;
- Indexation hiérarchique.
- Etc...

### II.2. Le Web 2.0 – le Web de connexions

Le terme Web 2.0 est généralement associé à la conférence O'Reilly Media 2.0 (O'Reilly, 2007), mais il a été effectivement utilisé pour la première fois au début de 1999 (DiNucci, 1999). Par opposition au Web 1.0 qui est appelé web statique, le Web 2.0 est considéré comme le web dynamique. Les utilisateurs peuvent lire, écrire et collaborer dans une certaine mesure. Les dernières technologies utilisées dans cette génération du Web sont Ajax (Asynchronous Javascript), XML (Extensible markup language), Adobe Flash, PHP, Per, Python, Flash, etc.

### II.2.1. Définition du Web 2.0

Nous appelons Web 2.0 ou Web participatif ou web collaboratif, un système d'information disponible à tout moment et partout dans le monde et dans lequel n'importe quel utilisateur sur internet peut être actif, c.-à-d. devient acteur. Les contenus (texte, image, vidéo, son) sont produits et réalisés par les différents utilisateurs, même sans connaissance préalable en programmation et en informatique, l'utilisateur va publier le contenu sur le site hébergeur, grâce à un ensemble des outils simplifiés.

Un site Web 2.0 permet aux utilisateurs d'interagir et de collaborer les uns avec les autres dans un dialogue sur les médias sociaux en tant que créateurs de contenu généré par l'utilisateur dans une communauté virtuelle, contrairement à des sites Web où les gens sont limités à l'observation et la consommation passive de contenu. Les utilisateurs à travers l'utilisation des outils et les technologies du Web 2.0 ont désormais la possibilité de commenter, de noter, de partager, etc. Le web 2.0 permet de booster la collaboration entre les utilisateurs, d'offrir des formes d'expression plus authentiques et d'aider les organisations à partager les connaissances. Des exemples des applications Web 2.0 ceux qui comprennent les sites de réseaux sociaux, blogs, wikis, folksonomies, sites de partage de vidéos, services hébergés, les applications Web et les mashups<sup>2</sup>, etc. (O'Reilly, 2005). La figure 5 présente comment l'information circule dans le contexte du Web 2.0.

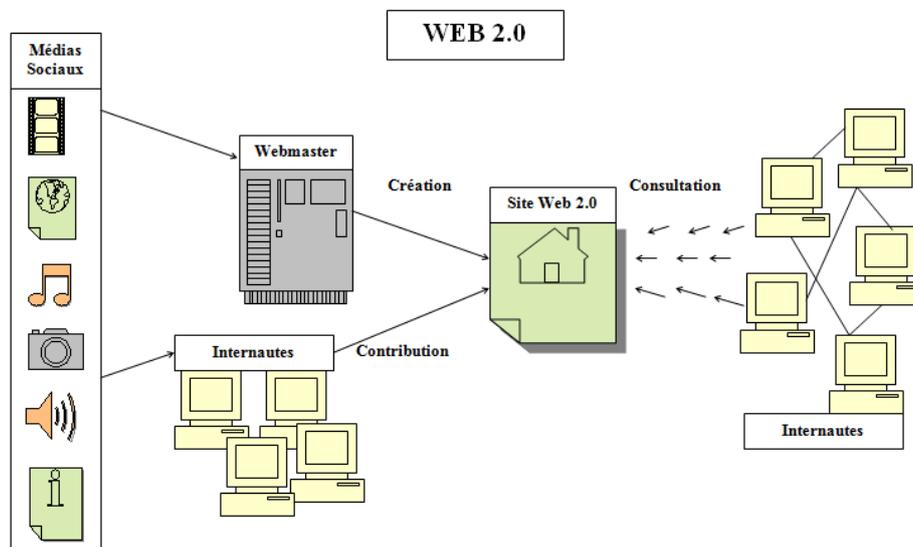


Figure. 5. Manipulation des données sur le Web 2.0 (Adaptée de Curry, 2007)

Aujourd'hui, les applications du Web 2.0 représentent une part importante du trafic et de la génération de contenu sur le Web. Le terme Web 2.0 a été inventé pour grouper ces applications collaboratives et d'indiquer également une approche "sociale" à la génération et la distribution de contenu Web. Ce type d'application est caractérisé par une communication ouverte, une décentralisation de l'autorité et la liberté de partage et de la réutilisation. Les réseaux sociaux représentent la majeure partie de nombreuses applications Web 2.0, à travers lesquels les utilisateurs créent, partagent et filtrent le contenu, collaborent, recherchent des informations et de personnes, et interagissent socialement sur le Web. Nous présentons dans la section suivante un aperçu général sur les concepts et les fondements des réseaux sociaux.

<sup>2</sup> Mashup: signifie application composite, c'est une application qui combine du contenu ou du service provenant de plusieurs applications plus ou moins hétérogènes.

---

## II.2.2. Les Réseaux sociaux – un outil puissant du Web 2.0

Ces derniers jours, les réseaux sociaux ont pris une part très importante dans la vie quotidienne des millions d'utilisateurs utilisant l'internet. La primordiale caractéristique des réseaux sociaux est la possibilité de rassembler différents individus autour d'un intérêt commun ou bien de les réunir à propos d'une conviction collective. Les réseaux sociaux fournissent aux individus la capacité de se connecter avec les autres ou de conserver leurs relations qui existent déjà (Torloting, 2006). Ils emploient les nouveaux outils et les nouvelles technologies de communication à savoir : la connexion par mobile, le partage des ressources multimédia ainsi que l'intégration des techniques de localisation améliorées, etc.

Les réseaux sociaux peuvent être définis comme : "*des services Web qui permettent aux individus de construire des profils publics ou semi-publics, où ils peuvent articuler des listes des autres utilisateurs avec lesquels ils partagent des connexions, ainsi voire leurs listes de connexions et celles faites par d'autres dans le système*" (Ellison, 2007).

Les réseaux sociaux peuvent être considérés aussi comme une structure sociale dont les composants sont des identités sociales telles que des individus ou des organisations. Ces identités sont liées entre elles ou connectées à travers une ou plusieurs relations différentes, créées lors des interactions sociales comme l'amitié, l'intérêt ou la connaissance (Erétéo et al., 2011).

### a) *A quoi sert un réseau social*

Les réseaux sont largement utilisés dans divers domaines et leur utilisation dépend de la façon dont les utilisateurs ont besoin, par exemple dans (Balagué & Fayon, 2012) les auteurs ont extrait les besoins suivants :

1. Le besoin d'appartenance ou de reconnaissance : Les utilisateurs s'inscrivent sur un réseau social pour montrer leurs tendances d'appartenir à une communauté qui partage leurs intérêts et leurs points d'avis communs. Tout ça pour satisfaire le besoin d'être reconnu par les membres de la communauté.
2. Le besoin de contact et de partage : Le réseau social permet aux utilisateurs d'être en contact avec des amis, de retrouver des ex-amis, de créer de nouvelles relations sur la base des intérêts communs, pour être au courant de ce que font les autres. L'une des particularités les plus importantes des réseaux sociaux est le fait d'offrir à ses utilisateurs une meilleure connaissance de soi grâce aux interactions avec les contacts.
3. Exprimer la notion d'amitié dans un réseau : Le principe de base sur lequel tout réseau social est construit est le concept "*les amis de mes amis sont mes amis*", à condition de l'appartenance à une communauté, le réseau social propose des nouvelles personnes qui peuvent avoir les mêmes centres d'intérêt.
4. Interaction sociale : Les réseaux sociaux, sans surprise, permettent aux gens d'être sociaux. Ils rencontrent les gens et restent en contact avec les amis, les connaissances et la famille.
5. Recherche d'informations : ceci se réfère au processus de recherche d'informations sur les produits / services, pour rester au courant des événements du monde réel et pour apprendre de nouvelles choses.

- 
6. Divertissement : les jeux, la musique et les vidéos sont tous accessibles via les réseaux sociaux. Regarder le flux des mises à jour de personnes est aussi une forme de divertissement est également une forme de divertissement.
  7. Relaxation: Les réseaux sociaux sont un moyen pour soulager le stress et l'évasion de la réalité.
  8. Expression d'opinions : Exprimer les pensées et les points de vue, critiquer les autres et se défouler est régulièrement entrepris dans le cadre des réseaux sociaux.
  9. Commodité : Un réseau social est facilement accessible, d'autant plus que les appareils mobiles devenus omniprésents. En outre, les gens peuvent parler à plusieurs personnes en même temps.
  10. Partage de l'information: les gens peuvent utiliser les réseaux sociaux pour diffuser des choses sur eux-mêmes, des mises à jour, des vidéos et des photos. Ils peuvent même commercialiser leurs marques personnelles ou professionnelles.

#### **b) *Fonctionnement des réseaux sociaux***

Un réseau social fonctionne habituellement par une même procédure : premièrement, c'est l'étape de création des profils, ensuite la recherche d'autres profils qui ont des intérêts communs et enfin l'établissement des relations explicite ou implicite. La prise de contact par commentaire, ou par messagerie est toujours disponible. Quelques différences en fonction du type des réseaux peuvent apparaître. Par exemple, les réseaux de partage peuvent donner aux utilisateurs la possibilité de publication de contenu sans avoir un profil, mais si l'utilisateur cherche de faire partie d'une communauté, il doit forcément créer un profil. En plus, l'internaute devient reconnu le fait qu'il appartient à la communauté. À ce moment, il a le droit de rechercher des profils, de publier et de partager des contenus. Les membres du réseau peuvent se communiquer entre eux à travers les commentaires, les messages, les tags, etc.

#### **c) *L'analyse des réseaux sociaux***

L'Analyse des réseaux sociaux a ses racines théoriques dans le travail des premiers sociologues tels que Georg Simmel et Émile Durkheim, qui ont écrit sur l'importance d'étudier les modes de relations qui relient les acteurs sociaux (Mercklé, 2011). Les sociologues ont utilisé le concept de "*réseaux sociaux*" depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle pour désigner des ensembles complexes de relations entre les membres des systèmes sociaux à toutes les échelles, de relations interpersonnelles à l'international. Dans les années 1930 Jacob Moreno et Helen Jennings a introduit des méthodes analytiques de base (Freeman, 2004). En 1954, J. A. Barnes a commencé d'utiliser le terme pour désigner systématiquement les modèles de liens, englobant les concepts traditionnellement utilisés par le public et ceux utilisés par les chercheurs en sciences sociales: les groupes délimités (par exemple : la famille, etc.) et les catégories sociales (par exemple, le sexe, l'origine ethnique, etc.). L'analyse de réseaux sociaux a été appliquée dans diverses disciplines académiques, ainsi que des applications pratiques telle que la lutte contre le blanchiment d'argent et le terrorisme, etc. (Freeman, 2004).

L'Analyse des réseaux sociaux (SNA) est une stratégie qui permet d'étudier les structures sociales grâce à l'utilisation des théories de réseau et de graphe (Otte & Rousseau, 2002). Elle caractérise les structures en réseau en termes de nœuds (les acteurs individuels, des personnes ou des choses au sein d'un réseau) et les liens (relations ou interactions) qui les relient. Des

exemples de structures sociales couramment visualisées grâce à l'analyse de réseau social incluent les réseaux de médias sociaux, de réseaux d'amitié et de connaissance et la transmission de la maladie (Pinheiro, 2011 ; D'Andrea, et al., 2010). Ces réseaux sont souvent visualisés grâce aux sociogrammes<sup>3</sup> dans lequel les nœuds sont représentés comme des points et liens sont représentés sous forme de lignes comme montré sur la figure 6.

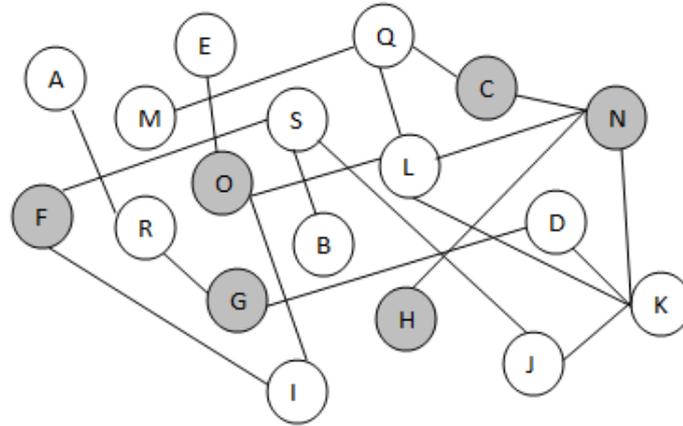


Figure. 6. Exemple d'un réseau social.

Pour effectuer l'analyse, il est nécessaire d'identifier quelques indicateurs, parmi lesquels nous trouvons:

1. **La densité** : désigne la proportion de lien direct dans un réseau par rapport au nombre total possible (Xu et al., 2010).
2. **Le pont** : un individu dont les faibles liens combler un trou de structure, fournissant le seul lien entre deux individus ou groupes. Il comprend également le chemin le plus court en raison d'un risque élevé de l'échec de livraison (Granovetter, 1973).
3. **La force de lien** : définie par la combinaison linéaire du temps, l'intensité émotionnelle, l'intimité et la réciprocité (c.-à-d. la mutualité). Les liens forts sont associés à la proximité et la transitivité, tandis que les liens faibles sont associés à des ponts (Granovetter, 1973).
4. **La centralité** : se réfère à un groupe de mesures qui visent à quantifier "l'importance" ou "l'influence" d'un nœud particulier (ou un groupe) dans un réseau (Smith et al., 2010).
5. **Centralité de degré** : considère comme centraux les nœuds qui possèdent les degrés les plus élevés du graphe (Opsahl et al., 2010).
6. **Centralité d'intermédiarité** : concentre sur la capacité d'un nœud à servir d'intermédiaire dans un graphe. Un nœud situé sur un chemin géodésique possède une position stratégique dans la cohésion d'un réseau et dans la circulation de l'information, d'autant plus si ce chemin est unique (Wasserman & Faust, 1994).
7. **Centralité de proximité** : se mesure au nombre minimum de pas qu'il doit effectuer pour entrer en contact avec les autres acteurs du système. De ce point de vue, plus un acteur est central, plus il est « proche » des autres, plus il entre vite en contact ou interagit facilement avec eux. Cette mesure représente la capacité d'un nœud à se connecter rapidement avec les autres nœuds du réseau (Sabidussi, 1966).

#### d) *Détection des communautés au sein d'un réseau*

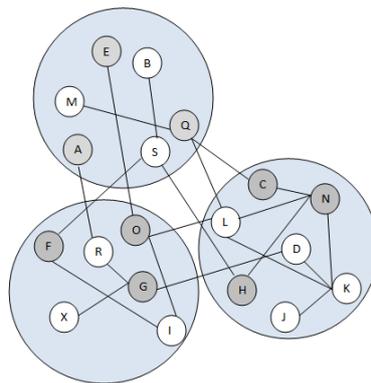
<sup>3</sup> Sociogramme: est un diagramme des liens sociaux qu'une personne possède.

---

La science moderne des réseaux a apporté des progrès significatifs à la compréhension des systèmes complexes. Une des caractéristiques les plus pertinentes des graphes représentant les systèmes réels est la structure de la communauté ou le regroupement en grappes (clustering), c.-à-d. l'organisation de sommets en grappes, avec de nombreuses arêtes joignant les sommets de la même grappe et relativement peu d'arêtes joignant les sommets des différents groupes (Fortunato, 2010).

Dans l'étude des réseaux sociaux, nous pouvons dire qu'un réseau a une structure communautaire si les nœuds du réseau peuvent être facilement regroupés ensemble de sorte que chaque ensemble de nœuds est connecté en interne à forte densité. Dans le cas particulier de la détection des communautés non-chevauchantes, ce qui implique que le réseau se divise naturellement en groupes de nœuds fortement connectés et des connexions clairsemées entre les groupes. La définition plus générale est fondée sur le principe que des paires de nœuds sont plus susceptibles d'être reliées si elles sont les deux membres de la même communauté, et moins susceptibles d'être connectées si elles ne partagent pas les mêmes communautés (Fortunato, 2010).

Les communautés sont souvent définies en termes de la partition de l'ensemble des sommets, c.-à-d. chaque nœud est mis en une et une seule communauté, comme montré dans la figure 7. Ceci est une simplification utile et la plupart des méthodes de détection des communautés trouvent ce type de structure communautaire. Toutefois, dans certains cas, une meilleure représentation pourrait être l'une où les sommets sont dans plus d'une seule collectivité. Cela peut se produire dans un réseau social où chaque sommet représente une personne et les communautés représentent les différents groupes de la famille, d'amis, des co-travailleurs et ainsi de suite.



**Figure. 7. Un réseau affiche une structure des communautés**

### **II.2.3. Le Social tagging (La Folksonomie)**

La folksonomie est un système de classification dérivé de la pratique et la méthode de création collaborative des "balises" pour annoter et classer le contenu (Peters, 2009). Cette pratique est également connue comme : le marquage collaboratif (Lambiotte & Ausloos, 2006), la classification sociale, l'indexation sociale et l'étiquetage social.

La Folksonomie, un terme inventé par Thomas Vander Wal, est un mot composé de "folk" et de "taxonomie". Vander Wal explique certaines des caractéristiques des folksonomies en identifiant deux types: larges et étroites. Une large folksonomie est celle dans laquelle plusieurs utilisateurs marquent le contenu particulier avec une variété de termes et une variété

---

de vocabulaires, créant ainsi une plus grande quantité de métadonnées pour ce contenu. Une folksonomie étroite, d'autre part, se produit lorsque quelques utilisateurs, principalement le créateur de contenu, le marquent avec un nombre limité de termes, une folksonomie étroite n'a pas les mêmes avantages que d'un large folksonomie, qui permet le suivi des tendances émergentes dans l'utilisation de la balise et le développement de vocabulaires (Wal, 2005). Alors que les folksonomies (larges et étroites) permettent la recherche de contenu en ajoutant une description textuelle, elles deviennent très populaires sur le Web autour de 2004 dans le cadre de l'utilisation d'applications sociales telles que le "bookmarking social" et "l'annotation photographique" (Wal, 2009).

Le Marquage (le tagging), qui est l'une des caractéristiques déterminantes du Web 2.0, permet aux utilisateurs de classer et de trouver l'information collectivement. Certains sites comprennent des "nuages de tags" comme un moyen pour visualiser les balises dans une folksonomie (Lamere, 2008). Cependant, les nuages de tags visualisent seulement le vocabulaire, mais pas la structure des folksonomies, comme le font les "tags graphiques" (Lohmann & Díaz, 2012).

#### a) *Les Folksonomies et la recherche d'information*

En employant les applications Web 2.0, chaque internaute peut devenir à tout moment un créateur de l'information. Il peut participer au contenu du site en ajoutant des ressources auxquelles il ajoute des tags (mots-clés ou étiquettes) qui les exprime au mieux selon ses réflexions (Gruber, 2008). Le lecteur d'information peut aussi classer, recommander et annoter les ressources afin d'améliorer la recherche et exprime à sa guise ses notions et ses pensées. Les mots-clés seront affichés sous la forme d'un "nuage de mots" dont les tailles sont proportionnelles à la fréquence de lecture des sujets qui y sont attachés (Sinclair & Cardew-Hall, 2008). Cette catégorisation statistique basée sur l'activité et la réputation crée un nouvel aspect de navigation sociale, et contribue au référencement des meilleures ressources. Les plateformes à base du Web 2.0 peuvent devenir dans le futur proche de véritables moteurs de recherche d'actualité, dirigés par les internautes qui commentent, proposent et classent le contenu (O'Reilly, 2007).

#### b) *Caractéristiques de la Folksonomie*

La folksonomie se caractérise par (Hayman, 2007):

- Elle est multidimensionnelle: les utilisateurs peuvent affecter et combiner un grand nombre d'étiquettes pour exprimer un concept.
- Les utilisateurs peuvent utiliser leur propre langue: des mots qui ont un sens pour eux. Ces mots sont susceptibles d'être à jour et peuvent refléter l'usage local. Ils analysent les éléments pour mettre en évidence ce qui est important pour eux.
- Les étiquettes peuvent être partagées et la création de connaissances se produit par l'agrégation. Où Rainie a affirmé à propos de ce phénomène : «*Nous avons maintenant des millions et des millions de gens qui disent, en public, ce qu'ils pensent sur les pages et les images. Voilà des informations cruciales que nous pouvons utiliser pour rassembler de nouvelles idées et des informations à travers la mer sans fin que nous avons créée pour nous-mêmes* "(Rainie, 2007).

- 
- Au lieu d'avoir stocké un élément dans un dossier unique, il peut être étiqueté avec de nombreux termes différents et chacun d'eux peut être utilisé pour générer une collection instantanée.
  - Le marquage public (ou bien le "social tagging") favorise le développement des communautés autour d'intérêts et des points de vue similaires.
  - Le Social tagging fournit des informations aux fournisseurs professionnels et aux gestionnaires d'information sur les zones d'intérêt et la façon dont elles sont décrites. C'est une nouvelle fenêtre sur la façon dont les utilisateurs pensent et peuvent donner un aperçu de leurs besoins d'information et les habitudes.
  - Le marquage est très rapide, simple et direct. Les utilisateurs peuvent appliquer des étiquettes sans formation formelle dans la classification ou l'indexation.

Comme les folksonomies grandissent, la plus grande échelle peut apporter une certaine organisation dans le processus de marquage; les utilisateurs judicieux évalueront les balises et ont tendance à utiliser des balises existantes pour aider à former des connexions utiles. Ainsi, la folksonomie peut développer ses propres conventions de marquage par le consensus du groupe plutôt que d'un système formel imposé de l'extérieur.

#### **II.2.4. Les limites de Web 2.0 :**

Avec les applications Web 2.0, les utilisateurs peuvent rapidement trouver exactement ce qu'ils cherchent, ils peuvent interagir avec des personnes partageant les mêmes idées et d'accéder à leurs données à tout moment. Alors, comment est-ce mauvais? C'est le partage de tout et n'importe quoi qui pose les limites suivantes pour le Web 2.0 :

- Mauvaise qualité de l'information.
- Durée de vie de l'information très courte.
- Manque de sécurité et droit d'auteur.
- La surcharge d'information, trop d'informations sont publiées quotidiennement par de nombreuses personnes avec différentes expressions. Cela crée la confusion chez les lecteurs et la qualité du contenu n'est pas fiable.
- Liberté de publier des commentaires offre de bonnes possibilités pour les concurrents pour poster des commentaires négatifs sur les autres entreprises.
- Trop de faux identifiants et les spammeurs.
- Manque de la sémantique.
- Perd d'intimité par rapport ce que publie sur le web.
- Le harcèlement en ligne est un vrai problème sur les médias sociaux.
- L'utilisation des faux profils.
- Manque de connexion émotionnelle.
- Diminue les aptitudes de la communication face-à-face.
- L'Addiction à recevoir les notifications.
- Facilite la paresse.
- Facilite le partage des préjugés et des stéréotypes sur les communautés.
- Etc....

Vu que les inconvénients et les limites du Web 2.0, le Web 3.0 sera la prochaine étape logique dans l'évolution de l'Internet. Pour le Web 1.0 et 2.0, l'Internet est emprisonné dans les murs

---

physiques de l'ordinateur, mais comme plusieurs dispositifs deviennent connectés au Web, tels que les smartphones, les voitures et autres appareils, l'Internet sera mis en liberté et devenir omniprésent. Les dispositifs pourront échanger des données entre eux et générer de nouvelles informations. L'Internet sera en mesure d'effectuer des tâches plus rapidement et plus efficacement. Nous allons présenter dans ce qui suit, un aperçu général sur les concepts et les techniques du Web 3.0.

### **II.2.5. L'e-learning 2.0**

Le terme e-learning 2.0 est un néologisme pour les systèmes d'apprentissage en ligne qui s'est produit lors de l'émergence du web2.0. L'e-learning traditionnel était basé sur des paquets pédagogiques, qui ont été livrés aux étudiants en utilisant les affectations. En revanche, les nouveaux systèmes d'e-learning mettent davantage l'accent sur l'apprentissage social et l'utilisation des logiciels sociaux comme les blogs, les wikis, les forums, les salles de classe virtuelle et les réseaux sociaux qui sont devenus une partie importante d'e-learning 2.0 (Seeley & Adler, 2008). Les chercheurs décrivent l'utilisation des technologies Web 2.0 pour l'enseignement et l'apprentissage comme "e-learning 2.0". Encore plus loin, les chercheurs l'appelaient le "u-apprentissage" ou l'apprentissage ubiquitaire (inspiré de l'informatique ubiquitaire, référence au calcul de n'importe où, n'importe quand et n'importe comment) (Zhang & Adipat, 2005).

Contrairement à l'e-learning 1.0, les systèmes d'e-learning 2.0, ne sont pas fondés sur les systèmes d'apprentissage collaboratif, le fait que l'e-learning 2.0 suppose que la connaissance est socialement construite. L'apprentissage se fait à travers des conversations sur le contenu et les interactions fondées sur les problèmes et les actions. Les partisans de l'apprentissage social affirment que l'une des meilleures façons d'apprendre quelque chose est de l'enseigner aux autres (Seeley & Adler, 2008).

En plus des environnements de classes virtuelles, les réseaux sociaux sont devenus une partie importante d'e-learning 2.0. Les réseaux sociaux ont été utilisés pour favoriser les communautés d'apprentissage en ligne autour de sujets divers (Kaur, 2011). Les Environnements d'apprentissage virtuel (EAV) et les Environnements d'Apprentissage Personnel (EAP) fournissent un système facile à utiliser pour offrir le matériel d'apprentissage, les activités et le support aux étudiants de manière souple et flexible. Pour l'administrateur, une VLE fournit un ensemble d'outils permettant la gestion efficace du contenu et des étudiants (Al-Zoube, 2009). L'e-learning 2.0 se caractérise par :

- L'objectif ultime est la création et le partage d'informations et de connaissances avec les autres, en utilisant les outils de médias sociaux comme : les blogs, les wikis, et réseaux sociaux dans un contexte éducatif pour soutenir l'approche collaborative de l'apprentissage ;
- Adopte une approche qui donne aux apprenants la possibilité de participer à la création des cours, ajouter des commentaires, etc. ;
- Fournit des outils pour la collaboration entre les étudiants pour qu'ils discutent du cours et son contenu, pour interagir avec les enseignants et pour les aider à concevoir des ressources d'apprentissage, etc. ;
- Les apprenants ont leur mot à dire dans le choix d'obtenir ce qui est plus utile pour eux ;
- La publication de contenu est instantanée et dynamique dans un environnement e-

---

learning 2.0. Avec des outils comme les blogs, nous pouvons publier du contenu à la volée ;

- Les étudiants peuvent lire les messages écrits les uns des autres, commenter et interagir, et former ainsi un réseau social entre eux ;
- Les étudiants en utilisant les outils du Web 2.0 comme les wikis peuvent créer et modifier le contenu collectivement, ce qui favorise la paternité collective et exploite l'intelligence collective ;
- Avec l'utilisation de "*marquage*" l'organisation de l'information de façon personnalisée devient très facile. Cela permet un accès rapide aux ressources d'apprentissage en plus l'accent est mis sur la Folksonomie que sur la taxonomie.

Un facteur important permet le succès d'une plateforme e-learning 2.0 est la préparation des apprenants pour utiliser la plate-forme à leur profit. Un environnement e-learning 2.0 s'attend à un étudiant d'être un "étudiant 2.0" et exige plus de responsabilité et d'imputabilité. Un autre défi est celui des ressources et des cultures d'apprentissage dans les organisations où les ressources sont limitées et les cultures d'apprentissage varient, la mise en œuvre d'e-learning 2.0 reste encore une tâche difficile. Le e-learning 2.0 regroupe un certain nombre de pratiques qui peuvent se référer aux items suivants:

- L'utilisation de la plupart des outils web 2.0 dans l'éducation ;
- La formation est dominée par la nature informelle de l'apprentissage ;
- L'émergence d'environnements sous contrôle de l'apprenant et qui valorisent leurs productions ;
- Libération des enseignants et autres formateurs des tâches administratives ;
- L'intégration du monde extérieur dans la salle de classe, par exemple en utilisant des réseaux sociaux.

### II.3. Le Web 3.0 – le Web de connaissances

Dans les années 1980 parues dans la littérature scientifique des informations sur le développement de systèmes experts pour améliorer les résultats de recherche (Berners-Lee, et al., 2000). Des centaines des universités et de grandes sociétés ont publié des recherches et déposé des brevets sur diverses techniques algorithmiques pour la recherche assistée par ordinateur. À la fin des années 1990 et au début des années 2000, ces technologies ont commencé à être décrites en tant que composantes sémantiques de recherche.

En 1999, Tim Berners-Lee publie le livre « *Weaving the Web* » où il a mis les grandes pistes pour le futur du web. C'est encore dans cette année qu'il parla de son imagination: "*I have a dream for the Web in which computers become capable of analyzing all the data on the Web the content, links, and transactions between people and computers. A "Semantic Web", which should make this possible, has yet to emerge, but when it does, the day-to-day mechanisms of trade, bureaucracy and our daily lives will be handled by machines talking to machines. The "intelligent agents" people have touted for ages will finally materialize.*" (Berners-Lee, et al., 2000).

Tout simplement, la vision de la recherche sémantique sert à fournir des algorithmes qui permettraient d'améliorer la récupération des informations pour les utilisateurs novices en interprétant leur enquête native. L'idée est que quelque chose d'aussi banal que de taper "où puis-je trouver une station d'essence?" pouvait répondre le plus précisément par un moteur de recherche comme par un être humain. Sur Internet, ce serait une requête "web sémantique".

Comme les moteurs de recherche web continuent à améliorer, de bons résultats à une telle requête sont devenus une réalité. Ce type de requête fait souvent l'utilisation d'une technologie sémantique appelée "traitement du langage naturel", une des nombreuses technologies connexes qui composent le paysage de la technologie des logiciels sémantiques (Ding, et al., 2004).

Après la transformation des paradigmes du Web, d'un Web statique à un Web dynamique, nous nous préparons à un Web plus intelligent, un Web qui comprend mieux nos attitudes et nous répond exactement comme nous voulons. Tim Berner-Lee a indiqué que le web sémantique représente sans doute la prochaine transformation extrême, qui par l'intermédiaire d'une couche de métas-données nous serons capables d'avoir des informations formalisées pour un traitement automatisé (Berners-Lee, et al., 2001).

Dans le jargon d'informatique, le mot "sémantique" signifie le "sens", le terme "sémantique" indique que la signification des données sur le Web peut être découverte, non seulement par les hommes, mais aussi par des machines. La philosophie du Web sémantique est centrée principalement sur la possibilité que les ordinateurs, les logiciels ainsi que les personnes puissent interagir ensemble afin de trouver, lire, comprendre et utiliser les données sur le World Wide Web (Passin, 2004).

L'ensemble de la communauté du Web est d'accord pour dire que les deux termes "Web sémantique" et "Web 3.0" représentent relativement le même concept. L'idée générale est que le Web 3.0 est très certainement la grande révolution du Web. Il y aura tant de nombreuses améliorations, mais la plupart des caractéristiques du Web 2.0 seront maintenues. Tim Berners-Lee a défini le Web sémantique comme une composante du Web 3.0: *“People keep asking what Web 3.0 is. I think maybe when you've got an overlay of scalable vector graphics — everything rippling and folding and looking misty — on Web 2.0 and access to a semantic Web integrated across a huge space of data, you'll have access to an unbelievable data resource”* (Shannon, 2006). La figure 8 présente le passage du Web 2.0 au Web 3.0.

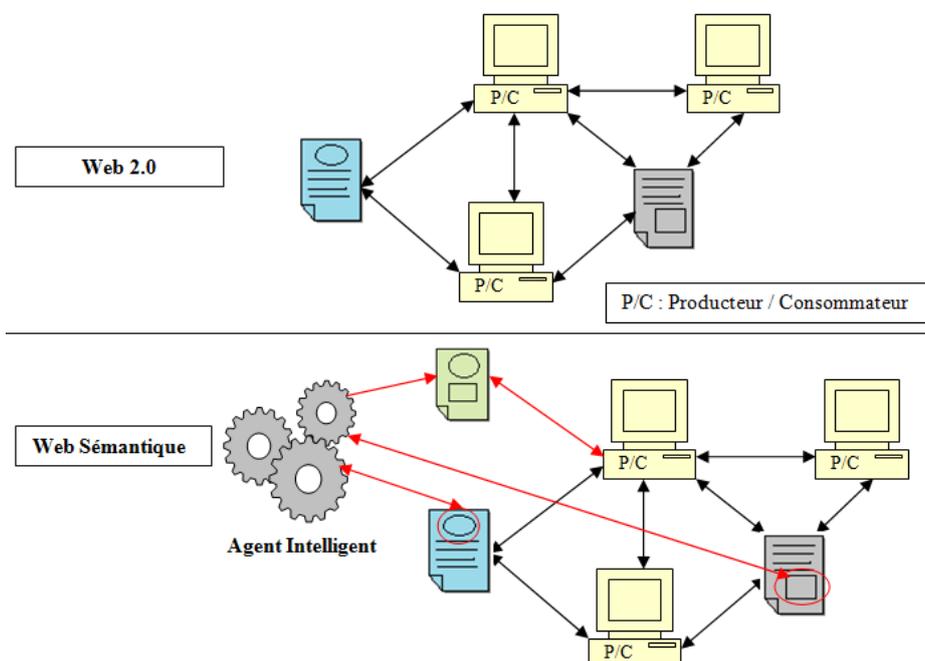


Figure. 8. Du Web 2.0 au Web 3.0 (Adaptée de Flat Education, 2011)

---

### II.3.1. Le Web sémantique, quoi de nouveau ?

Les êtres humains sont capables d'utiliser le Web, par exemple, pour chercher le sens des mots, pour réserver un livre de la bibliothèque ou pour acheter des produits, etc. Mais si nous demandons à un ordinateur pour faire la même chose, il ne saurait pas où commencer. Cela est parce que les pages web sont conçues pour être lues par des personnes, et non pas par des machines. Le Web sémantique est un projet visant de rendre les pages Web compréhensibles par les ordinateurs, afin qu'ils puissent rechercher des sites Web et effectuer les actions d'une manière standardisée.

Les données sont définies et liées de manière qu'elles puissent être utilisées par les machines, non seulement à des fins d'affichage, mais pour l'automatisation, l'intégration et la réutilisation entre différentes applications. L'objectif du Web sémantique est de rendre le Web présent plus lisible à la machine, afin de permettre à des agents intelligents d'extraire et de manipuler l'information (Passin, 2004). La vision du Web sémantique permet aux logiciels de soulager les utilisateurs de beaucoup de charges pendant la localisation des ressources pertinentes sur le Web (Cranefield, 2006). Le Web sémantique est une vision de l'Internet de la prochaine génération, qui permet aux applications Web de collecter automatiquement des documents Web provenant de sources diverses, d'intégrer et de traiter l'information et interagir avec d'autres applications afin d'exécuter les tâches complexes pour les humains. Le but principal du Web sémantique est de rendre possible d'accéder aux ressources Web par le contenu plutôt que par mots-clés (Anutariya et al., 2001).

Actuellement, le World Wide Web est basé principalement sur des documents écrits en HTML, un langage qui est utile pour décrire, avec un accent sur la présentation visuelle, un corps de texte structuré entrecoupé d'objets multimédias, tels que des images et des formulaires interactifs. Le HTML a une capacité limitée pour classer les blocs de texte sur une page, à part les rôles qu'ils jouent dans l'organisation d'un document typique et dans la mise en page visuelle désirée.

Par exemple, en HTML et avec un navigateur, nous pouvons créer et présenter une page qui répertorie les départements d'une université. Le code HTML de la page peut faire des assertions simples au niveau du document, tel que : le titre de ce document est "Département d'Informatique". Mais il n'y a pas de capacité dans le code HTML lui-même d'affirmer sans ambiguïté que par exemple : le numéro 04/5600987 est un matricule d'un étudiant avec l'année de l'obtention du bac. Plutôt, le HTML peut seulement dire que la plage de texte "04/5600987" est quelque chose qui devrait être positionné à proximité de "Matricule Etudiant", etc. Il n'y a pas un moyen de dire "ceci est un catalogue de départements" ou même d'établir que "Département d'Informatique" est un titre. Il est également impossible d'exprimer que ces éléments d'information sont liés ensemble pour décrire un élément discret, distinct des autres éléments qui peut-être listés sur la page.

Le Web sémantique aborde cette lacune, en utilisant le langage de description de ressources (RDF), le langage de représentation de connaissance (OWL) et le langage à balise extensible (XML). Ces technologies sont combinées afin de fournir des descriptions qui complètent ou remplacent le contenu des documents Web. Ainsi, le contenu peut se manifester comme des données descriptives stockées dans des bases de données accessibles sur le Web, ou comme un code dans les documents (en particulier au format HTML entrecoupé de XML ou plus

---

souvent purement en XML). Les descriptions lisibles par machine permettent aux gestionnaires de contenu d'ajouter un sens au contenu, facilitant ainsi la collecte automatisée de l'information et de la recherche par les ordinateurs.

### II.3.2. Outils du Web sémantique

Dans cette partie nous allons donner une description de quelques outils et langages utilisés dans le domaine du web sémantique.

#### a) *L'ontologie, outil principal du Web sémantique*

Le terme *ontologie* a son origine dans la philosophie. L'élément verbal ontologique vient du grec ὄν, ὄντος, ("être", "ce qui est"), participe présent du verbe εἶμί («être») (Garshol, 2004). La signification de base dans le jargon de l'informatique est que l'ontologie est un modèle pour décrire le monde qui se compose d'un ensemble de concepts, de propriétés et de types de relations. Où les caractéristiques du modèle devraient ressembler de près au monde réel (liées à l'objet). C'est une désignation formelle des types, propriétés, et les relations entre les entités qui existent réellement ou fondamentalement pour un domaine particulier. Donc, c'est une application pratique de l'ontologie philosophique, avec une taxonomie (Arvidsson & Flycht-Eriksson, 2008).

Gruber l'a défini comme : " *la spécification explicite d'une conceptualisation*". Cette définition a été modifiée ensuite comme suit : "*La spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée*" (Gruber, 2008). Cette définition peut être comprise de la manière suivante:

- Elle est explicite, car elle définit les concepts, les propriétés, les relations, les fonctions, les axiomes et les contraintes qui la composent;
- Elle est formelle, car elle est lisible et interprétée par la machine;
- Elle est une conceptualisation, parce qu'elle est un modèle théorique et une vue simplifiée des phénomènes de domaine qu'elle représente.
- Elle est partagée, parce qu'il ya eu auparavant un consensus sur l'information et il est accepté par un groupe d'experts.

#### a.1. L'intérêt des ontologies :

L'ontologie définit un vocabulaire commun pour les chercheurs qui ont besoin de partager des informations sur un domaine. Elle comprend des définitions interprétables par les machines, de concepts de base sur le domaine et les relations entre eux. Parmi les raisons qui poussent les gens à développer les ontologies, nous trouvons:

- Pour partager une compréhension commune de la structure d'information des personnes ou des agents logiciels ;
- Pour permettre la réutilisation des connaissances de domaine ;
- Pour faire des hypothèses de domaine explicite ;
- Pour séparer la connaissance du domaine de la connaissance opérationnelle ;
- Pour analyser les connaissances de domaine.
- Etc.

Dans ce qui suit, nous présentons les composants de base qui constituent l'ontologie.

#### a.2. Les principaux composants de l'ontologie

---

Les connaissances incorporées dans les ontologies sont formalisées en mettant l'accent sur huit types de composants: les individus, les classes, les attributs, les relations, les termes de fonction, les règles, les axiomes et les instances (Gruber, 1993).

1. **Les individus:** les individus dans une ontologie peuvent inclure des objets concrets comme les personnes, les animaux et les planètes, ainsi que des individus abstraits tels que les numéros et les mots (bien qu'il y ait des divergences d'opinions quant à savoir si les numéros et mots sont des classes ou individus). Strictement parlant, une ontologie n'a pas besoin d'inclure tous les individus, mais l'un des objectifs généraux d'une ontologie est de fournir un moyen de classer les individus, même si ces individus ne sont pas explicitement partie de l'ontologie.
2. **Les classes:** ce sont des groupes abstraits, ensembles ou collections d'objets. Ce sont des objets abstraits qui sont définis par les valeurs des aspects qui sont contraintes à être membre de la classe. Cette dernière peut subsumer ou être subsumée par d'autres classes; une classe subsumée par une autre est appelée une sous-classe (ou sous-type) de la classe de subsomption (ou super type).
3. **Les attributs:** aspects, propriétés, fonctions, caractéristiques ou des paramètres que les objets (classes) peuvent avoir. Les objets dans une ontologie peuvent être décrits en les reliant à d'autres choses, typiquement les aspects ou les parties. Ces choses liées sont souvent appelées attributs, même si elles peuvent être des choses indépendantes. Chaque attribut peut être une classe ou d'un individu. Le type d'objet et le type d'attribut déterminent le type de relation entre eux. Une relation entre un objet et un attribut exprime le fait qui est spécifique à l'objet auquel il est lié.
4. **Les relations:** représentent la façon dont les classes et les individus peuvent être liés les uns aux autres; elles précisent comment les objets sont liés à d'autres objets dans l'ontologie. Généralement, une relation est d'un type particulier qui spécifie dans quel sens l'objet est lié à l'autre. Des exemples de relations binaires incluent: sous-classe-de (généralisation / spécialisation) ; Partie-de (agrégation ou composition) ; Associée-à ; Instance de, etc.
5. **Les termes de fonction:** structures complexes formées à partir de certaines relations qui peuvent être utilisées à la place d'une clause particulière dans une déclaration.
6. **Les Règles:** déclarations sous la forme d'une instruction "*si-alors*" (antécédent-conséquent), qui décrivent les déductions logiques qui peuvent être tirées à partir d'une affirmation sous une forme particulière.
7. **Les axiomes** constituent des assertions dans une forme logique qui forment ensemble la théorie globale que l'ontologie décrit dans son domaine d'application, acceptées comme vraies, à propos des abstractions du domaine traduites par l'ontologie. Ils peuvent intervenir dans la définition des concepts et des relations, dans la vérification de l'exactitude d'informations indiquées dans l'ontologie ou dans la déduction d'une nouvelle information.

---

8. **Les instances** constituent la définition extensionnelle de l'ontologie, ces objets véhiculent les connaissances à propos du domaine.

a.3. Comment construire une ontologie ?

Dans le guide de développement des ontologies proposé par Noy et McGuinness à l'université de Stanford (Noy & McGuinness, 2001), les auteurs ont affirmé qu'il n'y a pas une méthode "correcte ou typique" pour la construction des ontologies. Ils ont discuté des questions générales à prendre en compte et offert un processus possible pour le développement d'une ontologie. Ils ont décrit une approche itérative de développement de l'ontologie: où ils ont commencé par la réalisation de la première ébauche de l'ontologie, puis ils ont révisé et affiné l'ontologie en évolution et ils ont rempli les détails. Sur le chemin, ils ont discuté des décisions de modélisation que le concepteur a besoin de faire, ainsi que les avantages, les inconvénients et les implications des différentes solutions. Ils ont souligné quelques règles fondamentales dans la conception de l'ontologie :

1. Il n'y a pas une meilleure solution pour modéliser un domaine, il ya toujours des alternatives viables.
2. Le développement de l'ontologie est nécessairement un processus itératif.
3. Les concepts de l'ontologie devraient être près d'objets (physiques ou logiques) du monde réel et les relations dans le domaine d'intérêt. Ce sont les plus susceptibles d'être des noms (objets) ou des verbes (relations) dans des phrases qui décrivent le domaine.

Il est nécessaire de se rappeler que l'ontologie est un modèle de la réalité du monde et les concepts dans l'ontologie doivent refléter cette réalité. Après avoir défini une première version de l'ontologie, elle doit être évaluée et testée en l'utilisant dans des applications ou des méthodes de résolution de problèmes ou en la discutant avec des experts dans le domaine. Par conséquent, il sera certainement nécessaire de réviser l'ontologie initiale. Ce processus de conception itérative continuera probablement à travers l'ensemble du cycle de vie de l'ontologie.

i. *Étape 1. Déterminez le domaine et la portée de l'ontologie*

Noy et McGuinness (Noy & McGuinness, 2001) suggèrent de commencer le développement de l'ontologie en définissant son domaine et sa portée. Autrement dit, répondre à ces questions fondamentales:

- Quel est le domaine que l'ontologie couvrira?
- Pour quelle raison nous allons utiliser l'ontologie?
- Pour quels types de questions l'information dans l'ontologie devrait fournir des réponses?
- Qui va utiliser et maintenir l'ontologie?

ii. *Étape 2. Envisager la réutilisation des ontologies existantes*

Il est toujours utile d'envisager ce que quelqu'un d'autre a fait et de vérifier s'il est possible d'affiner et d'étendre les sources existantes pour le domaine et la tâche particulière. La réutilisation des ontologies existantes peut être une exigence si le système a besoin d'interagir avec d'autres applications qui ont déjà commis aux ontologies particulières ou de vocabulaires

---

contrôlés. Beaucoup d'ontologies sont déjà disponibles sous forme électronique et peuvent être importées dans un environnement de développement des ontologies (comme Protégé 2000<sup>4</sup>).

iii. *Étape 3. Énumérer les termes importants de l'ontologie*

Il est utile d'écrire une liste de tous les termes du domaine. Pour cela, il faut répondre à ces questions : Quels sont les termes que nous tenons à parler? Quelles sont les propriétés que ces termes ont? Que voulons-nous dire à propos de ces termes? Etc. Par exemple, des termes liés à la formation en ligne comprennent les enseignants, les apprenants, les ressources d'apprentissage, les notes, les exercices, et ainsi de suite. Initialement, il est important d'obtenir une liste complète des termes sans se soucier de chevauchement entre les concepts qu'ils représentent, les relations entre les termes, les propriétés que les concepts peuvent avoir ou si les concepts sont des classes, etc.

iv. *Étape 4. Définir les classes et la hiérarchie de classe*

Il ya plusieurs approches possibles pour développer une hiérarchie de classes (Uschold & Gruninger, 1996):

1. **Haut en bas** : Un processus de développement de haut en bas (Top-Down) commence par la définition des concepts les plus généraux dans le domaine et la spécialisation ultérieure des concepts. Par exemple, nous pouvons commencer avec la création de classes pour les concepts généraux de *Ressources d'Apprentissage*. Ensuite, nous nous spécialisons la classe de ressources d'apprentissage en créant certaines de ses sous-classes: *Théoriques* et *Pratiques*. Nous pouvons continuer à classer la classe de ressources théoriques, par exemple en : *cours, définitions, tutoriaux, illustrations*, et ainsi de suite.
2. **Bas en Haut** : le processus de développement de bas en haut (Bottom-Up) commence par la définition des classes les plus spécifiques, les feuilles de la hiérarchie, avec le regroupement ultérieur de ces classes dans des concepts plus généraux. Par exemple, nous commençons par la définition des classes pour les *illustrations* et les *tutoriaux*. Nous créons alors une superclasse commune pour ces deux *Théoriques*, qui à son tour est une sous-classe de *Ressources d'Apprentissage*.
3. **Combiné** : est une combinaison du haut vers le bas et les approches bas vers le haut. Nous définissons les concepts les plus importants en premier, puis nous les généralisons et les spécialisons de façon appropriée. Nous pourrions commencer par quelques concepts de haut niveau tels que *Ressources d'Apprentissage* et quelques concepts spécifiques, tels que: *Exercices*. Nous pouvons ensuite les relier à un concept de niveau intermédiaire, comme *Pratique*. Ensuite, nous pouvons vouloir générer toutes les classes de ressources, générant ainsi un certain nombre de concepts de niveau intermédiaire.

v. *Étape 5. Définir les propriétés de classes*

Les classes toutes seules ne suffiront pas pour fournir suffisamment d'information pour répondre aux questions de compétence de l'étape 1. Une fois que nous avons défini certaines des classes, nous devons décrire la structure interne de concepts. Nous avons déjà sélectionné

---

<sup>4</sup> Protégé 2000: Un éditeur qui permet la construction des ontologies. <http://protege.stanford.edu/>

des classes à partir de la liste des termes que nous avons créés à l'étape 3. La plupart des termes restants sont susceptibles d'être des propriétés de ces classes. Ces termes comprennent, par exemple, le niveau, le style, l'objectif, la stratégie, etc. Pour chaque propriété dans la liste, nous devons déterminer quelle classe elle décrit.

vi. *Étape 6. Définir les facettes des attributs*

Les attributs peuvent avoir plusieurs facettes décrivant la valeur du type, les valeurs autorisées, le nombre de valeurs (cardinalité), le domaine et le rang et d'autres caractéristiques de valeurs que les attributs peuvent avoir. Par exemple, la valeur de l'attribut nom (comme dans "le nom d'un apprenant") est une chaîne de caractères. C'est à dire, nom est un attribut ayant le type de valeur : Chaîne de caractères. L'attribut *enseigne* (comme dans "un Enseignant *enseigne* tels Apprenants") peut avoir de multiples valeurs et ces valeurs sont des instances de la classe Apprenant. C'est à dire, *enseigne* est un attribut ayant pour type de valeur Instance et pour classe autorisée Apprenant.

vii. *Étape 7. Création des instances*

La dernière étape consiste à créer des instances individuelles de classes dans la hiérarchie. La définition d'une instance individuelle d'une classe exige (1) choisir une classe, (2) la création d'une instance individuelle de cette classe, et (3) la renseigner avec les valeurs des attributs. Par exemple, nous pouvons créer une instance individuelle *QCM* pour représenter un type spécifique des *Exercices*. *QCM* est une instance de la classe *Exercice* qui à son tour représente tous les exercices.

### II.3.3. Les langages de Web sémantique

La proposition du W3C<sup>5</sup> s'appuie au départ sur une pyramide de langages. La figure 9 montre l'organisation en couches des langages du Web sémantique proposée par le W3C.

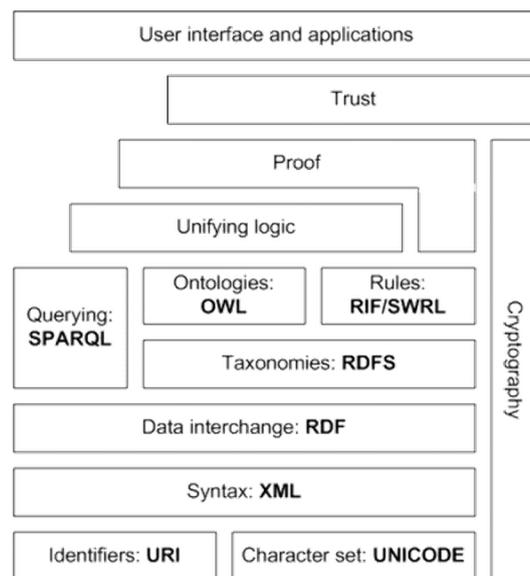


Figure. 9. L'architecture en couches du Web sémantique (Semantic Community, 2014)

<sup>5</sup> W3C: Le World Wide Web Consortium, est un organisme de normalisation à but non lucratif, chargé de promouvoir la compatibilité des technologies du World Wide Web

---

XML est le support de sérialisation sur lequel s'appuient RDF et OWL pour définir les structures de données et les relations logiques qui les lient.

a) **XML**

L'internet de sa forme classique est un outil permettant l'accès aux textes et aux différents médias, mais la recherche intelligente d'information, l'échange de données et la présentation adaptable des ressources ne sont pas encore normalisés. Il faut alors définir une manière commune pour représenter les données afin que les machines puissent facilement rechercher, déplacer, afficher et manipuler les informations. À partir de ça, le W3C a mis en place la norme XML.

XML (Extensible Markup Language) est un langage de balisage qui définit un ensemble de règles de codage de documents dans un format qui est à la fois lisible par les hommes et lisible par les machines. Il est défini par la spécification XML 1.0 du W3C et par plusieurs autres spécifications connexes, qui sont toutes des standards ouverts gratuitement (W3C, 2008).

Les objectifs de conception de XML soulignent la simplicité, de la généralité et la convivialité à travers l'Internet. Il est un format de données textuelles avec le soutien fort via Unicode pour différentes langues humaines. Bien que la conception XML se concentre sur les documents, il est largement utilisé pour la représentation des structures de données arbitraires, telles que celles utilisées dans les services Web (Fennell, 2013).

En 2009, des centaines de formats de documents en utilisant la syntaxe XML ont été développés, y compris RSS<sup>6</sup>, Atom<sup>7</sup>, SOAP<sup>8</sup>, et XHTML (Cover Pages, 2005).

Les formats basés sur XML sont devenus des formats par défaut pour de nombreux outils de bureautique et de productivité, y compris Microsoft Office, LibreOffice et iWork d'Apple. XML a également été employé comme langue de base pour plusieurs protocoles de communication.

Dans un document XML, il existe un élément particulier : l'élément "racine", encore appelé "élément document". Cette racine doit contenir tous les autres éléments du document et ne peut apparaître qu'une fois dans un document XML. Un exemple d'un document XML est présenté dans la figure 10.

```
1 <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
2   <book title="Weaving the Web">
3     <author name="Tim Berners-Lee" />
4     <year> 1999 </year>
5   </book>
```

**Figure. 10. Exemple d'un document XML.**

---

<sup>6</sup> RSS: acronyme de « Really Simple Syndication ») est une famille de formats de données utilisés pour la syndication de contenu Web.

<sup>7</sup> Atom : est un format ouvert de document basé sur XML conçu pour la syndication de contenu périodique, tel que les blogs ou les sites d'actualités.

<sup>8</sup> SOAP : est un protocole de RPC orienté objet bâti sur XML.

---

## b) *Resource Description Framework (RDF)*

Le RDF (Resource Description Framework) est une spécification de la famille de World Wide Web Consortium (W3C), conçu à l'origine comme un modèle de données de métadonnées. Il est venu à être utilisé comme une méthode générale pour la description conceptuelle ou la modélisation de l'information qui est mise en œuvre dans les ressources Web, en utilisant une variété de notations de syntaxe et les formats de sérialisation de données. Il est également utilisé dans des applications de gestion des connaissances.

RDF étend la structure de liaison du Web pour utiliser les URI<sup>9</sup> afin de nommer la relation entre les choses ainsi que les deux extrémités de la liaison (ce qui est généralement considéré comme un "triple"). En utilisant ce modèle simple, il permet à des données structurées et semi-structurées d'être mélangées, exposées, et partagées entre différentes applications.

Afin de décrire ces ressources, RDF se base sur la notion de triplets, ces derniers permettant de définir des assertions au sujet de celles-ci. Chaque triplet se compose de **Sujet**, **Prédicat**, **Objet** (Klyne & Carroll, 2004).

### b.1. Le sujet

Représente toute ressource accessible sur le Web comme les documents textuels (PDF, Word, etc.), les pages HTML ou les multimédias (images, vidéo, etc.), il représente aussi tout objet abstrait ou non du monde réel. Les ressources sont nommées en utilisant un URI (Amardeilh, 2007).

### b.2. Le prédicat

Le prédicat représente la propriété descriptive c.-à-d. une caractéristique spécifique, un attribut ou une relation, utilisée pour décrire une ressource (Amardeilh, 2007).

### b.3. L'objet

L'objet représente la valeur de la propriété, soit une valeur littérale, comme un nombre entier ou une chaîne de caractère, soit une autre ressource accessible par son URI (Amardeilh, 2007). Par exemple pour modéliser un Apprenant qui a le Nom "Halimi" et l'URI "<http://www.solearn.net/users/student3>", nous utilisons le graphe RDF présenté dans la figure 11.

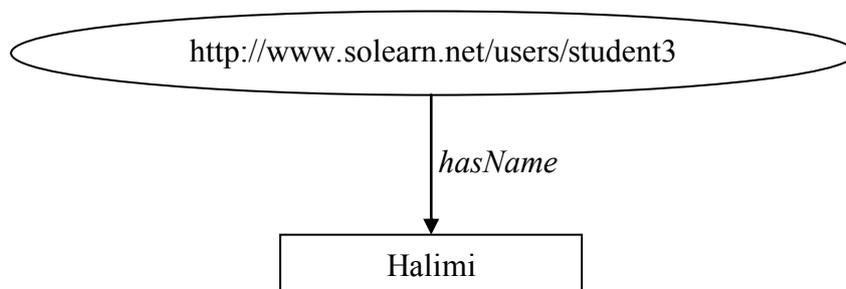


Figure. 11. Modélisation des ressources avec un graphe RDF (1).

Dans l'exemple précédent, nous avons utilisé les éclipses pour présenter les ressources et les rectangles pour représenter les littérales. Dans l'exemple suivant, présenté dans la figure 12,

---

<sup>9</sup> URI : de l'anglais Uniform Resource Identifier, soit littéralement identifiant uniforme de ressource.

nous ajoutons une information concernant la relation d'amitié pour dire que l'apprenant qui a le Nom "Halimi" a un ami appelé "Kirati" et il a 26 ans.

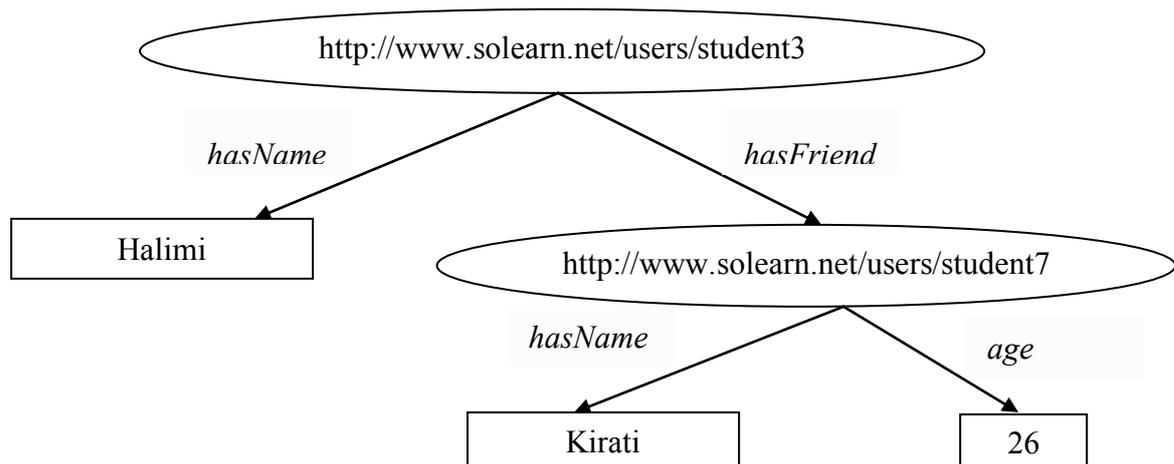


Figure. 12. Modélisation des ressources avec un graphe RDF (2).

#### b.4. Sérialisation de RDF

Les graphes RDF sont des outils très puissants pour la représentation de l'information, mais sans sérialisation ils ne seront jamais lisibles par l'ordinateur. Il y a plusieurs syntaxes possibles pour sérialiser une description RDF (Hebeler et al., 2011) :

##### i. La syntaxe Turtle (Terse RDF Triple Language)

Terse RDF Triple Language (ou Turtle), est une syntaxe de sérialisation pour RDF, par rapport aux autres langages de sérialisation, Turtle semble beaucoup plus lisible par l'humain. L'exemple précédent avec la sérialisation en Turtle s'écrit comme présenté dans la figure 13.

```
1 @prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
2 @prefix dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/> .
3 @prefix ex: <http://www.solearn.net/users/> .
4
5 <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar>
6   dc:title "RDF/XML Syntax Specification (Revised)" ;
7   ex:student3 [
8     ex:hasName "Halimi";
9     ex:hasFriend <http://www.solearn.net/users/student7>
10  ] .
```

Figure. 13. La sérialisation avec la syntaxe Turtle.

##### ii. La syntaxe N-Triples

La syntaxe N-Triples est une version plus simplifiée de Turtle. Elle utilise la même syntaxe pour présenter les ressources, mais impose des restrictions plus simplifiées. Une assertion dans N-Triples est représentée par une seule ligne qui contient le sujet, le prédicat et l'objet, la simplicité de N-Triples peut le rendre un choix attractif pour la sérialisation de RDF et particulièrement dans les applications avec des flux de données (Beckett & McBride, 2004). L'exemple précédent avec la sérialisation en N-Triples s'écrit comme présenté dans la figure 14.

```

1 <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar> <http://purl.org/dc/elements/1.1/title> "N-Triples Syntax Specification "
2 <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar> <http://www.solearn.net/users/student3> _:genid1 .
3 _:genid1 <http://www.solearn.net/users/hasName> "Halimi" .
4 _:genid1 <http://www.solearn.net/users/hasFriend> <http://www.solearn.net/users/student7> .
5

```

Figure. 14. La sérialisation avec la syntaxe N-Triples.

### iii. La syntaxe RDF/XML

RDF/XML est une syntaxe XML utilisée pour représenter les graphes RDF, et c'est la seule syntaxe d'échange normalisée pour la sérialisation de RDF, elle doit être supportée par toutes les applications Web sémantique. Il existe d'autres langages communs, mais pour assurer qu'il y a au moins une syntaxe prise en charge par tous les outils, RDF/XML a été choisi comme syntaxe officielle. Dans un document RDF/XML, les assertions sont regroupées dans l'élément `<rdf:Description>`, chaque élément `<rdf:Description>` doit avoir l'attribut `rdf:about` qui donne le sujet défini dans l'assertion (à travers son URI). Le nom de tag représente le prédicat, mais l'objet peut être présenté des manières différentes tout dépend de sa nature (Littérale ou Resource) (Beckett & McBride, 2004). L'exemple précédent avec la sérialisation en RDF/XML s'écrit comme présenté dans la figure 15.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
2 <rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
3     xmlns:dc11="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
4     xmlns:ns0="http://www.solearn.net/users/">
5
6     <rdf:Description rdf:about="http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar">
7         <dc11:title>RDF/XML Syntax Specification (Revised)</dc11:title>
8         <ns0:student3>
9             <rdf:Description>
10                <ns0:hasName>Halimi</ns0:hasName>
11                <ns0:hasFriend rdf:resource="http://www.solearn.net/users/student7"/>
12            </rdf:Description>
13        </ns0:student3>
14    </rdf:Description>
15 </rdf:RDF>
16
17

```

Figure. 15. La sérialisation avec la syntaxe RDF/XML.

### c) Le langage RDFS (RDF Schéma)

RDFS ajoute à RDF la possibilité de définir des hiérarchies de classes et de propriétés, dont l'applicabilité et le domaine de valeurs peuvent être contraints à l'aide des propriétés `rdfs:domain` et `rdfs:range`. Ainsi que la propriété `rdfs:Class` qui nous permet de déclarer une ressource comme étant une classe pour une autre ressource et la propriété `rdfs:subClassOf` pour définir une hiérarchie des classes (Allemang, & Hendler, 2011).

### d) Le langage OWL

OWL (Ontology Web Language) est un langage basé sur RDF, il enrichit le modèle RDF Schéma en définissant un vocabulaire riche pour la description d'ontologies complexes. OWL est basé sur une sémantique formelle définie par une syntaxe rigoureuse. C'est un langage beaucoup plus riche qui ajoute les propriétés de classe équivalente, de propriété équivalente, d'identité de deux ressources, de différences entre deux ressources, de contraire, de symétrie, de transitivité et de cardinalité, etc., permettant de définir des relations complexes entre des ressources (McGuinness & Van Harmelen, 2004).

---

### e) *Le langage SPARQL*

SPARQL est un protocole et un langage de requêtes permettant l'exploitation de la représentation sémantique des données RDF. Il propose à la fois un langage et un protocole pour interroger les données modélisées en RDF. SPARQL peut être considéré comme le SQL du Web sémantique, il utilise le principe d'identification de chemins dans un graphe pour récupérer les résultats d'une requête donnée. Ainsi, une requête SPARQL se compose d'un opérateur (définissant le type de requête), d'un patron (la partie nécessaire pour l'identification des graphes correspondants) et de modificateurs (par exemple, ORDER BY) (Prud'Hommeaux, & Seaborne, 2008). Une requête peut interroger un ou plusieurs documents RDF, soit par l'utilisation d'un attribut *FROM* en début de requête, soit par l'intermédiaire d'APIs qui permettent de considérer simultanément plusieurs sources. SPARQL dispose quatre opérateurs (Passant, 2009) :

#### e.1. SELECT

Qui comme son nom l'indique va sélectionner différents éléments. Voici un exemple d'une requête de sélection :

```
SELECT ?person ?pays
WHERE {?person prefix:livesIn ?pays}
```

#### e.2. CONSTRUCT

Qui permet de transformer un graphe RDF en un autre graphe. Comme cet exemple :

```
CONSTRUCT {?person prefix:know ?pays}
WHERE {?person prefix:liveIn ?pays}
```

#### e.3. ASK

Qui permet de répondre à une requête, en identifiant si oui ou non l'élément recherché est présent dans le graphe interrogé : `ASK {prefix:Tim prefix:liveIn prefix:USA}`

#### e.4. DESCRIBE

Qui renvoie sous forme d'un graphe RDF une description de la ressource passée en argument. Cette description est laissée à la discrétion des développeurs de moteurs SPARQL. Par exemple : `DESCRIBE prefix:Tim`

### f) *Le langage SWRL*

Le SWRL (Semantic Web Rule Language) est une proposition récente du W3C pour étendre OWL avec des règles. Il est basé sur une combinaison de OWL DL et OWL Lite sous-langages de OWL avec les sous-langages unaires / binaires Datalog RuleML de Rule Markup Language (Horrocks et al., 2004). Il a toute la puissance de OWL DL, mais au prix de décidabilité et implémentations pratiques (Parsia et al., 2005). Cependant, la décidabilité peut être retrouvée en limitant la forme de règles admissibles, généralement en imposant une condition de sécurité appropriée (Motik et al., 2005). Les règles sont de la forme d'une implication entre un antécédent (corps) et conséquent (la tête).

Un axiome de règle de SWRL est constitué d'un antécédent et un conséquent, à la fois constitué de zéro ou plusieurs atomes. Ces règles sont mieux exprimées en OWL sans

---

constructions de règles ou que les requêtes respectivement. En règle générale avec plusieurs atomes dans le corps, le corps est traité comme une conjonction de ses atomes. Dans une règle avec plusieurs atomes dans la tête, la tête aussi est traitée comme une conjonction. Mais une telle règle peut être facilement transformée en règles multiple-chacun avec une seule tête-atome (Horrocks et al., 2004). Une règle SWRL peut être de la forme suivante :

$$\text{hasParent} (?x1,?x2) \wedge \text{hasBrother} (?x2,?x3) \Rightarrow \text{hasUncle} (?x1,?x3)$$

### II.3.4. L'e-Learning 3.0

Les chercheurs de l'éducation utilisent maintenant en toute liberté le terme e-learning 3.0 dans leurs recherches (Wheeler, 2009). La disponibilité des nouvelles technologies à l'instar de : cloud computing, le filtrage collaboratif intelligent, l'augmentation et la capacité de stockage de données fiables, les résolutions d'écran élevées, les dispositifs de multi gestes et les interfaces utilisateur tactile en 3D nous entraînent dans la prochaine génération d'e-learning.

Une des fonctionnalités les plus importantes qui caractérise la troisième génération d'e-learning est l'accès universel aux ressources d'apprentissage en utilisant les dispositifs mobiles pour accéder à n'importe quoi, n'importe quand et n'importe où (Baird, 2007). Les chercheurs suggèrent également l'utilisation de l'intelligence artificielle et l'exploration de données (le data mining) pour construire les systèmes d'e-learning 3.0 qui ont la capacité de vérifier et trier les mégadonnées (Big Data, en anglais), pour fournir le web des données (Linked Data, en anglais) et pour acquérir également une meilleure compréhension du processus d'apprentissage lui-même (Rubens et al., 2011). D'autres chercheurs du domaine de l'éducation estiment que le concept de "n'importe quand, n'importe où et n'importe qui" sera soutenu par "n'importe comment", cette fonctionnalité de "n'importe comment" sera fournie par les mondes virtuels en 3D (Rego et al., 2010). En s'orientant vers le Web 3.0, les communautés de recherche parlent sur les Environnements d'Apprentissage Personnel (EAP), où la "Personnalisation" est considérée comme l'approche clé d'aujourd'hui pour gérer la multitude d'informations et le savoir sur la toile." (Ebner et al., 2011).

#### a) *Le connectivisme, une théorie d'apprentissage pour l'e-learning 3.0?*

La troisième génération de la pédagogie d'enseignement à distance a émergé récemment et est connue sous le nom *connectivisme*. George Siemens et Stephen Downes (Siemens, 2005 ; Downes, 2007a) ont affirmé que l'apprentissage est le processus de création de réseaux d'information, de contacts et de ressources qui sont appliqués aux problèmes réels. Le connectivisme a été développé dans l'âge de l'information d'une époque en réseau (Castells, 1996) et suppose un accès universel aux technologies en réseau. L'apprentissage connectiviste focalise sur la construction et le maintien des connexions réseau qui sont en cours et suffisamment souple pour être appliquées à des problèmes existants et émergents. Le connectivisme suppose également que l'information est abondante et que le rôle de l'apprenant n'est pas de mémoriser ou même de tout comprendre, mais d'avoir la capacité de trouver et appliquer les connaissances quand et où il est nécessaire. Le connectivisme suppose que les traitements mentaux et la résolution des problèmes peuvent et doivent être déchargés des personnes, conduisant à dire que "l'apprentissage peut résider dans des appareils non-humaine" (Siemens, 2005). Il est à noter que les modèles de connectivisme reposent

explicitement sur l'ubiquité des connexions réseau entre les gens, des objets numériques et le contenu, ce qui aurait été inconcevable comme des formes de l'apprentissage à distance.

D'après une comparaison faite par Fehmida Hussain (Hussain, 2012), l'auteur a constaté que les technologies de pointe utilisées pour mettre en œuvre les systèmes d'e-learning 3.0 sont suffisamment soutenues par les principes de la théorie de l'apprentissage du connectivisme. Ceci est l'une des raisons les plus importantes qui nous ont amenés à choisir la théorie de connectivisme comme base pour développer notre approche de personnalisation sous la forme d'une plateforme d'e-learning 3.0. Le tableau 1 montre la compatibilité entre les principes de la théorie de connectivisme et les technologies du Web 3.0.

**Tableau. 1. Les technologies du Web 3.0 soutenues par les principes du Connectivisme**

<b>Les principes de la théorie de connectivisme</b>	<b>Les technologies Web 3.0 utilisées</b>
L'apprentissage et le savoir sont liés à la diversité des opinions et des ressources.	Les réseaux sociaux sémantiques. L'ouverture et l'interopérabilité.
Apprendre est un processus de création des relations entre contacts ou entre les différentes sources d'informations spécialisées.	Big Data, Linked Data, Cloud Computing. Les technologies mobiles intelligentes.
L'apprentissage peut être hébergé par des processus non-humains.	L'intelligence Artificielle, Machine Learning, 3D, visualisation et l'interaction.
L'individu doit connaître comment déterminer ses besoins de connaissances futures afin de réaliser des bonnes stratégies.	Web sémantique, Contrôle de l'Information.
La capacité à faire des liens entre les domaines de connaissances, les idées et les concepts est essentielle.	Web Sémantique, Filtrage Collaboratif Intelligent.
Le développement et la préservation des contacts établis sont essentiels pour faciliter l'apprentissage tout au long de la vie.	Web Sémantique, Filtrage Collaboratif Intelligent.

## II.4. Conclusion

L'apprentissage en ligne est un processus dans lequel les participants acquièrent de nouvelles qualifications et construisent de nouvelles connaissances au moyen des interactions entre les membres d'un groupe. Cette approche pédagogique peut être considérée d'être plus efficace que l'apprentissage individuel et concurrentiel dans beaucoup de circonstances. C'est une discipline consacrée à la recherche en technologie éducative qui se concentre sur l'utilisation des technologies de l'information et de communication dans le contexte de l'apprentissage collaboratif. En raison des efforts faits dans ce domaine de recherche, plusieurs systèmes ont été proposés afin de soutenir la réalisation de différentes situations d'apprentissage. Ces systèmes d'apprentissage fournissent typiquement un certain nombre d'outils qui peuvent être utilisés par des utilisateurs pour effectuer les activités d'apprentissage dans une situation donnée. Mais dans la plupart des cas, ces systèmes ont plusieurs inconvénients et limitations. Pour surmonter ces problèmes, les chercheurs recommandent d'opter le développement des systèmes d'apprentissage personnalisés à base des plateformes e-learning 3.0 qui ont basé sur les concepts et les fondements du Web 3.0.

---

## - Chapitre 2 -

# La Personnalisation de l'Apprentissage en Ligne

“ *Chacun a le droit d'apprendre à son propre rythme* ”

*Jean THERER*

# I. La Personnalisation de l'apprentissage

---

<b>I. LA PERSONNALISATION DE L'APPRENTISSAGE .....</b>	<b>54</b>
I.1. DEFINITION .....	55
I.2. DIMENSIONS DE LA PERSONNALISATION .....	57
I.3. TYPE DE PERSONNALISATION.....	60
I.4. TECHNIQUES DE DETERMINATION DES ELEMENTS DE LA PERSONNALISATION.....	62
I.5. LES METHODES DE PERSONNALISATION.....	63
<b>II. LES TRAVAUX RELIES.....</b>	<b>72</b>
II.1. DESCRIPTION DES SYSTEMES ETUDIES .....	72
II.2. ANALYSE DES SYSTEMES ETUDIES .....	76
<b>III. CONCLUSION .....</b>	<b>77</b>

---

L'apprentissage personnalisé se produit lorsque les systèmes d'e-learning font des efforts délibérés pour concevoir des expériences éducatives qui répondent aux besoins, aux objectifs et aux intérêts des apprenants. Les chercheurs ont récemment commencé à utiliser diverses techniques pour améliorer les systèmes d'e-learning, où la personnalisation constitue un enjeu majeur pour le faire. La pertinence de l'information fournie et son adaptation aux préférences des utilisateurs représentent les éléments clés du succès ou d'échec de ces systèmes. Il est indispensable de fournir un système personnalisé qui peut automatiquement s'adapter aux styles d'apprentissage et au niveau de connaissances des apprenants et intelligemment recommander des activités ou des ressources en ligne qui favorisent et améliorent l'apprentissage.

Dans cette partie, nous présentons les concepts majeurs et les grands fondements de la personnalisation. À travers notre recherche bibliographique, nous avons constaté que les chercheurs traitent le sujet de la personnalisation différemment. Notre objectif est de formuler un aperçu général sur le sujet en essayant de répondre à ces questions clés : Qu'est-ce que la personnalisation ? , Que personnaliser ? Et Comment personnaliser?

### **I.1. Définition**

Les gens personnalisent couramment les lieux et les objets dans leur environnement. Le même phénomène peut être observé dans la façon où les gens décoorent certains produits électroniques, les téléphones portables par exemple sont maintenant vendus avec des couvertures de couleurs remplaçables, des modifications importantes peuvent être apportées à l'aspect du bureau d'un PC, les portails Web tel que Yahoo! permettent ainsi aux utilisateurs de modifier le style de la page, etc. (Blom et Monk, 2003).

Le concept de la personnalisation a été élargi de la personnalisation de l'environnement à la personnalisation de la technologie. Wells dans (Wells, 2000) a défini la personnalisation de l'environnement comme "*la décoration volontaire ou la modification de l'environnement.*" Blom dans (Blom, 2000) a défini la personnalisation de la technologie comme "*un processus qui modifie la fonctionnalité, l'interface, le contenu de l'information, ou le caractère distinctif d'un système pour augmenter sa pertinence personnelle à un individu*". Une différence importante est que la définition de Blom comprend des modifications à ce que le produit peut faire aussi bien que son apparence physique.

Une expérience menée par (Blom et Monk, 2003) indique pourquoi les utilisateurs préfèrent personnaliser les choses, ils ont souligné que les utilisateurs optent pour la personnalisation pour certaines raisons, par exemple: la fréquence d'utilisation, le reflet de l'identité personnelle, le reflet de l'identité du groupe, la familiarité avec le système, pour se sentir unique et pour se sentir en contrôle, etc.

La personnalisation désigne toute interaction avec un client, un groupe de clients, un utilisateur ou des partenaires, visant à tailler sur mesure le contenu, la présentation, la publicité ou les services et les produits. Cette interaction repose sur un ensemble de technologies exploitant le maximum d'informations.

Le terme "*Personnalisation*" fait un grand débat dans la littérature. Ce mot a été figuré et continue à figurer dans plusieurs recherches. Le débat à propos de ce terme se caractérise par

une grande confusion sur le sens concret de ce concept. Dans ce contexte, nous allons essayer de le clarifier à travers la présentation de diverses définitions proposées dans la littérature.

Le processus de personnalisation est décrit par (Rosenberg, 2001) comme "*une technologie cognitive*" le fait qu'il s'appuie sur l'apprentissage de l'utilisateur en utilisant la machine. Cet apprentissage consiste à observer le comportement de l'utilisateur et le système a la capacité de s'adapter au fil du temps.

Pour Kostadinov (Kostadinov, 2007), la personnalisation de l'information se définit comme: "*un ensemble de préférences individuelles, par des ordonnancements de critères ou par des règles sémantiques spécifiques à chaque utilisateur ou communauté d'utilisateurs. Ces modes de spécification servent à décrire le centre d'intérêt de l'utilisateur, le niveau de qualité des données qu'il désire ou des modalités de présentation de ces données*".

Le Gartner Group (Janowski & Sarner, 2001) a défini la personnalisation comme "*toute interaction avec l'utilisateur dans laquelle le message, l'offre ou le contenu a été taillé sur mesure pour un utilisateur ou groupe d'utilisateurs spécifiques*".

Dans le contexte de l'apprentissage en ligne, la personnalisation est basée sur le développement d'applications sociales, où la notion des "Environnements d'Apprentissage Personnel" (EAP) a été introduite. Le terme a été mentionné la première fois dans une session lors d'une conférence JISC / CETISd en 2004. La vision "environnement d'apprentissage virtuel" de Scott Wilson peut être considérée comme une première tentative pour décrire ce nouveau concept d'un système d'apprentissage personnel interagit avec des applications sociales (Schaffert & Hilzensauer, 2008).

Il n'y avait pas de consensus sur ce qu'est un PLE pourrait être (Fiedler & Våljataga, 2010). La seule chose que la plupart des chercheurs semblaient d'accord c'est que la personnalisation n'est pas une application. Plutôt, c'est une approche d'utilisation des technologies pour l'apprentissage. Attwell par exemple, précise que "*il est essentiel que les EAP ne sont pas considérés seulement comme une nouvelle application de la technologie éducative, mais plutôt comme un concept*" (Attwell, 2007). Downes exprime une vue similaire quand il écrit: "*Un EAP est reconnu que la solution "one size fits all" qui caractéristique la plupart des LMS ne sera pas suffisante pour répondre aux besoins variés des apprenants*" (Downes, 2007b).

Un débat a été ouvert sur la conception d'un EAP comme s'il est une catégorie de la technologie ou pas. En fait, il ya des situations où un EAP n'est pas une partie simple de logiciel, mais plutôt une collection d'outils utilisés par un utilisateur pour répondre à leurs besoins dans le cadre de leur routine de travail et d'apprentissage personnel. Alors, les caractéristiques de la conception d'un EAP peuvent être obtenues en utilisant une combinaison des outils, d'applications et de services existants (Fiedler & Våljataga, 2010).

Par exemple, les auteurs dans (Severance et al., 2008) voient les EAPs comme des environnements mariés à des outils et des services qui sont couramment étiquetés Web 2.0, ceux impliquant la personnalisation de l'apparence du site, les flux RSS et les mécanismes pour produire un environnement qui peut être optimisé pour l'apprentissage: "*PLEs start with current and expanding capabilities of the WWW, especially those referred to often as 'Web 2.0' capabilities, those involving individual site customization of appearance, resource feeds,*

*tools, and add organizing mechanisms to produce an environment that can be optimized for learning".*

Un EAP comprend tous les outils éducatifs individuels utilisés par les apprenants pour diriger leur propre apprentissage et de poursuivre leurs objectifs pédagogiques. Contrairement aux LMSs, un EAP adopte une approche d'apprentissage centrée sur l'apprenant, lui permettant d'améliorer son processus d'apprentissage. Dans ce contexte, nous voyons qu'un EAP est une structure basée sur : i) l'utilisation des outils et des services inspirés de technologies récentes (à savoir le Web 2.0, le web sémantique et les réseaux sociaux, etc.), ii) l'implication des recommandations des ressources pertinentes et iii) l'incorporation des styles et des préférences des apprenants dans les activités d'apprentissage (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015).

Par conséquent, et sur la base des définitions ci-dessus, nous avons approuvé une certaine citation qui affirme qu'un EAP est une plate-forme d'auto direction et que les apprenants sont responsables d'organiser, de maintenir et d'augmentant leur processus d'apprentissage. Cependant, cela nécessite certaines capacités dans la conscience de soi et de la maturité (Boroch et al., 2007). En effet, les apprenants n'ont pas les qualifications pour promouvoir leur apprentissage par eux-mêmes dans un environnement d'apprentissage autonome. Les apprenants sont habituellement inexpérimentés et irresponsables, ils ne parviennent pas souvent à organiser leur processus d'apprentissage. Par conséquent, nous croyons qu'un EAP est: *"Un environnement d'apprentissage en ligne qui fournit pour chaque apprenant un propre plan d'apprentissage et qui lui fournit les meilleurs chemins d'apprentissage selon ses préférences, ses intérêts et ses connaissances, ce qui signifie, en le recommandant les meilleurs collaborateurs et les ressources d'apprentissage les plus pertinentes qui correspondent le mieux à ses besoins "*. Encore, les faiblesses des apprenants seront reconnues et la personnalisation sera construite en conséquence. Nous proposons de produire la personnalisation sur la force des interactions entre les apprenants et avec le système en utilisant des outils émergents de réseaux sociaux et du web sémantique (Halimi, et al., 2014).

## **I.2. Dimensions de la personnalisation**

Après avoir analysé l'état de l'art sur les domaines des EAPs, des LMSs, les applications sociales et l'interactivité en e-learning, nous identifions les exigences pour la réalisation d'un EAP efficace. Nous avons examiné: i) la nécessité psychique pour la personnalisation, ii) la notion de PLE; iii) le concept de l'interactivité dans l'e-learning; iii); et iv) les tendances générales des interactions sociales dans l'éducation basée sur le Web. S'appuyant sur ces exigences nous avons proposé un ensemble de dimensions qui pourrait servir d'orientations lors de l'élaboration d'un EAP efficace.

### **I.2.1. Dimension 1: l'intégration des outils et des données**

Un des concepts les plus importants des EAPs est la capacité d'intégrer les ressources, les outils, les services et les logiciels hétérogènes que les individus utilisent dans leurs pratiques quotidiennes d'apprentissage. Les chercheurs tentent de résoudre ce problème en proposant différentes approches et solutions techniques pour réaliser des fusions de contenu et des données provenant de différents outils et services. Les solutions les plus avancées sont basées sur l'utilisation des technologies du Web sémantique. Plus précisément, elles pourraient être

réalisées plus efficacement grâce à l'utilisation des ontologies, car elles permettent une intégration transparente des données et des connaissances provenant de différentes sources (Allemang & Hendler, 2011). En outre, la structure et la sémantique des ontologies qui ajoutent aux données des connaissances capturées, stockées et interdépendantes, constituent une excellente base pour le développement des services d'apprentissage de pointe pour l'intégration automatique des données de l'extérieur (Zablith et al., 2011; Jeremic et al., 2009).

### **I.2.2. Dimension 2: support des relations symétriques**

Dans les systèmes actuels d'apprentissage, il ya souvent une distinction très claire entre les capacités des apprenants et des enseignants. En particulier, les outils d'organisation et de création sont plus riches pour l'enseignant que pour l'apprenant. Cette asymétrie envoie un message contradictoire aux apprenants; d'une part, ils sont exhortés à faire preuve de créativité, de participer et de prendre le contrôle de leur apprentissage, et d'autre part ils sont limités à un rôle essentiellement passif. L'EAP devrait contenir les outils du Web 2.0 pour soutenir les relations symétriques pour permettre à supporter tous les types possibles de relations entre les différents utilisateurs (enseignants ou apprenants) (Sclater, 2008).

### **I.2.3. Dimension 3: Un contenu ouvert**

Contrairement aux LMS, l'EAP est préoccupé par le partage des ressources et non pas de les protéger, il met l'accent sur l'utilisation des mécanismes permettant l'édition, la modification et la republication de ressources. Plutôt que d'objets d'apprentissage pré-emballés, les ressources collectées et accessibles en utilisant l'EAP sont plus généralement des critiques, des commentaires et d'autres objets de communication. L'EAP encourage les utilisateurs à faire des "listes de lecture" des ressources et de les partager avec les autres pour la construction collaborative de connaissances, en utilisant les services en ligne tels que del.icio.us<sup>10</sup>, connotea<sup>11</sup> et les réseaux sociaux sémantiques éducatifs, etc. (Kop, 2011).

### **I.2.4. Dimension 4: Support de l'apprentissage informel**

Nous apprenons tout au long de notre vie, dans n'importe quel milieu et dans n'importe quel contexte. La plupart de nos processus d'apprentissage ne viennent pas de programmes d'éducation formelle. Nous apprenons en observant les autres, en posant des questions, en essayant et en commettant les erreurs. Par exemple, Cross (Cross, 2011) affirme que l'apprentissage informel est plus efficace pour les compétences que des cours magistraux donnés par les instructeurs.

La promesse des environnements d'apprentissage personnels pourrait étendre l'accès à la technologie éducative à tous ceux qui veulent organiser leur propre apprentissage. En outre, l'idée des EAPs vise à inclure et à rassembler tout apprentissage, y compris l'apprentissage informel, l'apprentissage en milieu de travail, l'apprentissage dans la maison, l'apprentissage conduit à la résolution de problèmes et l'apprentissage motivé par l'intérêt personnel ainsi que l'apprentissage par l'engagement dans les programmes éducatifs formels (Boustedt et al., 2011).

---

<sup>10</sup> del.icio.us : est un site web social permettant de sauvegarder et de partager ses marque-pages Internet et de les classer selon le principe de folksonomie par des mots clés

<sup>11</sup> Connotea : est une application web gratuite de gestion bibliographique, dédiée principalement à l'organisation des publications scientifiques par les chercheurs et étudiants.

### **I.2.5. Dimension 5: Support de l'apprentissage tout au long de la vie**

L'idée de base derrière le terme "apprentissage tout au long de la vie" est que l'apprentissage ciblé devrait se produire tout au long de la vie d'une personne. Par conséquent, un accent est mis sur la manière de comment équiper les apprenants par des dispositifs qui les poussent à apprendre pour eux-mêmes, à la fois dans l'éducation formelle et longtemps après qu'ils ont obtenu leur diplôme; reconnaissant que l'apprentissage se fait dans une grande variété de contextes, à la fois dans les milieux universitaires et au-delà, dans la communauté, le lieu de travail, etc. (Kiley & Cannon, 2000). L'EAP doit contenir des outils pour soutenir l'apprentissage continu; où les apprenants planifient et évaluent leur propre apprentissage; ils sont actifs plutôt que des apprenants passifs; et utilisent différentes stratégies d'apprentissage pour des situations différentes lorsque cela est nécessaire.

### **I.2.6. Dimension 6: la conscience de contexte**

Les logiciels sensibles au contexte offrent une solution idéale le fait qu'ils cherchent à améliorer l'efficacité de l'interaction de l'utilisateur avec l'environnement grâce à la capture et de l'utilisation de données sur les aspects pertinents de la situation actuelle de l'utilisateur (Braun et al., 2007). Les EAPs devraient utiliser les ontologies en raison de leur souplesse, l'expressivité et l'extensibilité pour la modélisation de contexte (Ghidini et al, 2007). Les ontologies assurent que les différentes entités qui utilisent les données de contexte ont une compréhension sémantique commune de ces données. Ils viennent aussi avec des mécanismes de raisonnement sur les données contextuelles disponibles, ce qui permet d'extraire des connaissances inférées sur les situations implicitement énoncées.

### **I.2.7. Dimension 7: L'apprenant est au centre de l'apprentissage**

Un EAP assume que l'apprenant doit être actif est en contrôle de son processus d'apprentissage, en prenant l'initiative dans l'apprentissage et la responsabilité de la gestion de ses connaissances et compétences (Attwell, 2007). Grâce aux différents outils et des services qu'ils intègrent, l'EAP permet aux apprenants de planifier et de documenter leurs processus d'apprentissage personnels, pour stocker des réflexions personnelles, produire des artefacts et d'autres titres de compétences acquises. En outre, un EAP peut encore soutenir un apprenant en lui offrant le contenu et les tâches d'apprentissage le plus appropriés.

La décision de favoriser l'utilisation des EAPs pour augmenter la qualité de l'apprentissage au lieu d'utiliser les LMSs est bien justifiée dans la littérature. Par exemple, Anderson (Anderson, 2006) tente de souligner les différences et avantages des EAPs par rapport aux LMSs. Il identifie six avantages, qui sont: l'identité (les apprenants ont l'existence au-delà de l'école formelle), la facilité d'utilisation (personnalisation par l'utilisateur lui-même), le contrôle et la responsabilité (le contenu appartient à l'utilisateur), le droit d'auteur et la réutilisation (le propriétaire et non l'institution doit prendre les décisions), la présence sociale (support de communication et de "la culture en ligne") et la capacité de l'innovation. Le tableau 2 résume la différence entre les LMSs et les EAPs.

Tableau. 2. La différence entre les LMSs et les EAPs (Halimi et al., 2014)

LMS	EAP
<b>Centré contenu</b>	<b>Centré apprenant</b>
<b>"One-size-fits-all":</b> Il fournit une approche d'apprentissage unique pour tous les apprenants en offrant un système statique avec des outils prédéfinis.	<b>Responsabilité Personnelle:</b> Il offre une expérience personnalisée de l'apprentissage. Il tient compte des besoins et des préférences de l'apprenant et les place au centre en lui offrant une pléthore d'outils et de lui fournir le contrôle, choisir et utiliser les outils de la façon dont il le juge opportun.
<b>Support de l'apprentissage formel:</b> Un LMS n'est pas propice à l'apprentissage informel ou tout au long de la vie. Dans un LMS, l'apprentissage a une fin. Il s'arrête quand un cours se termine.	<b>Support de l'apprentissage informel :</b> Il peut inclure toutes les formes d'apprentissage : formels, informels et tout au long de la vie, dans un contexte centré sur l'apprenant. Permet à l'apprenant de capturer ses réalisations de l'apprentissage informel et permanent et développer son propre e-portfolio. C'est un apprentissage fluide, se poursuit après la fin d'un cours particulier.
<b>Centralisé, fermé et borné:</b> Stocke des informations sur une base centralisée dans un environnement fermé et borné.	<b>Distribué, faiblement couplé et ouvert:</b> Il s'exploite dans un contexte plus décentralisé et ouvert. Offre une opportunité aux apprenants de faire une utilisation efficace des sources de connaissances distribuées pour enrichir leurs expériences d'apprentissage.
<b>Une hiérarchie de haut en bas:</b> Il ya une distinction claire entre les capacités des apprenants et des enseignants, résultant en un flux unidirectionnel des connaissances. Il est façonné par les commandes et des contrôles et les relations asymétriques.	<b>Solution de bas en haut :</b> Il fournit une solution de bas en haut émergente, tirée par les besoins de l'apprenant et fondée sur le partage plutôt que le contrôle.
<b>Un seul chemin de connaissance :</b> Il adopte un modèle de connaissance qui s'intéresse à exposer les contenus aux apprenants, commande et contrôle	<b>Relations symétriques:</b> Les apprenants peuvent créer leurs propres environnements où ils peuvent tirer des connaissances qui répondent à leurs besoins d'un large éventail de sources de connaissances de grande valeur.

### I.3. Type de personnalisation

Dans cette section, nous présentons les différents types de la personnalisation. Cette présentation se repose essentiellement sur les travaux de la communauté hypermédia adaptatif, où trois dimensions ont été prises en considération, il s'agit de: la personnalisation du contenu, la personnalisation de la navigation (Raad & Causse, 2002) et la personnalisation de la présentation (Frasincar & Houben, 2002).

#### I.3.1. La personnalisation de contenu

La personnalisation du contenu consiste principalement à proposer une information qui corresponde aux connaissances de l'utilisateur ou aux activités qu'il doit mener à bien. Elle

consiste à déterminer les éléments les plus susceptibles d'intéresser l'apprenant afin de lui présenter ces éléments en premier lieu. Les autres informations sont donc "*filtrées*". S'il manifeste de l'intérêt pour ces dernières, elles pourront toujours lui être présentées ultérieurement. Cette approche permet de simplifier grandement les pages et d'accroître la pertinence des informations présentées à l'utilisateur, sans pour autant réduire la richesse du site. Le contenu peut être personnalisé de plusieurs façons. Parmi les plus courantes, nous distinguons les méthodes visant à (Villanova-Oliver, 2002):

- Offrir un complément d'information par rapport au contenu qui existe déjà;
- N'afficher que la partie de l'information jugée pertinente pour un utilisateur donné ;
- Choisir la méthode la plus adéquate pour proposer la meilleure information pour un utilisateur donné.

Parmi les nombreuses possibilités de personnalisation se situent à ce niveau nous trouvons le filtrage de contenu.

#### a) *Le Filtrage*

Il existe principalement trois techniques de filtrage de contenu. *Le filtrage basé sur des règles* permet de sélectionner le contenu à envoyer en fonction de critères préétablis, le *filtrage implicite* se sert de l'information dont il dispose sur le groupe d'individus auquel il associe le visiteur pour sélectionner le contenu à envoyer et *la customisation* quant à elle offre à l'utilisateur la possibilité de choisir les informations qu'il souhaite recevoir, il filtre donc lui-même le contenu (Bradley et al., 2000). La figure 16 représente un modèle d'un système de filtrage.

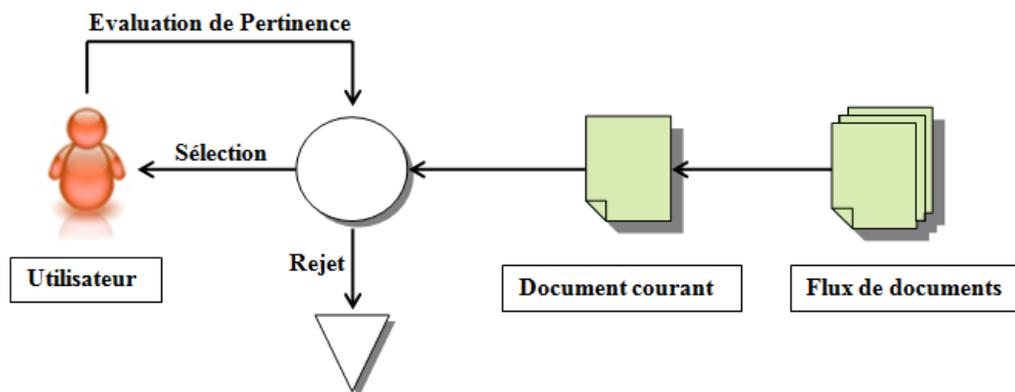


Figure. 16. Représentation du système de filtrage (Adaptée de Bradley et al., 2000).

### I.3.2. Personnalisation de navigation

La personnalisation de navigation permet de guider l'utilisateur à suivre les chemins menant aux informations pertinentes (Brusilovsky, 1997). Nous présentons les méthodes associées d'après (Brusilovsky, 1998):

- Le guidage global sert à assister l'utilisateur pour arriver à l'information pertinente en suivant le plus court chemin.
- Le guidage local consiste à aider l'utilisateur à choisir le meilleur lien à suivre à partir du nœud courant.

- L'orientation globale donne l'utilisateur un aperçu complet sur la structure de l'espace et sa position réelle dans cette structure.
- L'orientation locale se base sur l'introduction d'informations qui donnent la position relative de l'utilisateur et pour obtenir une meilleure représentation de ces attentes (les méthodes d'annotations de liens et les méthodes qui cachent les informations non pertinentes sont utilisées).
- Les vues personnalisées permettent de diminuer l'espace à la partie que les utilisateurs utilisent réellement dans leur activité habituelle.

### **I.3.3. Personnalisation de la présentation**

Dans cette dimension, ce sont les caractéristiques visuelles qu'elles seront prises en considération, la personnalisation porte donc sur la forme (ou l'apparence).

Les méthodes les plus connues concernent la personnalisation des propriétés graphiques du document (Koch, 2000). Il s'agit ici de mettre en jeu le choix de couleurs et la forme des composants (tels que les boutons de commandes, les bordures, les puces, etc.), la taille, le type et les couleurs de police, etc. Le choix du langage utilisé pour diffuser l'information est considéré aussi comme l'un des éléments de la personnalisation de la présentation (Frasincar & Houben, 2002). Les méthodes basant sur la personnalisation de l'organisation du document sont aussi concernées. La page est divisée en plusieurs parties et leur position est déterminée selon des ordonnancements temporels et spatiaux variés (Frasincar et al., 2001).

### **I.4. Techniques de détermination des éléments de la personnalisation**

Les différents éléments (contenu, structuration des liens ou présentation) peuvent être personnalisés pour répondre aux besoins des utilisateurs. Chaque utilisateur peut personnaliser chaque élément comme il veut. Mais, il ya des questions fondamentales doivent être traitées en premier lieu : comment déterminer la meilleure forme qui corresponde à un utilisateur particulier ? Comment déterminer le contenu à présenter pour un visiteur ? Avec quelle structure de liens ? Etc. Trois techniques dans la littérature peuvent répondre à ces questions, il s'agit de : la technique de détermination explicite, la technique de détermination implicite et la customisation. Pour présenter ces trois techniques, nous nous sommes principalement appuyés sur les travaux de (Bazsalicza & Naim, 2001).

#### **I.4.1. Détermination Explicite**

Pour effectuer la détermination à travers cette technique, il faut récupérer les données obtenues directement des actions explicites des visiteurs. Ces données peuvent être obtenues directement à travers l'utilisation d'un formulaire ou les prendre indirectement. Dans les deux cas, les informations sont stockées dans un profil spécifique pour chaque utilisateur. Sur la base des données collectées, le site peut définir des règles pour identifier les informations pertinentes à envoyer à l'utilisateur.

#### **I.4.2. Détermination Implicite**

Cette technique utilise des données déduites à partir d'autres visiteurs pour effectuer le travail de détermination. Avec cette technique, le site déduit les caractéristiques du visiteur à partir des caractéristiques du groupe auquel il l'appartient. Cette méthode utilise des techniques statistiques utilisant des données n'appartenant pas à l'utilisateur dans le but d'estimer ce qu'il veut ou ce qu'il va faire.

Par exemple, si nous observons sur un système d'apprentissage qu'un apprenant s'intéresse à des informations sur "le web sémantique" et que nous savons que 60% des apprenants demandant ces renseignements sont des apprenants en poste graduation, nous pouvons supposer à 60% qu'il est aussi un apprenant en poste graduation. A partir de cette information, nous pouvons lui proposer un lien vers d'autres ressources concernant les technologies du web sémantique.

### **I.4.3. Customisation**

La grande différence entre la customisation et les deux techniques précédentes se présente dans le côté qui décide les éléments à envoyer. Dans la customisation, c'est l'utilisateur qui est le responsable à choisir ses propres préférences, tandis que dans les deux autres techniques c'est le serveur qui prend en charge cette tâche de sélection. En faveur à cette technique, nous pouvons être en mesure de garantir que les préférences choisies par l'utilisateur sont réellement les siennes. De plus, ceci constitue une source d'information intéressante pour une éventuelle combinaison avec d'autres techniques de détermination.

## **I.5. Les Méthodes de personnalisation**

Personnaliser l'apprentissage comprend le processus prenant en compte les spécificités de chaque apprenant, les buts et les objectifs pédagogiques fixés par les enseignants. Différentes approches permettant la personnalisation des activités des apprenants ont été proposées. Dans ce qui suit, nous allons présenter quelques méthodes qui nous sont pas exhaustive, mais qui ont une relation avec notre approche de personnalisation.

### **I.5.1. L'utilisation des systèmes de recommandation**

Un système de recommandation est un type particulier des systèmes de filtrage de l'information, il vise à proposer à l'utilisateur les meilleures informations qui peuvent l'intéresser (films, musique, livres, news, images, pages Web, etc.). Son fonctionnement général se résume dans le fait de comparer le profil d'un utilisateur avec certains critères de référence et chercher à prévoir "l'avis" que donnerait un utilisateur (Ricci et al., 2011).

L'un des défis majeurs qui caractérisent la conception des systèmes de recommandations est la génération des recommandations personnalisées et de valeur tout en diminuant l'effort requis des utilisateurs. Les systèmes de recommandation sont considérés comme l'alternative préférable au système de recherche classique, car ils pensent au lieu de l'utilisateur pour lui aider à découvrir les informations pertinentes. Les systèmes de recommandation emploient souvent les moteurs de recherche d'indexation de données non traditionnelles (Fouss, 2010). La figure 17 montre l'architecture générale d'un système de recommandation.

Les systèmes de filtrage d'information s'inscrivent parmi les bases de la majorité des systèmes de recommandation. L'implication des concepts du web 2.0 dans tels systèmes est la tendance de recherches ces dernières années, les chercheurs essayent de produire une nouvelle génération des systèmes de filtrage d'information boostés par la sémantique ou les aspects sociaux du web 2.0, ce type de systèmes s'appelle les systèmes de filtrage d'information sémantiques ou sociaux (Oufaida & Nouali, 2009).

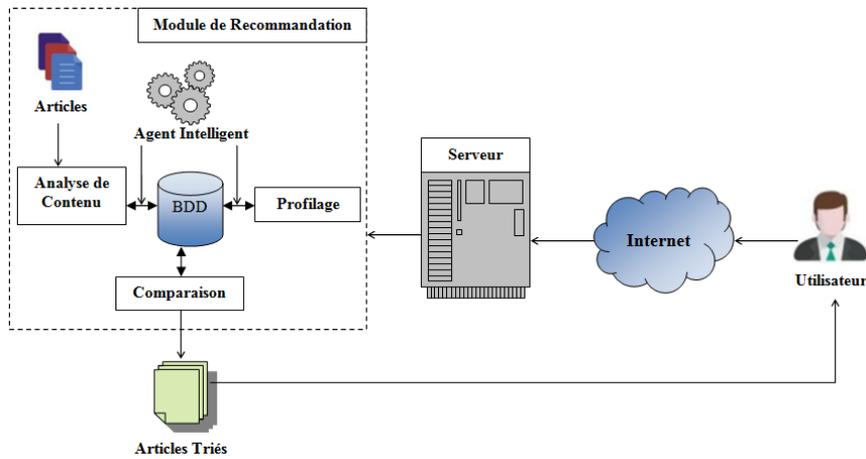


Figure. 17. Architecture d'un système de recommandation (Adaptée de Trousse, 2001)

### a) *Systèmes de filtrage d'information à base d'ontologies*

De nouvelles approches servant à intégrer la sémantique dans la recherche d'informations ont été utilisées après l'émergence de l'utilisation de ressources conceptuelles pour indexer les documents (Baziz et al., 2005). Ces approches ont inspiré le changement du paradigme d'une description des documents par mots-clés à une description sémantique en utilisant les concepts.

Dans le même sens, les auteurs dans (Ziegler et al., 2004) ont employé une taxonomie décrivant les documents à recommander afin d'inférer les profils utilisateurs. Le profil contient des *catégories* de documents avec un score d'importance de ces catégories. Ils ont utilisé cette approche pour déterminer d'autres profils similaires. Les auteurs dans (Schickel-Zuber & Faltings, 2006) ont employé des ontologies pour améliorer le modèle utilisateur et la pertinence des recommandations.

### b) *Systèmes de filtrage à base d'annotations collaboratives*

Parmi les aspects très prometteurs du web 3.0 nous trouvons les systèmes d'annotations collaboratives. Ces systèmes fournissent à leurs utilisateurs la possibilité de publier en ligne des ressources, des photos, des documents, etc. et de les marquer (taguer) par des mots choisis librement qui décrivent leur contenu, c'est ce qu'ils sont appelés les "*annotations*" ou "*tags*". Ces annotations représentent le contenu de la ressource en fournissant une information contextuelle et sémantique. Les annotations sont habituellement associées au web sémantique du fait qu'ils permettent aux utilisateurs d'ajouter les métadonnées aux documents d'une manière très simple. Parmi les services web les plus populaires, nous retrouvons Flickr<sup>12</sup>, del.icio.us, etc. (Oufaida & Nouali, 2009).

Ces annotations sur les documents peuvent être exploitées dans le processus de filtrage d'informations. Des travaux récents ont bien profité de cette méthode. Par exemple, les auteurs dans (Tso-Sutter et al., 2008) ont ajouté les annotations comme une troisième dimension dans leur modèle de filtrage basé sur les votes. Les auteurs dans (Szomszor et al., 2007) ont utilisé les annotations pour enrichir le profil utilisateur, où les utilisateurs et les

<sup>12</sup> Flickr Flickr, de l'anglais to flick through, feuilleter, est un site web de partage de photographies et de vidéos gratuit, avec certaines fonctionnalités payantes.

documents possèdent chacun d'eux un nuage d'annotations. La recommandation est calculée en utilisant la similarité sémantique entre les deux nuages.

### c) *Systèmes de filtrage d'informations à base de réseaux sociaux*

Le succès continu des réseaux sociaux où leurs utilisateurs interagissent quotidiennement avec des milliers d'autres personnes, par l'ajout des publications, la gestion de la liste des amis et l'expression des centres d'intérêt, a incité les chercheurs à la réutilisation de ces données sociales dans les systèmes de filtrage d'information. Les chercheurs ont pensé de remplacer la création des communautés classiques (créée sur la base des votes) par celles construites sur la base du réseau social (amis et amis d'amis). Après une étude comparative faite par (Sinha & Swearingen, 2001) entre les recommandations collaboratives classiques et celles faites par les amis, les chercheurs ont constaté que les utilisateurs préfèrent les recommandations faites par leurs amis. Ils affirment que cela est dû au fait que les amis sont plus qualifiés à les conseiller et ayant la confiance nécessaire pour connaître davantage les préférences des utilisateurs.

### **I.5.2. L'utilisation de la sémantique (Le Web Social Sémantique)**

Les EAPs ont pris de grands avantages du Web Social Sémantique (Nilsson et al., 2002). Beaucoup de recherches effectuées dans ce domaine partagent l'idée de l'utilisation d'un vocabulaire partagé ou d'une ontologie pour ajouter la sémantique au matériel d'apprentissage (Dzbor et al., 2007). Par exemple dans (Henze, 2005), une approche de personnalisation de l'espace de travail utilisant une architecture orientée services et RDF/S est présentée, dans (Torniai et al., 2008) les chercheurs ont étudié les interactions sociales sémantiques dans le système d'e-learning pour fournir la personnalisation. L'utilisation des modèles et des technologies du Web sémantique dans les systèmes d'e-learning permet la personnalisation du contenu d'apprentissage, la composition de nouvelles ressources d'apprentissage en fonction des besoins et l'adaptation des interactions entre le système et les apprenants en fonction de leurs objectifs d'apprentissage.

### **I.5.3. L'utilisation des styles d'apprentissage**

De nombreuses recherches visent à identifier les différences individuelles afin de fournir la meilleure personnalisation (Snow, 1991). La théorie du style d'apprentissage a émergé selon ces recherches. Elle est définie comme un processus mental utilisé par les gens pour recueillir et traiter l'information de façon optimale. Le style d'apprentissage peut être défini comme "*les attitudes et les comportements qui déterminent la façon préférée de l'apprentissage d'un individu*" (Honey & Mumford, 1992). Jusqu'à présent, beaucoup de travail a été fait sur le développement de modèles d'apprentissage. Mais, de nombreuses discussions sont encore ouvertes pour accepter les différentes théories (Bruen, 2002). Différents outils sont utilisés pour déterminer les styles d'apprentissage des apprenants (Anderson, 2008), principalement avec l'utilisation de questionnaires qui classent chaque personne en fonction de son/ses styles d'apprentissage.

Définir les styles d'apprentissage n'est pas aisé, le fait qu'il y a beaucoup de définitions sur la littérature. Par exemple (Chevrier et al., 2000) a essayé de les organiser en trois catégories:

1. Une prédisposition psychologique : Les styles d'apprentissage sont "*des caractéristiques comportementales, cognitives, affectives et physiologiques des individus et qui servent*

*comme indicateurs relativement stables de la manière dont les individus perçoivent, interagissent et répondent dans un environnement d'apprentissage "* (Keefe, 1987).

2. Des processus de traitement d'information, comme la définition proposée par (Della-Dora & Blanchard, 1979), le style d'apprentissage "*est la façon personnellement préférée de transiger avec l'information et l'expérience dans des situations d'apprentissage "*.
3. Des caractéristiques de la personnalité, comme défini dans (Hunt, 1979): "*Le style d'apprentissage décrit un apprenant en termes des conditions éducatives qui sont les plus susceptibles de favoriser son apprentissage*". Dire qu'un apprenant diffère par son style d'apprentissage signifie que certaines approches éducatives sont plus efficaces que d'autres pour lui.

Une définition regroupant ces trois aspects est donnée par (Riding & Rayner, 1998) : "*Le terme style d'apprentissage renvoie à un ensemble individuel de différences qui incluent non seulement une préférence personnelle exprimée concernant l'enseignement ou une association avec une forme particulière d'activité d'apprentissage, mais aussi à des différences individuelles que l'on retrouve en psychologie de l'intelligence ou de la personnalité "*.

#### **a) Techniques de détection des styles d'apprentissage**

Deux grandes méthodes utilisées pour détecter les styles d'apprentissage se trouvent dans la littérature, il s'agit d'une méthode manuelle basée sur l'utilisation des questionnaires psychologiques et l'autre une méthode automatique basée sur l'utilisation d'une approche "orientée donnée (data-driven)" où la détection est basée sur l'analyse du comportement des apprenants dans le système. Dans ce qui suit, nous présentons les fondements de chaque méthode.

##### **a.1. La méthode manuelle**

Plusieurs théories de styles d'apprentissage ont été émergées grandement au cours des dernières décennies. Les auteurs dans (Coffield et al., 2004) recensent 71 modèles, parmi lesquels 13 sont considérés les plus importants en raison de leurs apports, leurs larges usages et leurs influences sur d'autres modèles. Cette section présente certains modèles que nous avons sélectionnés vu leur implémentation dans la plupart des EIAH.

##### *i. Modèle de Kolb :*

Après avoir développé le modèle sur de nombreuses années, David Kolb a publié son modèle de styles d'apprentissage en 1984. Dans ses publications - notamment son livre "apprentissage par l'expérience: expérience en tant que source d'apprentissage et de développement " (Kolb, 1984). Le modèle de Kolb et la théorie de l'apprentissage expérientiel sont aujourd'hui reconnus par les universitaires, les enseignants, les gestionnaires et les formateurs des œuvres. Le modèle explique le comportement de l'apprentissage humain. –Pour plus de détail sur la compréhension et l'utilisation des concepts de Kolb, voir la théorie des intelligences multiples (Gardner, 2011)–. Kolb a identifié quatre styles d'apprentissage : le style *accommodateur* (le manipulateur), le style *divergent* (l'observateur), le style *assimilateur* (le conceptualisateur) et le style *convergent* (le penseur-expérimentateur).

ii. *Modèle de Honey et Mumford*

S'inspirant du modèle Kolb, Honey et Mumford ont développé leur modèle de styles d'apprentissage et ils ont identifié quatre styles d'apprentissage distincts: *actif*, *réfléchi*, *théoricien* et *pragmatique*. Ce sont les méthodes d'apprentissage que les individus préfèrent naturellement et ils recommandent qu'afin de maximiser son propre apprentissage personnel chaque apprenant doit: comprendre leur style d'apprentissage et rechercher des occasions d'apprendre en utilisant ce style (Honey & Mumford, 1986).

Pour mesurer ces quatre styles, Honey et Mumford proposent le "Learning Styles Questionnaire" (LSQ), révisé en plusieurs versions (Honey et Mumford, 2006). Ce questionnaire existe maintenant en deux versions : une à 40 questions et une à 80 questions. Pour chaque question deux choix sont possibles : vrai ou faux.

iii. *Modèle de Felder et Silverman*

Felder et Silverman (Felder & Silverman, 1988) ont développé leur modèle de style d'apprentissage pour capturer les différences les plus importantes de style d'apprentissage chez les apprenants et de fournir une bonne base pour les instructeurs d'ingénierie pour concevoir une approche pédagogique qui permettrait de répondre aux besoins d'apprentissage de tous les apprenants (Felder & Spurlin, 2005).

iv. *Le modèle MBTI (Myers Briggs Type Indicator)*

Le modèle MBTI est basé sur la théorie de Carl Jung de types décrite en 1921 dans son ouvrage (Bishop-Clark & Wheeler, 1994). La théorie de Myers-Briggs classe les préférences de la personnalité selon les quatre types psychologiques de Jung:

- 1 Le 1<sup>er</sup> axe questionne d'où nous obtenons notre énergie et où nous mettons notre attention; c'est l'axe extraversion (E)/introversion (I).
- 2 Le 2<sup>ème</sup> axe questionne comment nous préférons recueillir nos informations; c'est l'axe sensation (S)/intuition (N).
- 3 Le 3<sup>ème</sup> axe questionne comment nous préférons prendre nos décisions; c'est l'axe pensée (T)/sentiment (F).
- 4 Le 4<sup>ème</sup> axe questionne comment nous préférons aborder le monde et notre mode de vie; c'est l'axe jugement (J)/perception (P).

Les combinaisons de ces préférences résultant en 16 styles d'apprentissage, ils sont généralement désignés par quatre lettres pour représenter la tendance d'une personne à l'égard de quatre dimensions. Par exemple, le ESTP se réfère à l'Extraversion, Sensible, Pensée, et de Perception. Cela ne signifie pas qu'une personne ne dispose que de ces quatre préférences, mais que ces dernières sont les dominantes. Ceci est très intéressant pour planifier l'approche pédagogique et de contrôler le processus d'apprentissage selon le style adéquat. Par exemple, la préférence dominante trouvée dans ISFP, INFP, ESFJ et ENFJ est sensation (El Bachari et al., 2010).

Par exemple, les apprenants de la catégorie *sensation* utilisent les cinq sens pour acquérir des informations, ils préfèrent des faits et l'organisation, ils se révèlent quand il vient à la mémorisation, ils sont réalistes et ils détestent la théorie. Les Apprenants *intuitifs* traitent avec la théorie d'abord avant d'utiliser des faits, ils aiment à être créatifs et innovants.

Les apprenants de la catégorie *pensée* utilisent leurs esprits plus que ce qu'ils utilisent leurs sentiments, la plupart du temps, ils ne paient pas l'attention aux sentiments des autres, ils aiment le raisonnement et la résolution de problèmes logiques. Les apprenants de la catégorie *sentiment* utilisent leur cœur plus que leurs cerveaux, ils prennent la décision en se basant sur leurs sentiments envers les autres, ils se révèlent en travail social et en aidant d'autres situations, ils se sentent bien quand ils aident les autres (El Bachari et al., 2010). Nous obtenons donc 16 grands profils de personnalités dont voici un aperçu global présenté dans la figure 18.

Type	<b>IS_T_J</b>	<b>IS_F_J</b>	<b>IN_F_J</b>	<b>IN_T_J</b>
<b>Dominante</b>	Sensation Introvertie	Sensation Introvertie	Intuition Introvertie	Intuition Introvertie
<b>Auxiliaire</b>	Pensée Extravertie	Sentiment Extraverti	Sentiment Extraverti	Pensée Extravertie
<b>Tertiaire</b>	Sentiment Introverti	Pensée Introvertie	Pensée Introvertie	Sentiment Introverti
<b>Inférieure</b>	Intuition Extravertie	Intuition Extravertie	Sensation Extravertie	Sensation Extravertie
Type	<b>IS_E_T_P</b>	<b>IS_E_F_P</b>	<b>IN_E_F_P</b>	<b>IN_E_T_P</b>
<b>Dominante</b>	Pensée Introvertie	Sentiment Introverti	Sentiment Introverti	Pensée Introvertie
<b>Auxiliaire</b>	Sensation Extravertie	Sensation Extravertie	Intuition Extravertie	Intuition Extravertie
<b>Tertiaire</b>	Intuition Introvertie	Intuition Introvertie	Sensation Introvertie	Sensation Introvertie
<b>Inférieure</b>	Sentiment Extraverti	Pensée Extravertie	Pensée Extravertie	Sentiment Extraverti
Type	<b>ES_E_T_P</b>	<b>ES_E_F_P</b>	<b>EN_E_F_P</b>	<b>EN_E_T_P</b>
<b>Dominante</b>	Sensation Extravertie	Sensation Extravertie	Intuition Extravertie	Intuition Extravertie
<b>Auxiliaire</b>	Pensée Introvertie	Sentiment Introverti	Sentiment Introverti	Pensée Introvertie
<b>Tertiaire</b>	Sentiment Extraverti	Pensée Extravertie	Pensée Extravertie	Sentiment Extraverti
<b>Inférieure</b>	Intuition Introvertie	Intuition Introvertie	Sensation Introvertie	Sensation Introvertie
Type	<b>ES_T_J</b>	<b>ES_F_J</b>	<b>EN_F_J</b>	<b>EN_T_J</b>
<b>Dominante</b>	Pensée Extravertie	Sentiment Extraverti	Sentiment Extraverti	Pensée Extravertie
<b>Auxiliaire</b>	Sensation Introvertie	Sensation Introvertie	Intuition Introvertie	Intuition Introvertie
<b>Tertiaire</b>	Intuition Extravertie	Intuition Extravertie	Sensation Extravertie	Sensation Extravertie
<b>Inférieure</b>	Sentiment Introverti	Pensée Introvertie	Pensée Introvertie	Sentiment Introverti

Figure. 18. Les 16 types du MBTI ("MBTI". n.d).

S'appuyer uniquement sur les questionnaires pour offrir aux apprenants les meilleurs parcours personnalisés n'est pas garanti, puisque les apprenants ne sont pas conscients des futures utilisations des questionnaires et ils ne donnent pas d'importance en répondant aux questions (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015). Les chercheurs ont tendance d'utiliser d'autres approches visant à détecter automatiquement les styles d'apprentissage par l'observation et l'analyse des comportements des apprenants pendant l'utilisation du système. Ceci ce que nous allons présenter dans la section suivante.

#### a.2. Méthode automatique

Récemment, deux méthodes permettant la détection automatique des styles d'apprentissage sont utilisées, il s'agit de: la méthode axée sur les données (data-driven) et la méthode basée sur littérature (literature-based) (Pham & Florea, 2013). Dans cette thèse, nous avons pris en compte que la première méthode de détection qui est basée sur l'analyse du comportement des apprenants dans le système, la méthode sert à surmonter les inconvénients de la méthode manuelle. Les chercheurs associés à cette méthode l'utilisation de: réseau bayésien (García et al., 2007), les modèles de markov cachés et les arbres de décision (Cha et al., 2006). Elle utilise des échantillons de données afin de construire un modèle qui simule le questionnaire pour détecter les styles d'apprentissage à partir du comportement des apprenants, son avantage est que le modèle peut être très précis en raison de l'utilisation de données réelles.

Les auteurs dans (Cha et al., 2006 ) ont étudié l'utilisation des arbres de décision (DT) et modèles de Markov cachés (HMM) pour identifier les styles d'apprentissage selon le modèle de style d'apprentissage (FSLSM), ils concluent que les DT et les HMM sont appropriés pour

déterminer certaines dimensions de la FSLSM . Cependant, la méthode proposée donne de bons résultats que lorsque les apprenants ont une préférence forte ou modérée, en raison de la restriction de l'utilisation des données. Dans une autre étude, les auteurs dans (Garcia et. al., 2007 ) ont observé le comportement des apprenants lors d'un cours en ligne et effectué deux expériences pour montrer l'efficacité de l'utilisation des réseaux bayésiens pour identifier les styles d'apprentissage. L'étude a montré que le réseau bayésien fournit de bons résultats pour estimer automatiquement les styles d'apprentissage.

Dans ce travail de thèse, un réseau bayésien (RB) est utilisé pour représenter et estimer les styles d'apprentissage des apprenants pour des fins de personnalisation. Dans ce qui suit, nous présentons un bref aperçu de RB et la motivation qui nous a amenée à le choisir.

### i. Les Réseaux Bayesian

Un réseau bayésien (RB) est un modèle graphique probabiliste qui permet la découverte de nouvelles connaissances grâce à l'utilisation des connaissances fournies par les experts d'un certain domaine et des données statistiques (Jensen, 1996). Les Nœuds sont représentés par des variables aléatoires de caractéristiques d'un certain domaine d'intérêt. Dans notre travail, les variables aléatoires sont les différents styles d'apprentissage de modèle MBTI et les facteurs qui déterminent chaque style. Ces facteurs sont extraits des interactions entre les apprenants, les enseignants et l'environnement (apprenant-enseignant, apprenant-apprenant et apprenant-système). Tout au long de l'utilisation d'un RB, les relations entre les styles d'apprentissage et les facteurs qui les déterminent peuvent être facilement modélisés. Les Arcs reliant les nœuds du graphe représentent une relation probabiliste entre les variables. Un RB représente également une distribution de probabilité conjointe spécifiée par un ensemble de tables de probabilités conditionnelles (CPT). Chaque nœud possède un CPT particulier qui spécifie la probabilité de chaque nœud en relation avec chaque combinaison possible des états de ses parents (Schiaffino & Amandi, 2009).

Le théorème de Bayes (montré dans l'équation. (1)) relie les probabilités conditionnelles et marginales. Il donne la distribution de probabilité conditionnelle d'une variable aléatoire. Eq.(1), se lit comme: la probabilité de  $A$  sachant  $B$  est la probabilité de  $B$  donnée une fois la probabilité de  $A$ , divisée par la probabilité de  $B$ .

$$P(A|B) = ( P(B|A) P(A) ) / P(B) \quad (\text{Eq. 1})$$

Une caractéristique essentielle du RB est le mécanisme d'inférence bayésienne qui vise à trouver la distribution conditionnelle de variables (Pham & Florea, 2013).

#### 1. Inférence bayésienne

L'inférence bayésienne utilise les déclarations probabilistes trouvées habituellement par des experts d'un système qui le maîtrisent bien. Ces déclarations doivent être claires et précises pour bien créer les relations de dépendance qui en résulteront. L'inférence bayésienne prouve sa force dans les problèmes d'induction, car se basant sur des cas particuliers et en terme probabiliste. Les méthodes bayésiennes se distinguent des méthodes dites standard par l'application systématique de règles formelles de transformation des probabilités (Parent & Eustache, 2007).

## 2. Construction d'un graphe

Construire un réseau bayésien c'est donc consiste à définir le modèle du graphe et définir les tables de probabilités de chaque variable conditionnellement à ses causes. Le graphe est appelé la "structure" du modèle et les tables de probabilités représentent ses "paramètres". Généralement, la structure est définie par des experts et les tables de probabilités sont calculées à partir de données empiriques.

## 3. Table de probabilité

Les tables de probabilités sont construites par les statistiques en relation avec le problème à résoudre (peuvent aussi être construites par des experts). Chaque variable dispose d'une table de probabilités conditionnelles en relation avec les variables causales dont elle dépend. Lorsqu'une variable possède plusieurs valeurs, pour chacune d'elles nous calculons les probabilités conditionnelles en fonction des événements causaux. Le tableau 3 présente un exemple d'une table de probabilités des actions d'un apprenant dans le système.

**Tableau. 3. Tableau de probabilité des activités d'un apprenant**

Ressources	%	Invitations Collaboration	%	Messagerie	%
Ajout	60	Envoi	30	Envoi	20
Téléchargement	20	Acceptation	50	Réception	40
Commentaires	20	Annulation	20	Réponse	40

Les réseaux bayésiens permettent l'acquisition, la représentation et l'utilisation des connaissances des systèmes incertains (Jensen, 1996), comme un environnement d'apprentissage dans notre cas. Cette opération est effectuée dans le contexte de l'utilisation du système afin de: prévoir, simuler et contrôler le comportement des apprenants, analyser les données et prendre des décisions au sujet de leurs préférences. Comme un réseau bayésien peut être construit à partir des données, par l'apprentissage ou à partir la modélisation du domaine, il suffit que la forme de la connaissance soit disponible pour considérer l'utilisation de cette technique dans une application comme un environnement apprentissage en ligne.

Un réseau bayésien représente une distribution de probabilité (Naïm et al., 2011). Si la structure de la distribution est imposée, il serait facile de calculer l'impact de chaque nouvelle instance de paramètre de la distribution, dans notre cas, ces paramètres représentent les actions de l'apprenant qui met en évidence la décision au sujet de son style d'apprentissage.

Par rapport aux systèmes basés sur des règles déterministes, le plus souvent utilisés dans les systèmes experts, les réseaux bayésiens permettent d'intégrer l'incertitude dans le raisonnement. Ils conviennent donc pour des problèmes où l'incertitude est présente, soit dans les observations ou dans les règles décision (Conati et al., 2002). Ceci est l'une des caractéristiques les plus importantes qui nous ont poussés à utiliser les RB afin d'estimer le style d'apprentissage de l'apprenant, depuis qu' il peut effectuer un grand nombre d'actions dans le système et à cause de l'immaturité et le manque de prise de conscience de l'apprenant dans l'expression ses besoins, l'estimation peut donner des résultats inexacts. Voici l'importance des RB dans l'analyse de plusieurs actions simultanées. Tandis que, les techniques déterministes telles que les arbres de décision conduisent souvent à une seule analyse à la fois.

Les réseaux bayésiens sont particulièrement adaptés à l'analyse du comportement de l'apprenant, car ils offrent la possibilité d'intégrer des sources hétérogènes de connaissances (expertise humaine et de données statistiques). Dans notre cas, l'expertise humaine est les experts de la connaissance du domaine de l'apprentissage (les créateurs de contenu, des enseignants, etc.); ils décident de faire correspondre les ressources d'apprentissage appropriées aux différents styles (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015).

Les réseaux bayésiens sont probablement l'une des technologies les plus appropriées pour construire des systèmes intelligents. Ils assurent (Heckerman et al., 1995): l'Autonomie, qui est présentée comme la capacité de fournir des décisions en situation d'incertitude, ou en l'absence de certaines informations, la Motivation, qui peut être présentée par certains types de déductions, la Réactivité, qui est le principe de l'inférence dans les réseaux bayésiens et l'Adaptation à l'environnement, qui est rendue possible par les capacités d'apprentissage supplémentaires de réseaux bayésiens.

Les avantages et inconvénients des réseaux bayésiens par rapport à d'autres techniques de l'apprentissage automatique (machine learning en anglais) peuvent être résumés dans le tableau 4. Ils sont regroupés en fonction de l'acquisition, la représentation et l'utilisation des connaissances. Si la technique a l'avantage, un signe "x" est placé dans la case appropriée. Toutefois, un signe "√" est placé dans la case de la meilleure technique du point de vue de la caractéristique en question (Naïm et al., 2011).

Tableau. 4. Avantages et inconvénients des RBs (Naïm et al., 2011).

	Connaissance	Analyse de Données	Réseaux neuronaux	Arbres de décision	Systèmes experts	Réseaux bayésiens
ACQUISITION	Expertise seulement				√	
	Données seulement	x	√	x		x
	Mixte	x	x	x		√
	Incrémental		x			√
	Généralisation	x	√	x		x
	Données incomplètes			x		√
REPRÉSENTATION	Incertain				x	√
	Lisibilité	x		x	x	√
	Facilité		x	√		
	Homogénéité					√
UTILISATION	Requêtes élaborées	x			x	√
	Utilité économique	x	x			√
	Performances	x	√			

## II. Les travaux connexes

Aujourd'hui, la popularité du Web encourage le développement des systèmes éducatifs pour soutenir et faciliter l'acheminement de l'apprentissage en fonction des besoins des apprenants. Des Systèmes d'apprentissage personnalisé sont développés dans les domaines d'Hypermédia Adaptive (AH). Ces systèmes reposent sur l'utilisation de différentes techniques et concepts qui caractérisent l'air actuel du Web. Nous présentons dans cette partie les travaux et les systèmes qui implémentent les différents outils, approches et technologies présentés précédemment. Il s'agit des systèmes qui ont été développés en utilisant les techniques du web sémantique, les concepts du web 2.0, les réseaux sociaux, les systèmes de recommandation, les styles d'apprentissage et les réseaux bayésiens. Dans ce qui suit, nous allons présenter certains systèmes implémentés, puis nous les comparerons pour extraire les avantages et les inconvénients, sur lesquels nous allons baser la conception de notre système SoLearn.

### II.1. Description des systèmes connexes

#### II.1.1. Le système Talis Aspire

Le système Talis Aspire (Clarke, 2009) vise à améliorer le processus de création de listes de ressources en permettant aux utilisateurs de découvrir facilement le contenu approprié qui peut être réutilisé et remixé. Il peut fournir des recommandations aux auteurs de nouvelles listes au sein de domaines comparables. Les Recommandations sont principalement basées sur les modèles identifiés de l'utilisation des ressources. En outre, les apprenants votent pour les ressources, à la fois explicite (par exemple, les notifications énoncées concernant l'utilisation des ressources) et implicite (par exemple, le nombre d'accès et de téléchargements d'une ressource particulière), les votes sont également utilisés comme une source précieuse de données pour générer des recommandations. Le système Talis Aspire fait usage de plusieurs ontologies pour décrire sémantiquement les ressources de sorte qu'elles peuvent être facilement combinées et remixées. Bien que ce système ne puisse être considéré comme un EAP typique, ses caractéristiques permettent d'intégrer le contenu provenant de différentes sources, la réutilisation et le remixage de contenu.

#### II.1.2. Le projet GroupMe!

Le système GroupMe! (Abel et al., 2007) combine à la fois l'utilisation des technologies du Web 2.0 et du Web sémantique pour assurer la gestion de contenu personnalisé dans un groupe (réseautage social). Par conséquent, il peut être considéré comme un environnement d'apprentissage personnel d'un groupe spécifique d'apprenants, souvent réuni autour du même objectif d'apprentissage. Du côté du Web 2.0, il tire parti des interfaces utilisateurs intuitives qui permettent aux utilisateurs de créer des groupes de ressources (pages Web, vidéos, images), ajouter de ressources aux groupes et de toute autre opération portant sur les groupes. Les ressources sont toutes enregistrées comme triplets RDF conformes à un ensemble d'ontologies que GroupMe! utilise. En s'appuyant sur les technologies du Web sémantique pour stocker des données sur les activités liées à un groupe, GroupMe permet l'intégration, le partage et la réutilisation des ressources pertinentes pour un groupe d'utilisateurs. En particulier, ce qui élimine les problèmes d'ambiguïté et améliore le classement des ressources.

### **II.1.3. Le projet Ensemble**

Le projet Ensemble (Carmichael & Martinez Garcia, 2009) explore le potentiel des technologies sémantiques pour soutenir et améliorer l'enseignement et l'apprentissage dans l'enseignement supérieur. L'approche de recherche adoptée dans le projet suppose l'utilisation combinée des dépôts numériques, les technologies du Web sémantique et les caractéristiques des applications sociales afin de permettre la réutilisation par la reconfiguration, l'adaptation et l'action collective. Cela implique que le projet suit les paradigmes SSW dans la création des environnements d'apprentissage qui portent beaucoup de ressemblance avec les EAPs.

### **II.1.4. Le projet PLEM**

PLEM (Chatti et al, 2010) est une application composite (mashup) contenant un agrégateur et un filtre de divers types de ressources d'apprentissage. PLEM permet de créer un espace personnalisé, où les apprenants ensemble peuvent facilement, gérer, marquer (taguer), évaluer et partager des ressources d'apprentissage d'intérêt. Les ressources d'apprentissage sont accessibles via les API de médias sociaux qui permettent l'accès à et la récupération des ressources éducatives libres. PLEM exploite l'intelligence collective de ses utilisateurs pour leur fournir un mécanisme de classement et de recommandation des ressources d'apprentissage. Plus précisément, les actions des utilisateurs tels que les commentaires, les goûts, les notes, etc. sont considérées comme des votes pour les ressources d'apprentissage respectives et sont utilisées pour le classement et à des fins de recommandation.

### **II.1.5. L'ontologie FOAF**

L'ontologie FOAF (Friend Of A Friend) (Brickley & Miller, 2012) est un projet consacré à relier les personnes et les informations en utilisant le Web (donc il décrit les personnes, les liens entre elles, ce qu'elles créent et ce qu'elles font). L'idée de base derrière FOAF est simple : le web est tout au sujet de faire de liens entre les choses. FOAF fournit quelques mécanismes de base pour nous aider à raconter l'internet sur les liens entre les choses qui comptent pour nous. Des milliers de personnes en décrivant leur vie sur le Web, utilisant FOAF peut aider les machines à comprendre les informations sur nos pages personnelles et à travers cela, connaître les relations qui relient les gens, les lieux et les choses décrites sur le Web.

### **II.1.6. L'ontologie SemSNA :**

SemSNA (Erétéo et al., 2009) est une ontologie d'analyse des réseaux sociaux pour annoter les réseaux sociaux avec leurs caractéristiques. Cela nous permet de réinjecter les résultats d'une analyse dans la représentation RDF du réseau social. Les primitives de SemSNA peuvent être décomposées en trois groupes :

- Base primitive qui décrit le contexte de l'analyse.
- Primitives qui décrivent les positions stratégiques et les ressources stratégiques.
- Primitives qui décrivent la structure de réseau.

### **II.1.7. Le projet ELGG**

Le projet ELGG (Sharma, 2008) qui est basé sur les technologies Web 2.0, où les utilisateurs peuvent avoir des identités numériques, contacter autres utilisateurs, collaborer et découvrir de nouvelles ressources grâce à leurs relations. La fonctionnalité de recherche de la plate-

forme est basée sur le principe de l'interconnexion des données grâce à des balises (Tags). Donc, le tagging collaboratif c'est le noyau de ce système.

### **II.1.8. Le projet Personal Reader framework**

Le projet Personal Reader framework (Henze & Herrlich, 2004) utilise les technologies récentes du Web sémantique pour personnaliser l'apprentissage. Il fournit divers types de services Web pour créer une interface utilisateur et en offrant les fonctionnalités de la personnalisation. La composante de base du PRF est le service de connecteur dont la tâche est de transmettre des demandes et des réponses entre la composante de l'interface utilisateur et les services de personnalisation, fournir des informations de profil d'utilisateur et de fournir des descriptions de métadonnées sur les objets d'apprentissage.

### **II.1.9. La Framework Didaskon**

Didaskon (Westerski et al., 2006) est un système qui automatise la composition à la demande d'un parcours d'apprentissage pour les apprenants. La sélection d'objets d'apprentissage est basée sur leur description où le profil de l'utilisateur est annoté sémantiquement. Didaskon peut créer un parcours d'apprentissage qui convient le mieux à un apprenant spécifique. Pour atteindre cet objectif, le système utilise le profil de l'utilisateur qui peut stocker les besoins d'un apprenant, ses compétences, son historique d'apprentissage et les détails techniques de sa plate-forme, etc.

### **II.1.10. Le projet MetaMorphosis+**

Le système MetaMorphosis+ (Kaldoudi et al., 2011) a deux groupes distincts des réseaux, un réseau social et un réseau interactif. Le premier est un réseau de personnes, y compris les auteurs, les auteurs potentiels et les utilisateurs finaux des objets d'apprentissage (étudiants, enseignants ou autres). Le second est un réseau de ressources d'apprentissage. Le réseau de personnes fonctionne d'une manière similaire aux autres réseaux sociaux. Les personnes peuvent interagir les uns avec les autres via leurs blogs personnels et de créer leurs propres groupes d'intérêt. A un autre niveau, les ressources d'apprentissage se créent sur un réseau social équivalent sur la base des interactions avec les autres ressources d'apprentissage ainsi qu'avec les personnes, ces interactions sont variables et dynamique.

### **II.1.11. Le projet SERUM**

SERUM (Plumbaum et al., 2012) est une application basée sur le Web sémantique où les utilisateurs peuvent se connecter et lire les nouvelles à partir de différentes sources d'information. Pendant la lecture, le système collecte des données sur le comportement des utilisateurs pour en déduire leurs intérêts par rapport aux différents sujets. SERUM combine les sources de connaissances sémantiques et encyclopédiques avec un grand article de nouvelles données et de la rétroaction des utilisateurs implicite recueillies à l'aide d'une application Web basée sur RDFa<sup>13</sup>. Dans une première étape, les entités d'intérêt sémantiquement liées seront calculées, en utilisant des algorithmes à base de graphes. Dans une deuxième étape, les entités d'intérêt pour le calcul de nouvelles recommandations des articles seront utilisées. Un schéma RDFa a été conçu qui fournit des annotations standards

---

<sup>13</sup> RDFa: pour « Resource Description Framework dans des Attributs ») est une recommandation du W3C définissant une syntaxe permettant d'ajouter des données structurées dans une page HTML ou n'importe quel document XML

dans une page Web XHTML, rendant ainsi les données structurées disponibles pour le processus d'adaptation.

#### II.1.12. Le système ActiveMath

ActiveMath (Melis et al., 2009) est un système qui supporte les recommandations, où sa composante centrale est le générateur de cours appelé *Paigos*, il utilise les informations sur les objets d'apprentissage, l'apprenant et ses objectifs d'apprentissage afin de générer une séquence adaptée d'objets d'apprentissage qui prend en charge l'apprenant dans la réalisation de ses objectifs.

#### II.1.13. Le système Smart Tag

Smart Tag (Basile et al., 2007) est un système de recommandation des balises (tag) intelligentes dans un système de bookmarking social. Dans ce système, les étiquettes sont recommandées sur la base des balises appliquées par l'utilisateur à d'autres ressources et sur la base des fonctionnalités de contenu. Quand un nouveau document est donné pour annoter, Smart Tag l'analyse pour trouver des documents similaires. En outre, la balise intelligente considère l'historique de marquage de l'utilisateur stocké dans son profil. Lorsque l'utilisateur souhaite marquer un nouveau document, ce document est traité et comparé au profil de l'utilisateur.

#### II.1.14. Le système CoCoA

CoCoA (Aguzzoli et al., 2002) est un Système de recommandation de musique employant le filtrage d'information. Quand un utilisateur ajoute ou efface sa musique préférée, le système suggère des recommandations. Il utilise du raisonnement à partir de cas (RÀPC) pour classer la musique et le coefficient de corrélation de *Pearson- $r^{14}$*  pour trouver des gens ayant des intérêts similaires. La composition de recommandations se fait avec une mesure de similarité de *cosinus*<sup>15</sup>.

#### II.1.15. Le système Referral Web

Referral Web (Kautz et al., 1997) modélise un réseau social en analysant les sources de communications (e-mail, news, home pages, etc.) pour obtenir un modèle du réseau. Des heuristiques obtiennent les noms de personnes à partir de communications individuelles, puis elles sont raffinées avec le coefficient de *Jaccard*<sup>16</sup> entre chaque nom par rapport aux autres. Une fois construit, le réseau social peut être parcouru et des informations sur des personnes parlant d'un sujet en particulier peuvent être extraites.

#### II.1.16. Le système Quickstep

Quickstep (Middleton et al., 2004) est un système hybride de filtrage d'articles scientifiques. Il emploie une méthode de classification supervisée combinée avec une représentation ontologique des domaines de recherche permettant l'extraction des centres d'intérêt de l'utilisateur. Il assigne chaque article à une classe (thème) avec laquelle le vecteur représentatif du document est le plus similaire. Le profil lui-même est calculé à partir de la

---

<sup>14</sup> Pearson-r: un coefficient qui permet d'étudier la corrélation entre deux ou plusieurs variables.

<sup>15</sup> Cosinus: une mesure qui permet de calculer la similarité entre deux vecteurs à  $n$  dimensions en déterminant le cosinus de l'angle entre eux.

<sup>16</sup> Jaccard: une métrique utilisée en statistiques pour comparer la similarité et la diversité entre des échantillons.

corrélation entre les articles consultés et les sujets abordés dans ces derniers. Par conséquent, le profil sera formé d'un ensemble de sujets extraits d'une ontologie avec leurs poids.

### II.1.17. Le système ARTHUR

ARTHUR (Gilbert & Han, 1999) est un environnement basé sur le Web. Les matériaux ont été spécialement conçus pour les styles d'apprentissage, une métaphore de différents instructeurs virtuels a été utilisée pour présenter le matériel didactique dans un style différent de la perception, quatre styles différents ont été utilisés basés sur le modèle perceptif avec l'élément auditif, visuel et tactile.

### II.1.18. Systèmes à base des Réseaux Bayésiens

Pour les travaux qui utilisent les réseaux bayésiens, certains systèmes sont présentés, parmi eux nous pouvons citer: ANDES (García, 2007) et SE-Coach (Cha et al., 2006) utilisent les RBs pour modéliser les connaissances des élèves en physique. IDEAL (Shang et al., 2001) utilise la technique RB pour classer les élèves en novice, débutant, intermédiaire, avancé ou expert. Dans (Arroyo & Woolf, 2005) les auteurs construisent un modèle bayésien pour détecter les attitudes cachées des élèves et la perception envers le système. Le comportement observable des élèves est enregistré dans un fichier journal. Les auteurs dans (Felder & Silverman, 1988) utilisent un RB pour évaluer l'état des préférences de connaissance et d'apprentissage des élèves, dans un système de tutorat intelligent. Dans (Snow, 1991) un RB est utilisé pour modéliser le comportement des élèves dans un système d'enseignement ouvert et à distance.

## II.2. Analyse des systèmes étudiés

Afin de développer notre approche de personnalisation implémentée dans le système SoLearn, nous avons mené une étude comparative entre les systèmes présentés précédemment. Nous avons pris en compte comme critères les différents services offerts par chacun de ces environnements. Le tableau 5 résume les caractéristiques les plus importantes de ces systèmes. Le symbole "x" signifie que la caractéristique existe, sinon elle est absente.

Tableau. 5. Comparaison entre les différents systèmes étudiés

Caractéristiques \ Systèmes	ActiveMath	Smart Tag	Ensemble	Didaskon	ELGG	PRF	ARTHUR	ANDES	Talis	GroupMe !	PLEM	CoCoA	IDEAL	SERUM	QuickStep	SE-Coach	MetaMorphosis
Description sémantique des ressources				x	x	x		x		x				x	x		
Recommandation des ressources	x				x	x		x	x		x	x		x			
Annotation des ressources par Tags	x	x	x							x	x						
L'accès rapide aux ressources	x		x		x		x			x	x			x		x	x
L'utilisation des tags et de la folksonomie		x	x		x		x				x						
Support des extensions et des API					x		x				x						x
Support de relations symétriques					x												
L'utilisation des outils Web 2.0	x	x	x	x	x		x			x	x						x

L'utilisation du web sémantique			x	x		x				x					x	x		
L'utilisation des ontologies									x	x						x		
L'utilisation des réseaux sociaux										x	x							x
Le support des intérêts des utilisateurs		x		x		x					x	x			x	x	x	
L'enregistrement des traces et l'historique		x		x						x				x	x			
L'implication des styles d'apprentissage							x	x						x				x
L'implication des réseaux bayésiens								x						x				x
L'utilisation des votes									x		x							
Composition automatique des parcours													x					
L'utilisation du filtrage d'information																	x	
La réutilisation et le remixage			x	x		x			x	x					x	x		

Grâce à cette comparaison, nous avons constitué un aperçu approfondi sur les services – qui ne sont pas exhaustives – que nous croyons qu'ils sont nécessaires et indispensable pour développer un système d'apprentissage personnalisé. Partant de l'objectif de l'amélioration de la personnalisation de l'apprentissage et en se basant sur ces différents services, nous décrivons en détail dans le chapitre suivant notre approche de personnalisation mise en œuvre dans SoLearn, un environnement social d'apprentissage personnalisé.

### II.3. Conclusion

Nous avons appris par la recherche dans le domaine de l'apprentissage personnalisé en ligne que "une solution unique ne convient pas à tout le monde". Les apprenants reflètent leurs traits individuels, possèdent des caractéristiques d'apprentissage différentes, représentent la connaissance de manières différentes et préfèrent utiliser différents types de ressources. La recherche nous a appris aussi qu'il est possible d'analyser les traits d'apprentissage des apprenants et que ces derniers apprennent plus efficacement lorsque le processus est adapté à la façon dont ils préfèrent. Pour tenir compte de ce fait, de nombreux chercheurs utilisent les technologies du web sémantique social et les styles d'apprentissage pour développer les environnements d'apprentissage personnalisé en se basant sur la description des connaissances sur les apprenants, le contenu d'apprentissage et l'approche pédagogique en utilisant les ontologies.

Dans ce chapitre, nous avons présenté un état de l'art sur le domaine de la personnalisation de l'apprentissage, les systèmes de recommandation, les styles d'apprentissage et les réseaux bayésiens. Ensuite, nous avons fini ce chapitre par une présentation d'un ensemble des systèmes qui implémentent la plupart des approches et techniques présentées dans l'état de l'art, où nous avons effectué une étude comparative sur ces systèmes afin d'extraire les fondements de chacun d'eux pour les employer dans la mise en œuvre de notre approche de personnalisation.

---

## **Partie II**

# **Conception de SoLearn**

## - Chapitre 3 -

# La représentation des connaissances dans SoLearn

“ ”

*La connaissance des mots conduit à la connaissance des chose*

*De Platon*

# I. La représentation des connaissances dans SoLearn

---

I.1. INTRODUCTION .....	81
I.2. LES BESOINS D'UN SYSTEME D'APPRENTISSAGE PERSONNEL AUX TECHNOLOGIES DU WEB SEMANTIQUE....	81
I.3. PRESENTATION DES CONNAISSANCES DANS SOLEARN.....	83
I.4. MODELISATION DES CONNAISSANCES DU SYSTEME .....	98
I.5. LES ACTEURS DANS SOLEARN ET LEURS ROLES.....	105
I.6. CONCLUSION .....	107

---

## **I.1. Introduction**

Un environnement d'apprentissage personnalisé comme d'autres services sur le Web peut grandement bénéficier des technologies du Web sémantique et surtout les ontologies. Le Web sémantique consiste à ajouter des métadonnées aux ressources qui décrivent leurs contenus et leurs fonctionnalités, ces métadonnées doivent se reposer sur des ontologies afin de pouvoir être partagées et munies d'interprétations pertinentes. L'utilisation des ontologies constitue l'une des bases les plus importantes de l'approche de l'apprentissage en ligne basant sur le Web sémantique.

L'idée principale du Web Sémantique (un contenu compréhensible par les machines, un sens commun, un vocabulaire partagé, etc.) semble très appropriée pour répondre aux nouveaux besoins d'un environnement d'apprentissage en ligne : personnalisé, facile et ouvert, etc. Le contenu d'apprentissage est sémantiquement annoté et peut être facilement combiné avec un autre contenu afin de reproduire de nouvelles ressources d'apprentissage qui s'adaptent bien aux préférences, styles et connaissances des différents utilisateurs.

L'ontologie offre de façon spécifique une sémantique très riche pour annoter et représenter les ressources d'apprentissage et par la suite, peut aider à améliorer la précision lors de la recherche de ces ressources, en évitant les ambiguïtés au niveau terminologique et en permettant des inférences afin d'augmenter la pertinence de la recherche.

Dans ce qui suit, nous allons montrer comment les techniques du Web sémantique peuvent servir comme une solution idéale afin de satisfaire les besoins de l'apprentissage personnalisé. Ensuite, nous allons présenter notre modèle de représentation de connaissances dans le domaine de l'apprentissage personnalisé en mettant l'accent sur l'ontologie du domaine, la modélisation du domaine d'apprentissage, la modélisation de l'apprenant et la modélisation de l'approche pédagogique.

## **I.2. Les besoins d'un système d'apprentissage personnel aux technologies du Web sémantique**

Le Web Sémantique peut être considéré comme une structure adéquate pour satisfaire les nouveaux besoins des systèmes d'apprentissage, du moment qu'il fournit tous les moyens pour le développement de l'ontologie, l'annotation des ressources d'apprentissage, leur composition et leur livraison aux utilisateurs. Dans le cadre de notre travail, le Web sémantique et les ontologies peuvent servir à couvrir les besoins suivants :

### **I.2.1. Le besoin de partage**

Lors de la création du contenu, une très forte possibilité que deux utilisateurs distincts expriment et annotent différemment le même concept est très probable; de ce fait, chacun peut fournir un même contenu, mais il peut l'exprimer différemment en utilisant des termes différents. Par exemple, le premier peut utiliser le terme "orienté-objet" alors que le deuxième utilise le terme "poo" pour référencer la même ressource d'apprentissage abordant la programmation orientée objet. Lors de l'accès et la recherche de contenu par un utilisateur, il existe un vrai problème qui concerne les termes à utiliser pour faire la recherche des

ressources d'apprentissage. Le système n'est pas en mesure de répondre à la requête de l'utilisateur, sauf si et seulement si les mots-clés utilisés correspondent exactement aux mots-clés qui annotent le contenu voulu par l'utilisateur, c'est là que réside l'importance de s'appuyer sur les techniques du Web sémantique afin de diminuer l'ambiguïté des termes utilisés. C'est ce que nous proposons de faire dans SoLearn.

### **I.2.2. Le besoin d'un vocabulaire commun**

La construction de l'ontologie se fait par la voie d'un consentement et représente ainsi la compréhension partagée a priori d'un groupe de personnes sur un domaine spécifique. De ce fait, la présence des experts pédagogiques, des enseignants et des apprenants est indispensable afin que tout le monde participe à la création d'un vocabulaire commun représenté par l'ontologie.

### **I.2.3. Le besoin de réutilisation des ressources d'apprentissage**

Face à la grande quantité des ressources d'apprentissage disponibles sur le web, peu de ressources sont réutilisables. Par conséquent, la recherche et la sélection des fragments de texte pertinents, des figures, des exercices, etc. à partir d'une ressource afin de les réutiliser sont des tâches très difficiles, voire impossibles. Par conséquent, il est nécessaire que les concepteurs des documents pédagogiques aient à leur disposition des moyens pour permettre la réutilisation et le partage des ressources d'apprentissage. Aussi, fournir aux créateurs de contenu, des outils d'annotation sémantique et de partage de ressources devient incontournable. C'est ce que nous proposons de faire dans SoLearn.

### **I.2.4. Le besoin d'indexation des ressources d'apprentissage**

Les ressources pédagogiques doivent être indexées selon l'ontologie afin de rendre la réutilisation la plus facile possible en utilisant des modélisations déjà existantes pour construire des cours cohérents à partir d'un ensemble de concepts et pour permettre aussi d'associer aux ressources d'apprentissage un objectif pédagogique, un niveau, une stratégie d'apprentissage, etc. Le processus d'indexation intervient dans plusieurs tâches, par exemple le référencement, la composition dynamique d'objets pédagogiques, etc.

### **I.2.5. Le besoin d'implication de l'intelligence**

Le système d'apprentissage doit intégrer l'"intelligence" qui dirige les apprenants vers les ressources, des collaborateurs et les activités pédagogiques appropriées, il doit agir comme un système intelligent qui s'adapte mieux aux besoins de ses utilisateurs en fonction de leurs intérêts, leurs préférences et leurs connaissances. Il doit permettre ainsi d'améliorer l'interaction de l'utilisateur avec le système et avec d'autres utilisateurs, à travers la découverte des nouvelles connaissances sur les aspects pertinents via l'utilisation des mécanismes d'inférence du Web sémantique. C'est ce que nous proposons de faire dans SoLearn.

### **I.2.6. Le besoin de la personnalisation et de l'adaptation**

Un système d'apprentissage est conçu pour une communauté d'apprenants afin de les aider à réaliser leurs objectifs pédagogiques d'une manière facile, rapide et cohérente, mais les

apprenants n'ont pas les mêmes attentes, connaissances, compétences, centres d'intérêt, etc. Ils ne sont capables de comprendre ou d'accepter que les ressources dont l'organisation, le contenu et la présentation sont adaptés à leurs besoins, leurs styles et à leurs rythmes d'apprentissage. Donc, fournir un contenu éducatif conçu pour tout le monde n'est pas approprié et n'est pas souhaitable. Dans SoLearn, des raisonnements dans les modèles du Web sémantique vont permettre d'assurer la composition des ressources d'apprentissage qui correspondent exactement aux besoins de chaque apprenant.

### **I.3. Présentation des connaissances dans SoLearn**

L'utilisation des technologies et des modèles du Web sémantique dans les systèmes d'apprentissage nous permet de personnaliser les parcours de l'apprenant, en composant des nouvelles ressources d'apprentissage selon ses besoins et en adaptant l'interaction entre le système et l'apprenant en fonction des objectifs de celui-ci.

Dans ce qui suit, nous allons présenter comment nous avons utilisé les modèles du Web sémantique pour décrire les connaissances de l'environnement d'apprentissage personnalisé SoLearn.

#### **I.3.1. L'ontologie du domaine proposée**

L'ontologie est un groupe structuré des termes et concepts représentant le sens d'un domaine d'information, à savoir par les métadonnées d'un espace de noms ou les éléments d'un domaine de connaissances. L'ontologie forme en soi un modèle de données représentant un ensemble de concepts dans un domaine, ainsi que des relations entre ces concepts. Elle est employée pour raisonner à propos des objets du domaine concerné.

Dans le contexte de notre travail, l'ontologie décrit les connaissances du domaine de l'apprentissage personnalisé, elle nous permet de définir formellement les différents utilisateurs avec leurs rôles (étudiant, enseignant, etc.), les ressources (livres, cours, articles, etc.), les styles et les préférences d'apprentissage, les stratégies pédagogiques, les tags (ou bien les mots clés qui représentent la compréhension d'un utilisateur vis-à-vis d'une ressource d'apprentissage) et les outils de communication synchrones et asynchrones (les commentaires, la messagerie et la discussion instantanée).

Plus précisément, l'utilisation de l'ontologie nous permet de :

- Annoter et décrire les ressources d'apprentissage par un vocabulaire formel qui permet leur partage et leur réutilisation.
- Décrire formellement le domaine de formation afin d'améliorer la qualité de la personnalisation d'apprentissage et faciliter l'accès à la connaissance.
- Fournir le support de l'apprentissage à la demande et au besoin de l'utilisateur, tant que les ressources sont indexées par l'ontologie, le système peut proposer à l'apprenant un support de cours composé de plusieurs éléments de connaissance (par exemple une agrégation des définitions, illustrations et exercices, etc.);
- Décrire de manière formelle les utilisateurs de système.

- Réduire l'ambiguïté de la terminologie utilisée dans le système, afin d'améliorer l'efficacité de la recherche pour trouver les meilleures ressources adéquates à une situation d'apprentissage spécifique.
- Améliorer le résultat de la recommandation des utilisateurs et des ressources d'apprentissage en s'appuyant sur des mécanismes d'inférence.

L'ontologie décrit deux types de connaissances: des concepts et des propriétés organisés hiérarchiquement. Pour chaque propriété, un concept sujet et objet est défini (le domaine et le co-domaine). Les connaissances du domaine d'apprentissage sont instanciées pour décrire les notions d'un domaine (par exemple le domaine de la programmation orientée objet), les caractéristiques d'un apprenant (par exemple son niveau cognitif, ses préférences, etc.) et des annotations sur les ressources pédagogiques (par exemple le type de la ressource, son auteur, etc.).

Notre approche a pour but de favoriser les échanges, la collaboration et augmenter l'interactivité entre les utilisateurs du système, afin que chacun d'eux puisse réaliser ses objectifs d'apprentissage de manière facile, précise et conformément à son rythme et ses besoins. En effet, les échanges et la collaboration sont au cœur de l'apprentissage social, c'est pourquoi nous devons représenter tout ce qui relie l'utilisateur aux autres. A travers notre étude, nous avons constaté que les éléments les plus importants qui peuvent créer des relations entre les différents utilisateurs et qui ont une influence directe sur leurs feed-back sont : le contenu pédagogique (ressources), les outils de communication (commentaires, messages, chat), les styles, les préférences, les médias pédagogiques, les stratégies et les objectifs d'apprentissage. Ces éléments représentent les concepts clés de notre ontologie.

### **1.3.2. Conception de l'ontologie**

#### **a) *Choix d'une méthodologie de construction***

Pour concevoir l'ontologie de l'apprentissage personnalisé, nous avons suivi la méthode itérative pour le développement des ontologies proposée par Noy et McGuinness (Noy & McGuinness, 2001) et pour le respect des principes de construction nous avons appliqué la méthode de Gruber (Gruber, 1993).

#### **b) *Définition du domaine et la portée de l'ontologie***

Pour définir le domaine et la portée de l'ontologie, nous devons répondre aux questions suivantes :

##### **b.1. Quel domaine va être couvert par l'ontologie ?**

Le domaine de notre ontologie est l'apprentissage personnalisé dans un contexte social. Notre ontologie inclut donc les concepts qui décrivent les enseignants, les apprenants, les relations sociales, le contenu pédagogique, les styles et les préférences de l'apprentissage.

##### **b.2. Dans quel but nous développons l'ontologie ?**

L'ontologie sera construite afin de produire un vocabulaire conceptuel, qui permet l'annotation des ressources pédagogiques (format de ressources, type de médias, le tag associé et la

méthode d'évaluation), la représentation des connaissances sur les utilisateurs (des connaissances sur leurs préférences, leurs objectifs, leurs stratégies et leurs styles d'apprentissage et des connaissances sur leurs émotions).

### b.3. Qui va utiliser l'ontologie ?

L'ontologie sera utilisée par des agents logiciels et elle n'est pas destinée à être utilisée par les êtres humains. Un environnement d'apprentissage va exploiter l'ontologie pour fournir aux utilisateurs un contenu éducatif personnalisé qui s'adapte bien à leurs besoins.

### b.4. Réutilisation des ontologies existantes

A travers cette étape nous réutilisons toute ou une partie des ontologies existantes ou nous les adaptons selon nos besoins. Pour cela, nous avons utilisé les ontologies suivantes: l'ontologie proposée par Inaba (Inaba, 1999) qui formalise des objectifs d'apprentissage, l'ontologie FOAF (Brickley & Miller, 2012) qui permet de décrire des personnes et les relations qu'elles entretiennent entre elles et l'ontologie proposée par Yessad (Yessad, 2009) pour décrire les connaissances d'un environnement pédagogique adaptatif.

### b.5. L'identification des concepts de l'ontologie

Pour organiser les principaux concepts de l'ontologie, nous nous basons sur les trois ontologies citées précédemment de la manière suivante :

Nous extrayons les concepts qui désignent les ressources et les objectifs pédagogiques, les concepts des utilisateurs et les relations qu'elles entretiennent entre elles, ensuite nous les enrichissons avec des nouveaux concepts afin de couvrir le domaine de l'apprentissage personnalisé dans un contexte social.

Dans ce processus de conception, nous suivons une approche TOP-DOWN avec un processus itératif, d'où nous commençons à partir des concepts généraux et dans chaque itération nous raffinons les concepts de l'ontologie et leur organisation. Lors du développement de l'ontologie nous n'étions pas en mesure de savoir que les proposés allaient satisfaire notre objectif, de ce fait, nous avons ajouté des nouveaux termes et retiré d'autres et nous avons fait plusieurs modifications afin de décider si un terme peut être considéré comme une classe ou bien un individu.

### b.6. Respect des principes de construction

Pour le respect des principes de construction de l'ontologie, nous avons appliqué quelques critères de Gruber (Gruber, 1993) et d'Arpirez (Arpirez et al., 1998):

1. Clarté et objectivité [Gruber] : nous avons associé une définition et une explication de chaque terme utilisé dans notre ontologie.
2. Complétude [Gruber] : nous avons exprimé chaque définition de concept par des conditions nécessaires et suffisantes.
3. Extensibilité ontologique maximale [Gruber] : nous avons assigné une seule et unique définition pour chaque terme, et chaque définition n'est attribuée à aucun autre terme sauf à un terme plus général ou à un terme plus spécialisé.

4. Diversification des hiérarchies [Arpirez]: nous avons essayé de représenter le maximum de connaissances dans l'ontologie afin de rendre le processus d'ajout des nouveaux concepts le plus facile possible.

Le résultat de l'application des méthodes de conception de l'ontologie est présenté dans la figure 19.

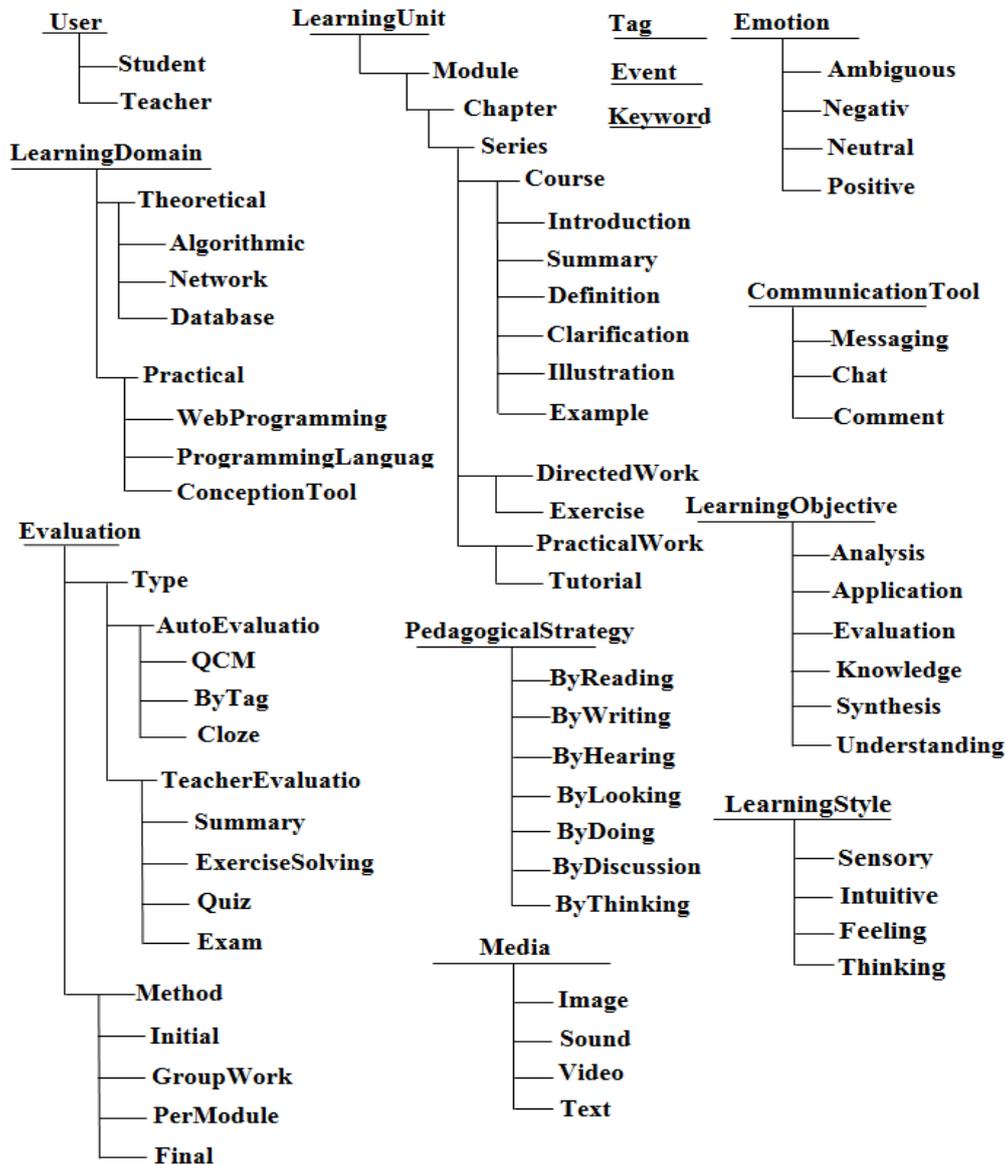


Figure. 19. L'ontologie de l'environnement d'apprentissage personnalisé (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015).

### 1.3.3. Explication de l'ontologie

Dans ce qui suit, nous allons présenter les concepts, les relations et les instances de l'ontologie ainsi que leurs définitions et leurs descriptions.

#### a) Description des concepts de l'ontologie

Une description détaillée de chaque concept est décrite dans le tableau 6.

Tableau. 6. Description détaillée des concepts de l'ontologie

Classes / concepts	Description
User	La classe " <i>User</i> " : représente les utilisateurs. Elle regroupe les étudiants et les enseignants, les utilisateurs sont des instances du concept <i>Student</i> ou <i>Teacher</i> .
LearningDomain	La classe " <i>LearningDomain</i> " : représente les domaines d'apprentissage, elle est décomposée en deux sous-classes principales, la classe " <i>Theoretical</i> " pour représenter les domaines d'apprentissage théoriques (logique mathématique, analyse de données, recherche opérationnelle, etc.), et la classe " <i>Practical</i> " pour la représentation des domaines d'apprentissage pratiques (langage de programmation, environnement de développement, outil de conception, etc.) .
Media	La classe " <i>Media</i> " : représente le contenu d'apprentissage dans sa forme physique, c.-à-d. les fichiers ajoutés par les utilisateurs sur le système (exemple : un fichier texte, une image, etc.). Cette classe possède quatre sous-classes qui représentent : les textes, les images, les sons et les vidéos. Comme nous allons voir dans la description des propriétés, la classe " <i>Media</i> " est le domaine de la propriété " <i>hasFormat</i> " qui relie une unité d'apprentissage à une forme (par exemple : Exercice1 hasForm Text).
Event	La classe " <i>Event</i> " : représente les événements déclenchés par les différents utilisateurs pendant leurs interactions avec le système, par exemple quand un enseignant publie un cours, un événement est enregistré avec le type de l'opération, l'utilisateur déclenchant et l'heure, etc.
Tag	La classe " <i>Tag</i> " : représente les tags ou bien les mots clés attribués par les utilisateurs aux différentes ressources d'apprentissage.  D'un côté, l'apprenant utilise les tags pour annoter le contenu d'apprentissage et cette action de marquage (tagging) reflètent sa perception ou même la compréhension de ce contenu, de l'autre côté, l'enseignant peut utiliser la folksonomie comme un outil d'évaluation, il voit les tags des apprenants associés à son contenu afin de vérifier s'ils ont bien compris ses cours ou non. Le système associe les tags des apprenants avec les concepts de l'ontologie, car ils utilisent souvent des mots informels pour représenter leur perception sur le contenu.
CommunicationTool	La classe " <i>CommunicationTool</i> " : représente les différents outils de communication utilisés pour permettre l'échange entre les utilisateurs, elle se décompose en trois sous-classes: <i>ChatMessage</i> : représente les messages échangés lors de la discussion instantanée, la classe <i>TextMessage</i> : représente les messages échangés en mode différé, c.-à-d. en utilisant la messagerie et la classe <i>Comment</i> : représente les connaissances sur les commentaires publiés par les utilisateurs sur les différentes opérations effectuées sur le système, à savoir la publication des cours, la mise à jour des statuts, l'ajout de commentaires, etc.
Keyword	La classe " <i>Keyword</i> " : représente les mots présents dans le système : dans

	les tags, les commentaires, les messages, les requêtes de recherches, etc.
Emotion	La classe " <i>Emotion</i> " : représente l'émotion des utilisateurs vis-à-vis des objets d'apprentissages, des autres utilisateurs, des commentaires, etc.
LearningUnit	<p>La classe "<i>LearningUnit</i>" représente les éléments d'objectifs pédagogiques utilisés dans le système. Une unité d'apprentissage contient un ensemble de modules, chaque module regroupe plusieurs chapitres et chaque chapitre contient une série de : cours, travaux dirigés et travaux pratiques.</p> <p>Chaque cours est associé à un ensemble des entités pédagogiques (définition, résumé, illustration, exemple, etc.) qui possèdent différents formats (par exemple : la définition est un fichier texte et l'illustration est une vidéo). Nous pouvons trouver des relations sémantiques entre ces derniers, par exemple, la définition est le premier élément pédagogique qui doit être présenté à l'apprenant, cela signifie que la définition est un prérequis de tous les autres éléments.</p>
LearningStyle	Cette classe représente les styles d'apprentissage des apprenants, ces derniers apprennent facilement quand ils ont la possibilité de réagir selon leur style d'apprentissage préféré. Chaque préférence a certains effets prévisibles sur les styles d'apprentissage. Par exemple, les apprenants qui appartiennent à la catégorie sensorielle utilisent les cinq sens pour acquérir des informations, ils préfèrent apprendre les faits réels et organisés, ils se révèlent quand il s'agit de mémorisation, ils sont réalistes et qu'ils n'aiment pas la théorie. Les apprenants intuitifs traitent avec la théorie d'abord avant d'utiliser des faits, ils aiment être créatifs et innovants. Les apprenants qui appartiennent à la catégorie réflexion utilisent leurs esprits plus que ce qu'ils utilisent leurs cœurs, et la plupart du temps, ils ne font pas attention aux sentiments des autres, ils aiment le raisonnement et la résolution de problèmes logiques.
LearningPreference	<p>La classe "<i>préférences d'apprentissage</i>" représente les modèles des caractéristiques des apprenants : les forces, les faiblesses et les préférences afin de mieux comprendre les stratégies et les approches qui pourraient être les plus efficaces pour améliorer l'apprentissage.</p> <p>Par exemple, les apprenants qui ont le style d'apprentissage "Reading-Writing" sont plus à l'aise pour apprendre par <i>lecture</i>. Souvent, afin de mémoriser de nouvelles informations, ils doivent les voir écrites avant de pouvoir le transférer dans la mémoire à long terme.</p>
PedagogicalStrategy	Cette classe représente les stratégies pédagogiques qui relient le contenu pédagogique à une préférence d'apprentissage spécifique. Par exemple, un enseignant lors de la création d'un contenu de type " <i>Sound</i> ", doit préciser que ce contenu a la stratégie pédagogique " <i>ByHearing</i> ". Alors, ce contenu doit être proposé à un apprenant qui a la préférence d'apprentissage " <i>Auditory</i> ".
LearningObjective	Les objectifs d'apprentissage sont un bon moyen pour planifier et mettre en place le cours, car ils permettent de questionner l'utilité pour l'apprentissage de chaque activité.

	<p>L'enseignant met en avant ce qu'il veut que les apprenants aient appris en participant au cours (savoirs, savoirs-faire, savoirs-être). Il communique ces objectifs d'apprentissage dans son cours. Les objectifs d'apprentissage servent à l'enseignant pour structurer son scénario de cours. Pour l'apprenant, ils permettent de savoir où il est dans son apprentissage. En plus, ils servent à expliciter la finalité des activités d'apprentissage proposées.</p> <p>Elle contient six sous classes : analyse, application, évaluation, connaissance, synthèse et compréhension.</p>
<p>Evaluation</p>	<p>Cette classe représente les types et les méthodes d'évaluation des apprenants. Dans la sous-classe <i>Type</i>, nous trouvons l'évaluation par l'enseignant qui consiste à évaluer la connaissance des apprenants sur des travaux demandés par l'enseignant, comme des exercices, des examens, etc., et nous trouvons l'auto évaluation qui se fait par le système à travers des QCM, des textes à trous, etc.</p> <p>Dans la sous-classe <i>Méthode</i>, nous trouvons la méthode initiale, par groupe, par module et l'évaluation finale.</p>

**b) Les propriétés qui relient les objets**

Les classes seules ne suffisent pas pour décrire les connaissances à manipuler dans le système. Nous avons également identifié les propriétés significatives qui permettent de décrire les différents objets. Dans la perspective d'une formalisation dans le langage OWL, nous distinguons les propriétés à valeurs des objets et celles à valeurs des littéraux. La figure 20 présente les propriétés à valeurs d'objets de notre ontologie.

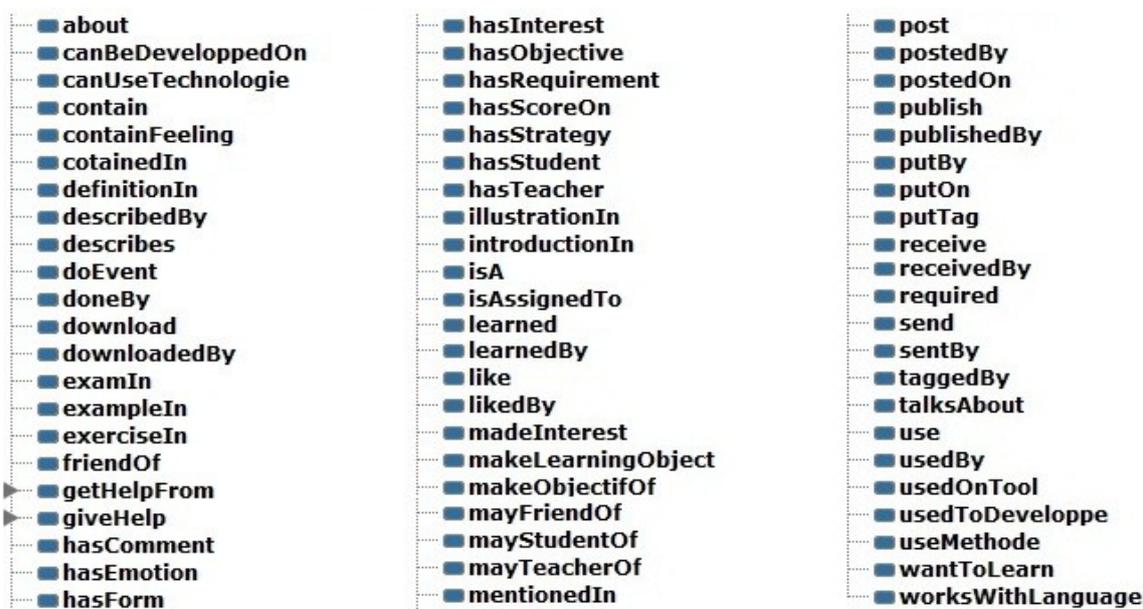


Figure. 20. Les propriétés à valeurs des objets.

Une explication détaillée de chaque propriété est décrite dans le tableau 7.

Tableau. 7. Description détaillée de chaque propriété de l'ontologie

Propriété Objet	Domaine	Co-domaine	Caractéristiques	Description
about	Event	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Document</li> <li>● Tag</li> <li>● Message</li> <li>● Comment</li> </ul>	Inverse de : makeObjectif Of	La propriété "about": représente la relation "à_propos_de" qui relie un événement à d'autres instances, par exemple : Event1 about Tag7
canBeDeveloppedOn	<ul style="list-style-type: none"> <li>● DataStructuring</li> <li>● Programming-Language</li> </ul>	● Programming-environment	Inverse de : usedTodevelope	Représente la relation qui relie un langage de programmation à un environnement de programmation, par exemple : Java canBeDeveloppedOn Eclips e
canUseTechnology	● ProgrammingLanguage	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ProgrammingTechnologies</li> <li>● ProgrammingTool</li> </ul>	Inverse de : worksWithLanguage	Représente la relation qui relie un langage de programmation à une technologie ou un outil de programmation
contains	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Comment</li> <li>● Message</li> <li>● Tag</li> <li>● Document</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● KeyWord</li> <li>● LearningUnit</li> </ul>	Inverse de : containedIn	Exprime le fait qu'un commentaire, message, ou un tag contient un mot-clé. Et qu'un document publié contient une entité pédagogique, par exemple : le Livre1 contient une définition
containsFeeling	● Message	● Emotion		Décrit l'état émotionnel d'un utilisateur vis-à-vis d'un autre utilisateur lors de l'échange de messages, par exemple quand un apprenant utilise des mots qui expriment un état positif vis- à-vis d'un autre apprenant.
containedIn	● KeyWord	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Comment</li> <li>● Message</li> <li>● Tag</li> </ul>	Inverse de : contains	Exprime le fait qu'un mot- clé se présente dans un commentaire, message ou tag.
definitionIn	● Definition	● Document	Inverse de : contains	Décrit le fait que l'entité pédagogique <i>Definition</i> existe dans un document publié.
describedBy	● LearningObject	● KeyWord	describes	Représente le fait qu'un objet d'apprentissage est

				représenté par un mot-clé, par exemple : le cours1 est décrit par le tag : " java"
describes	Keyword	LearningObject	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reflexive</li> <li>Inverse de: describedBy</li> </ul>	Exprime le fait qu'un mot-clé représente un objet d'apprentissage.
doEvent	User	Event	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse Functional</li> <li>Inverse de: doneBy</li> </ul>	Représente l'action de déclenchement des événements par les utilisateurs, par exemple quand un enseignant publie un nouveau cours.
doneBy	Event	User	<ul style="list-style-type: none"> <li>Functional</li> <li>Inverse de: doEvent</li> </ul>	Représente le fait qu'un événement a été fait par un utilisateur.
downloads	User	Document	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: downloadedBy</li> </ul>	Exprime le fait qu'un utilisateur télécharge un document sur sa machine
downloadedBy	Document	User	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: download</li> </ul>	Représente les actions de téléchargements des documents par les utilisateurs, par exemple : le livre7 a été téléchargé par l'apprenant10.
examIn	Exam	Document	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: contains</li> </ul>	Décrit le fait que l'entité pédagogique <i>Exam</i> existe dans un document publié.
exampleIn	Example	Document	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: contains</li> </ul>	Décrit le fait que l'entité pédagogique <i>Example</i> existe dans un document publié.
exerciseIn	Exercise	Document	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: contains</li> </ul>	Décrit le fait que l'entité pédagogique <i>Exercise</i> existe dans un document publié.
friendOf	User	User	<ul style="list-style-type: none"> <li>Symmetric</li> <li>Transitive</li> </ul>	Représente la relation d'amitié entre deux personnes.
getHelpFrom	User	User	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irreflexive</li> <li>Inverse de: giveHelp</li> </ul>	Représente le fait qu'un utilisateur obtient de l'aide d'une autre personne.
givesHelp	User	User	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irreflexive</li> <li>Inverse de: getHelpFrom</li> </ul>	Exprime le fait qu'un utilisateur aide une autre personne.
hasComment	Document	Comment	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de:</li> </ul>	Représente le fait qu'un

			■ postedOn	document a des commentaires.
■ hasEmotion	● User	● Emotion	■	Exprime le fait qu'un utilisateur a une émotion.
■ hasForm	● LearningUnit	● Media		Exprime le fait qu'une entité pédagogique a un format par exemple : Illustration4 a le format Image.
■ hasInterest	● User	● User	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Irreflexive</li> <li>● Inverse de: ■ madeInterest</li> </ul>	Représente le fait qu'un utilisateur exprime un intérêt vis-à-vis d'un autre utilisateur.
■ hasObjective	● LearningUnit	● LearningObjective	●	Exprime le fait qu'une entité pédagogique a un objectif d'apprentissage par exemple : Example7 a l'objectif d'apprentissage <i>Understanding</i>
■ hasRequirement	● LearningObject	● LearningObject	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Transitive</li> <li>● Inverse de: ■ required</li> </ul>	Représente le fait qu'un objet d'apprentissage a des prérequis, par exemple : PHP hasRequirement HTML
■ hasScoreOn	● User	● EvaluationType	●	Exprime le fait qu'un utilisateur a un score sur l'un de types d'évaluation, par exemple : Student2 hasScoreOn Exercise4.
■ hasStrategy	● User	● LearningStrategy	●	Représente le fait qu'un utilisateur a une stratégie d'apprentissage, par exemple : Student3 hasStrategy ByReading
■ hasStudent	● Teacher	● Student	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inverse Functional</li> <li>● Inverse de: ■ hasTeacher</li> </ul>	Représente le fait qu'un enseignant enseigne un apprenant.
■ hasTeacher	● Student	● Teacher	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inverse Functional</li> <li>● Inverse de: ■ hasStudent</li> </ul>	Exprime le fait qu'un apprenant est enseigné par un enseignant.
■ illustrationIn	● Illustration	● Document	●	Décrit le fait que l'entité pédagogique <i>Illustration</i> existe dans un document publié.
■ introductionIn	● Introduction	● Document	●	Décrit le fait que l'entité

				pédagogique <i>Introduction</i> existe dans un document publié.
■ isA	● Document	● LearningUnit	•	Représente le fait qu'un document publié est une entité pédagogique, par exemple : Doc1 isA Exercise
■ isAssignedTo	● EvaluationType	● LearningUnit	•	Décrit le fait qu'un type d'évaluation est assigné à une entité d'apprentissage, par exemple : QCM1 est assigné au Definition2
■ learned	● User	● LearningObject	• Inverse de: ■ learnedBy	Exprime le fait qu'un utilisateur a appris un objet d'apprentissage.
■ learnedBy	● LearningObject	● User	• Inverse de: ■ learned	Exprime le fait qu'un objet d'apprentissage a été appris par un utilisateur
■ likes	● User	● Document	• Inverse de: ■ likedBy	Exprime le fait qu'un utilisateur a aimé un document.
■ likedBy	● Document	● User	• Inverse de: ■ Like	Exprime le fait qu'un document a été aimé par un utilisateur.
■ madeInterest	● User	● User	• Irreflexive • Inverse de: ■ hasInterest	Exprime le fait qu'un utilisateur a exprimé son intérêt vis-à-vis d'un autre utilisateur.
■ makesLearning Object	● LearningObject	● User	• Inverse de: ■ wantToLearn	Exprime la création des objets d'apprentissage par les utilisateurs.
■ makesObjectif Of	● Document ● Comment ● Message ● Tag	● Event	Inverse de: ■ about	Relie les événements aux différentes actions, par exemple : l'événement3 déclenché par l'apprenant7 fait objet d'une action d'ajout d'un commentaire sur le livre5
■ mayBeStudent Of	● Student	● Teacher	Inverse Functional • Inverse de: ■ mayTeacherOf	Exprime le fait qu'un étudiant peut être un apprenant potentiel d'un enseignant. Nous l'utilisons pour la recommandation des enseignants aux apprenants.

<ul style="list-style-type: none"> <li>mayBeTeacherOf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teacher</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Student</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse Functional</li> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>mayStudentOf</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exprime le fait qu'un enseignant peut être un enseignant potentiel pour un apprenant.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>mayBeFriendOf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irreflexive</li> </ul>	<p>Exprime le fait qu'un utilisateur peut être un ami potentiel d'un autre utilisateur. Nous l'utilisons pour la recommandation des utilisateurs.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>mentionedIn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LearningObject</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Document</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>talksAbout</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exprime le fait qu'un objet d'apprentissage est mentionné dans un document, par exemple " java " est mentionné dans le livre8.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Post</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse Functional</li> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>postedBy</li> </ul> </li> </ul>	<p>Représente l'action de dépôt d'un commentaire par un utilisateur.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>postedBy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse Functional</li> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>post</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exprime le fait qu'un commentaire a été déposé par un utilisateur.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>postedOn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Document</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>hasComment</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exprime le fait qu'un commentaire a été déposé sur un document.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>publish</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Document</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse Functional</li> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>publishedBy</li> </ul> </li> </ul>	<p>Représente l'opération de publication des documents par les différents utilisateurs.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>publishedBy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Document</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Functional</li> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>publish</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exprime le fait qu'un documenta été publié par un utilisateur.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>putBy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Functional</li> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>putTag</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exprime le fait qu'un tag a été ajouté par un utilisateur.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>putOn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Document</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Functional</li> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>taggedBy</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exprime le fait qu'un tag a été ajouté sur un document.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>putTag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>putBy</li> </ul> </li> </ul>	<p>Représente l'ajout des tags par les utilisateurs.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>receives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Message</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>receivedBy</li> </ul> </li> </ul>	<p>Représente l'action de réception des messages par les utilisateurs.</p>

receivedBy	Message	User	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: receive</li> </ul>	Exprime le fait qu'un message a été reçu par un utilisateur.
required	LearningObject	LearningObject	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transitive</li> <li>Inverse de: hasRequirement</li> </ul>	Exprime le fait qu'un objet d'apprentissage est requis pour d'autres objets. X est un Pré requis de Y, si l'apprentissage de Y nécessite la connaissance de X
send	User	Message	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse Fonctional</li> <li>Inverse de: sentBy</li> </ul>	Représente l'envoi des messages par les utilisateurs.
sentBy	Message	User	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse Fonctional</li> <li>Inverse de: send</li> </ul>	Exprime le fait qu'un message a été envoyé par un utilisateur.
taggedBy	Document	Tag	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse Fonctional</li> <li>Inverse de: putOn</li> </ul>	Exprime le fait qu'un document a été taggué par un tag.
talksAbout	Document	LearningObject	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: mentionedIn</li> </ul>	Exprime le fait qu'un document parle d'un objet d'apprentissage, par exemple le livre8 parle sur PHP.
uses	User	keyword	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: usedBy</li> </ul>	Exprime le fait qu'un utilisateur utilise un mot-clé pour ajouter un tag par exemple.
usedBy	keyword	User	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: use</li> </ul>	Exprime le fait qu'un utilisateur a utilisé un mot-clé.
usedOnTool	FormelMethods	ConceptionTool	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: useMethode</li> </ul>	Une propriété spécifique qui relie les outils de conception aux méthodes formelles.
usedToDeveloppe	Programming-environment	DataStructuring Programming-Language	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: canBeDeveloppedOn</li> </ul>	Représente la relation entre un environnement de programmation et un langage de programmation, par exemple : Eclipse est utilisé pour développer en Java.

<ul style="list-style-type: none"> <li>usesMethod</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ConceptionTool</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FormelMethods</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: usedOnTool</li> </ul>	Une propriété spécifique qui relie les méthodes formelles aux outils de conceptions.
<ul style="list-style-type: none"> <li>wantsToLearn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LearningObject</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: makeLearningObject</li> </ul>	Exprime le fait qu'un utilisateur exprime un besoin d'apprendre un objet d'apprentissage.
<ul style="list-style-type: none"> <li>worksWithLanguage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ProgrammingTechnologies</li> <li>ProgrammingTool</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ProgrammingLanguage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inverse de: canUseTechnology</li> </ul>	Représente la relation entre une technologie ou un outil de programmation et un langage de programmation.

c) *Les propriétés à valeurs littérales*

Les propriétés à valeurs littérales de notre ontologie sont présentées dans la figure 21.

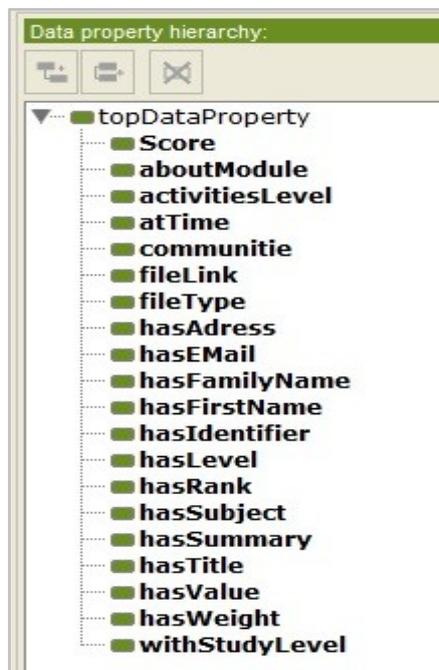


Figure. 21. Les propriétés de données.

Une explication détaillée de chaque propriété est donnée dans le tableau 8, le co-domaine des propriétés est le type du littéral :

Tableau. 8. Explication des propriétés de données.

Propriété Donnée	Domaine	Co-Domaine	Caractéristique	Description
<ul style="list-style-type: none"> <li>aboutModule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Course</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>String</li> </ul>		Indique une description d'un module d'enseignement.
<ul style="list-style-type: none"> <li>activitiesLevel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>User</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integer</li> </ul>		Indique le niveau d'activité des apprenants

■ atTime	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Comment</li> <li>● Document</li> <li>● Event</li> <li>● Message</li> </ul>	● dateTime		Indique la date de création des actions, par exemple : l'ajout d'un tag ou d'un commentaire.
■ community	<ul style="list-style-type: none"> <li>● User</li> </ul>	● Integer		Indique le numéro de la communauté où les utilisateurs appartiennent.
■ fileLink	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Document</li> </ul>	● String	Functional	Indique le chemin physique d'un document
■ fileType	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Document</li> </ul>	● String		Indique le type d'un document, par exemple .PDF ou .DOC.
■ hasAdress	<ul style="list-style-type: none"> <li>● User</li> </ul>	● String		Indique l'adresse d'un utilisateur
■ hasEmail	<ul style="list-style-type: none"> <li>● User</li> </ul>	● String	Functional	Indique l'email de l'utilisateur
■ hasFamilyName	<ul style="list-style-type: none"> <li>● User</li> </ul>	● String		Indique le nom d'un utilisateur
■ hasFirstName	<ul style="list-style-type: none"> <li>● User</li> </ul>	● String		Indique le prénom d'un utilisateur
■ hasIdentifier	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Document</li> </ul>	● Integer		Indique l'identificateur d'un document
■ hasLevel	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Course</li> <li>● Student</li> </ul>	● String		Indique le niveau d'un étudiant, par exemple : il est inscrit en master ou en licence. Il indique aussi le niveau des cours, par exemple, le cours3 est destiné aux étudiants de licence.
■ hasRank	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Teacher</li> </ul>	● String		Indique le grade de l'enseignant, par exemple : Maître de conférences.
■ hasSubject	<ul style="list-style-type: none"> <li>● TextMessage</li> </ul>	● String		Indique le sujet d'un message.
■ hasSummary	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Document</li> </ul>	● String		Indique le résumé sur le document lors de la création de l'objet d'apprentissage.
■ hasTitle	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Document</li> </ul>	● String		Indique le titre de l'objet d'apprentissage.

■ hasValue	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Comment</li> <li>● Event</li> <li>● Message</li> <li>● Tag</li> </ul>	● String		Indique la valeur d'un commentaire ou un tag, qui est une chaîne de caractères.
■ hasWeight	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tag</li> </ul>	● Integer		Indique le poids d'un tag, pour indiquer l'importance des tags, le tag le plus utilisé est celui qui a un poids élevé.

d) *Les individus ou bien les instances de classes*

Dans le tableau 9 nous présentons quelques individus remarquables de notre ontologie.

Tableau. 9. Ensemble des individus de l'ontologie

Individu	Type	Propriété	Individu	Description
◆ Access	● SGBD	■ hasRequirement	◆ RelationalAlgebra	Access est un <a href="#">SGBD</a> relationnel édité par Microsoft. il fait partie de la suite bureautique MS Office Pro.
◆ ACP	● DataAnalysis	■ hasRequirement	◆ BasicMathematic	Une méthode d'analyse de donnée, ACP : analyse en composantes principales
◆ Ada	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ObjectOriented Language</li> <li>● ProceduralLanguage</li> </ul>	■ CanBeDeveloppedOn	◆ AdaGide	Ada est un langage de <a href="#">programmation orienté objet</a>
◆ AdaGide	● ProgrammingEnvironment	■ UsedToDeveloppe	◆ Ada	Un environnement de programmation pour le langage <a href="#">Ada</a>
◆ AdobeDreamWeaver	● ProgrammingEnvironment	■ UsedToDeveloppe	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ ASP</li> <li>◆ HTML</li> <li>◆ PHP</li> <li>◆ XML</li> <li>◆ JAVA</li> </ul>	Un environnement de programmation pour les langages du web.
◆ AJAX	● ProgrammingTechnologies	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ hasRequirement</li> <li>■ worksWithLanguage</li> <li>■ hasRequirement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ XML</li> <li>◆ Javascript</li> <li>◆ Javascript</li> </ul>	Ajax permet de construire des applications Web et des sites Web dynamiques interactifs sur le poste client

I.4. Modélisation des connaissances du système

Nous avons fait le choix de décrire les différents modèles (le modèle du domaine, le modèle pédagogique et le modèle apprenant) dans le langage RDF (Resource Description Framework), le fait que RDF est un modèle dédié pour le stockage d'informations sous forme de graphes, où il est employé pour décrire les relations entre les différentes ressources, il

n'inclut pas directement les nœuds, mais indirectement grâce aux relations pointant vers les nœuds, où nous pourrions ajouter des nouveaux nœuds à tout moment.

La figure 22 présente une vue générale sur les différents liens qui relient l'ontologie aux différents modèles. Les annotations RDF sont l'instanciation de connaissances décrites au niveau du modèle OWL. Par exemple, le triplet <Khaled, hasTeacher, Seridi> est l'instanciation de la connaissance suivante décrite en OWL : hasTeacher (Learner, Teacher) et en langage naturel: "Seridi est l'enseignant de Halimi ". Cette annotation RDF appartient au modèle de l'apprenant qui sert à modéliser les caractéristiques de l'apprenant Khaled, sachant que *hasTeacher* est une propriété dans l'ontologie. Le préfixe "pl:" (xmlns:pl="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#") est utilisé pour désigner l'URI de l'ontologie.

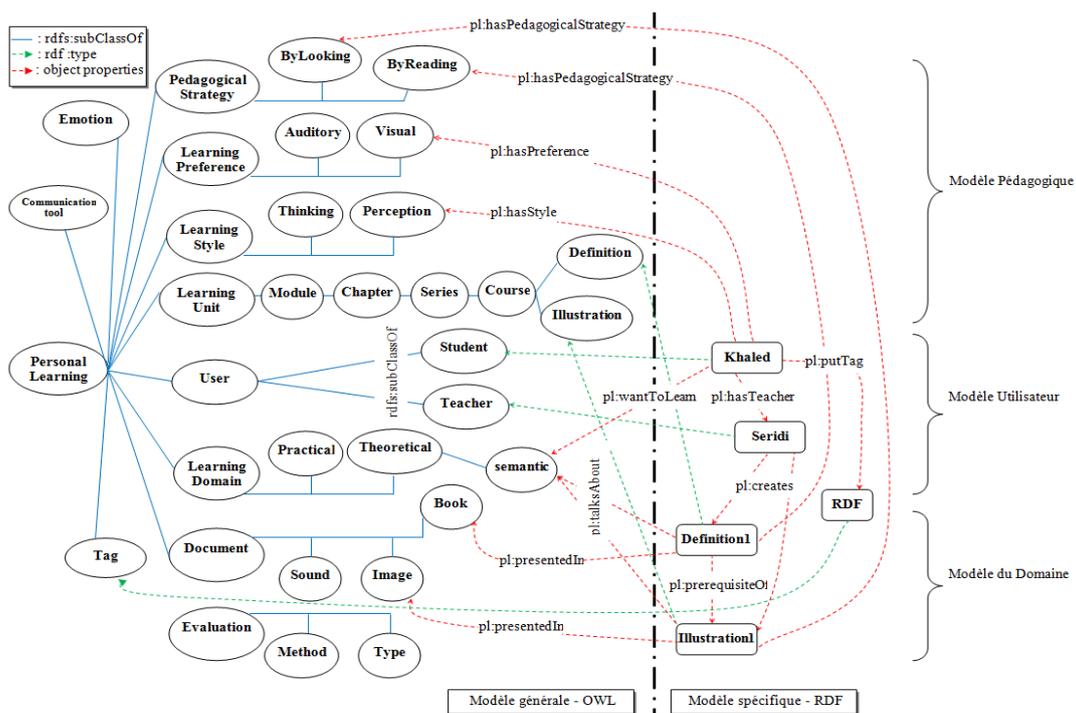


Figure. 22. Vue générale de la relation entre l'ontologie et les différents modèles.

#### 1.4.1. Modélisation des connaissances sur les domaines d'apprentissage

Notre ontologie nous permet aussi de décrire les différents domaines d'apprentissage, comme nous l'avons vu dans la figure 19, les objets d'apprentissage sur notre plate-forme sont décomposés en deux classes principales, la classe "Theoretical" pour représenter les domaines d'apprentissage théoriques (logique mathématique, analyse de données, recherche opérationnelle, etc.), et la classe "Practical" pour la représentation des domaines d'apprentissages pratique (langage de programmation, environnement de développement, outil de conception, etc.). Dans la figure 23, nous présentons un extrait de la hiérarchie des domaines d'apprentissage.

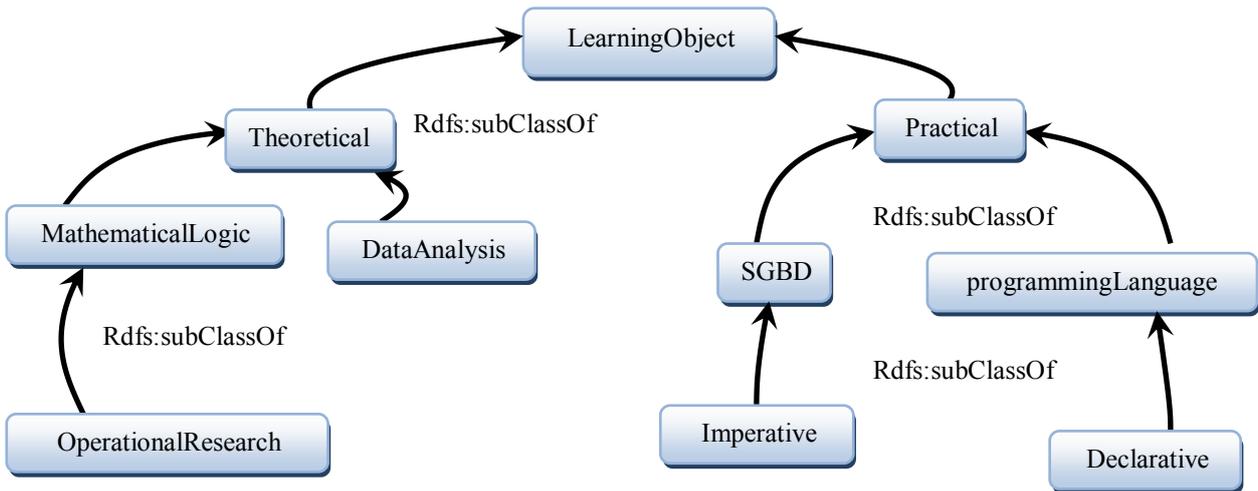


Figure. 23. Extrait d'un modèle du domaine d'apprentissage.

La figure 24 présente quelques instances des classes précédemment définies (les individus).

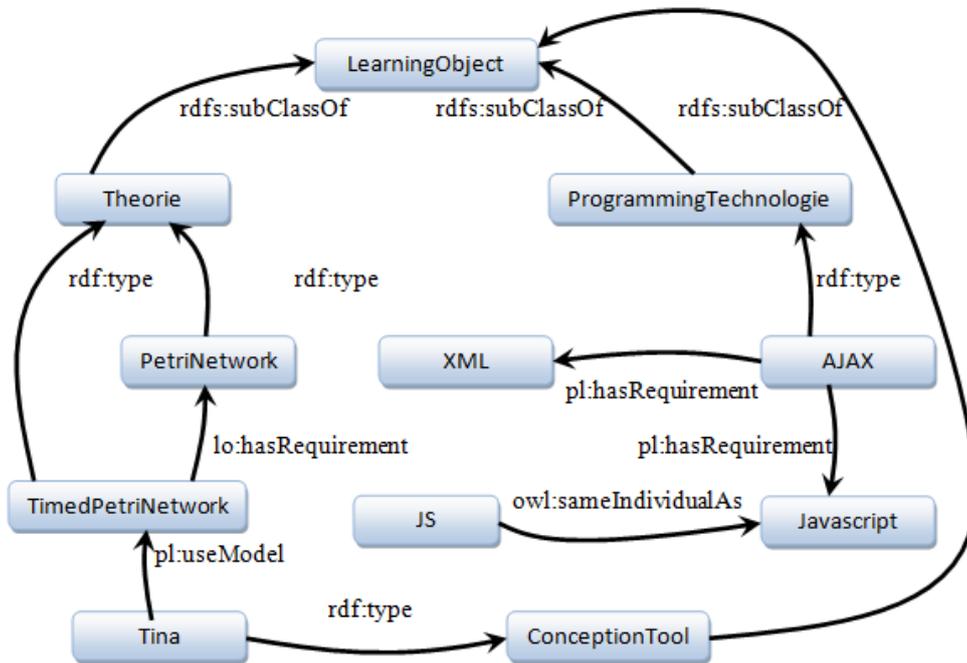


Figure. 24. Instanciation d'un domaine d'apprentissage.

L'exemple suivant représente une sérialisation de l'extrait du modèle de domaine d'apprentissage précédent en utilisant la syntaxe Turtle/N3.

```

pl: LearningObject rdf:type: Class ;
pl: Practical rdf:type :Class , rdfs: subClassOf pl: LearningObject;
pl: ProgrammingTechnologies rdf:type :Class , rdfs: subClassOf pl: Practical;
pl: AJAX rdf:type pl: ProgrammingTechnologies ,
pl:worksWithLanguage pl:Javascript , pl:hasRequirement pl:Javascript , pl:XML .
  
```

### I.4.2. Modélisation de l'apprenant

Le modèle de l'apprenant représente les connaissances que possède le système sur l'apprenant. Dans SoLearn, nous avons modélisé plusieurs types de connaissances sur l'apprenant à savoir : ses informations personnelles, sa maîtrise de différents domaines, ses besoins, son style, ses préférences d'apprentissage, ses amis, ses messages, ses émotions et ses actions (tagging, commentaires, etc.). Pour chaque apprenant nous avons défini les préférences d'apprentissages de l'apprenant en se basant sur modèle de MBTI, d'où certains apprenants préfèrent recevoir des instructions complètes et précises avant de commencer une nouvelle tâche, certains aiment passer directement à l'action et apprendre globalement, d'autres ont besoin du temps pour terminer le sujet en cours avant de prendre le suivant, etc.

Ces connaissances sur l'apprenant sont modélisées sous forme d'un ensemble de couples attribut-valeur, par exemple le modèle de l'apprenant *Student1* est décrit dans la figure 25.

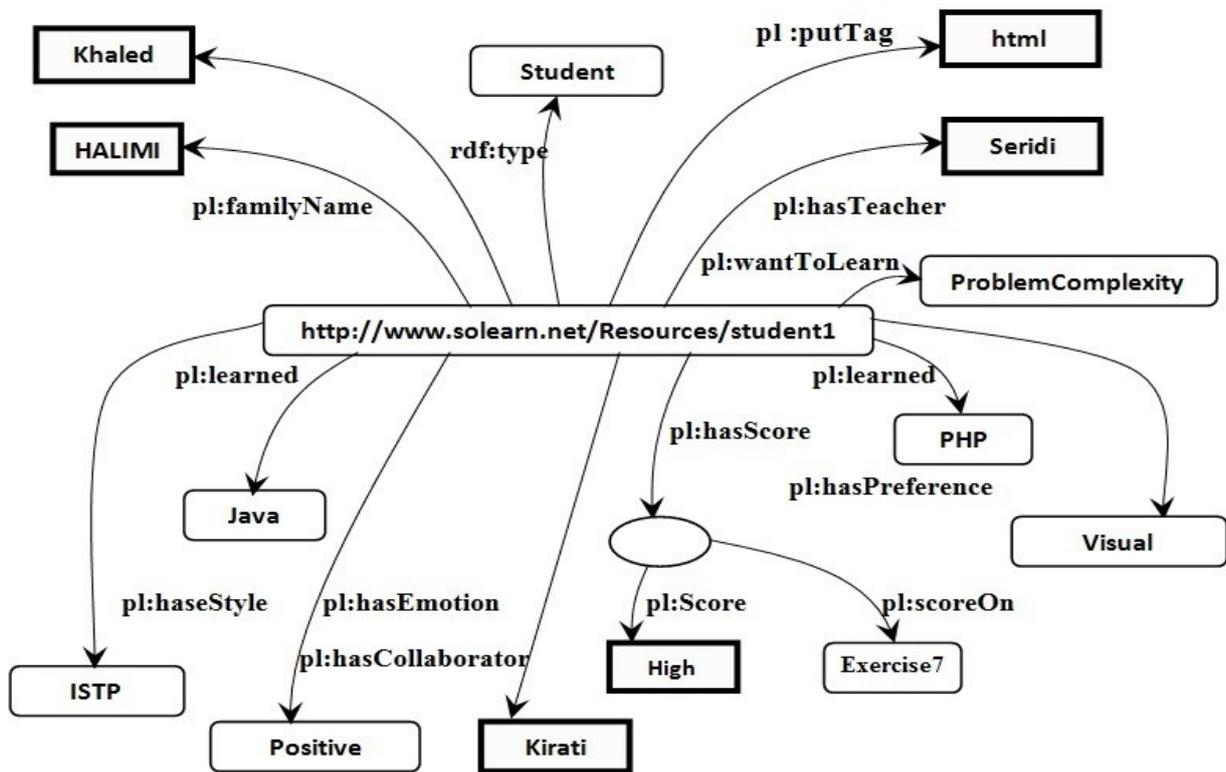


Figure. 25. Modélisation de l'apprenant.

Nous avons présenté aussi le niveau de connaissance de l'apprenant par rapport à un domaine d'apprentissage spécifique, cette connaissance est obtenue en appliquant les méthodes d'évaluation utilisées dans le système à savoir : les QCMs, les exercices, etc. A la fin de chaque évaluation, le profil de l'apprenant sera mis à jour par l'une des valeurs suivantes : *faible, moyen, bien et très bien*. Pour présenter la maîtrise de l'apprenant, nous avons utilisé la propriété `"pl:learned"` et pour présenter ses besoins d'apprentissage nous avons utilisé la propriété `"pl:wantToLearn"`, le système peut aussi présenter les émotions de l'apprenant, pour cela nous avons utilisé la propriété `"pl:hasEmotion"`, pour son style et ses préférences d'apprentissage nous avons utilisé les propriétés `"pl:hasStyle"`, `"pl:hasPreferences"`,

respectivement, etc. L'exemple suivant représente une sérialisation de l'extrait du modèle de l'apprenant en utilisant la syntaxe Turtle/N3.

```

pl:student1
  pl:hasFamilyName"HALIMI"^^xsd:string;
  pl:hasFirstName"Khaled"^^xsd:string;
  pl:hasLevel"Master"^^xsd:string;
  pl:studiesIn pl:Univ-Guelma ;
  pl:hasCollaborator pl:Kirati ;
  pl:hasEmotion pl:Positive ;
  pl:hasPreference pl:Visual ;
  pl:hasStyle pl:ISTP ;
  pl:hasTeacher pl:Seridi ;
  pl:learned pl:JAVA, pl:PHP ;
  pl:putTag pl:HTML ;
  pl:wantToLearn pl:ProblemComplexity
  [] a rdf:rdf ;
  rdf:description [ a pl:hasScore ;
    pl:scoreOn pl:Exercise7 ;
    rdf:parsetype "Resource" ;
    pl:score "high" ] .

```

### I.4.3. Modélisation de l'approche pédagogique

Pour réaliser notre objectif qui consiste à fournir aux apprenants les meilleurs parcours d'apprentissage qui s'adaptent bien avec leurs besoins, connaissances, préférences et leurs styles d'apprentissage, nous avons adopté une approche pédagogique qui consiste à découper les ressources d'apprentissage en un ensemble d'unités et chaque unité est décomposée en un ensemble de modules et chaque module également se divise en un ensemble de chapitres et chaque chapitre contient une série de cours, de TDs et de TPs. Nous utilisons le modèle pédagogique pour décrire comment se fait l'enchaînement des différentes entités pédagogiques (cours, Td, explication, définition, exercice, etc.). Ce modèle permet de décider quel type de ressources pédagogiques doit être présenté à l'apprenant en tenant compte du profil (styles) de celui-ci. Par exemple, certains apprenants préfèrent, pour appréhender une notion particulière, de partir d'un exemple concret sur la notion et ensuite aller vers une conceptualisation de la notion.

Le modèle décrit différentes stratégies pédagogiques pour faire apprendre une notion du domaine. Nous le construisons en définissant les différentes entités pédagogiques (cours, exercice, définition, exemple, etc.) et leur enchaînement dans le temps, par exemple, une introduction sur une notion doit être présentée à l'apprenant en premier lieu, ensuite il peut avoir des illustrations et des explications qui n'ont pas un ordre spécifique d'apprentissage, c.-à-d. l'apprenant peut voir l'illustration avant l'explication ou vice versa (elles peuvent être présentées à l'apprenant en parallèle), enfin il doit avoir un exercice d'évaluation. Cet ordre d'enchaînement dans le temps n'est que des relations sémantiques entre les concepts, par exemple, certaines entités pédagogiques ne peuvent pas être présentées à l'apprenant parce

que ce sont des Prérequis ( $x \text{ hasRequirement } y$ ) qui n'ont pas encore été acquis par l'apprenant (par exemple, l'apprenant ne peut pas avoir un exercice sur une notion spécifique avant qu'il doit assimiler les définitions, les illustrations et les exemples, etc.).

Afin d'assurer la personnalisation des parcours d'apprentissage des apprenants, selon leurs styles et préférences d'apprentissage, nous avons décidé de découper le cours en ensemble d'entités pédagogiques (définition, illustrations, etc.), pour tenir compte du fait que les apprenants sont différents, où une seule structure de cours ne peut servir à tout le monde, un apprenant par exemple qui a le profil ISTP (du modèle MBTI) n'aime pas beaucoup le contenu purement théorique, il aime aller à l'essentiel et laisse une large place à l'expérimentation, un autre apprenant qui a le profil ISTJ préfère commencer par les notions théoriques, les définitions, les théorèmes, etc. Donc, cette approche de décomposition est très utile pour ne pas forcer les apprenants à voir un contenu qui ne correspond pas avec leurs attitudes. Alors, en retournant à notre exemple, le système en consultant le profil du premier apprenant doit lui présenter directement l'essentiel du cours (une introduction + des exemples + exercice).

Lors de la création du contenu de l'apprentissage, l'enseignant (avec les experts pédagogiques) doit indiquer sur son espace de création des ressources d'apprentissage : le type, le niveau, le profil visé, la stratégie pédagogique et la forme d'évaluation de chaque entité pédagogique, etc. par exemple il crée une ressource comme suit :

- Document1 (Type: Illustration, Niveau: Facile, Stratégie: Visuelle + Inductive, Evaluation : QCM).

Notre modèle pédagogique est présenté dans la figure 26, où nous trouvons la classe "LearningUnit" qui décrit les connaissances sur les éléments d'objectifs pédagogiques utilisés dans le système. Chaque cours regroupe un ensemble des entités pédagogiques (définition, résumé, illustration, exemple, etc.) et les entités possèdent différents formats (par exemple : la définition est un fichier texte et l'illustration est une vidéo). Nous trouvons aussi les relations sémantiques entre ces derniers, par exemple, l'introduction est le premier élément pédagogique qui doit être présenté à l'apprenant, cela signifie que la définition est un prérequis de tous les autres éléments, représenté par la propriété *isPrerequisiteOf* dans le triplet  $\langle \text{Introduction}, \text{isPrerequisiteOf}, \text{Definition} \rangle$ . Les entités *Illustration* et *Exemple* peuvent se présenter à l'apprenant en parallèle, du fait que l'apprentissage de l'illustration peut être aidé par l'assimilation de l'exemple et vice versa.

La figure 27 représente le concept *Document* qui désigne les documents physiques publiés par les différents utilisateurs, par exemple des fichiers en format image, vidéo, texte, etc., chaque document représente une entité pédagogique unique, par exemple Doc1 est une Introduction, et il a des relations sémantiques (représentées sous forme des propriétés dans l'ontologie). Dans la suite, nous présentons les principales :

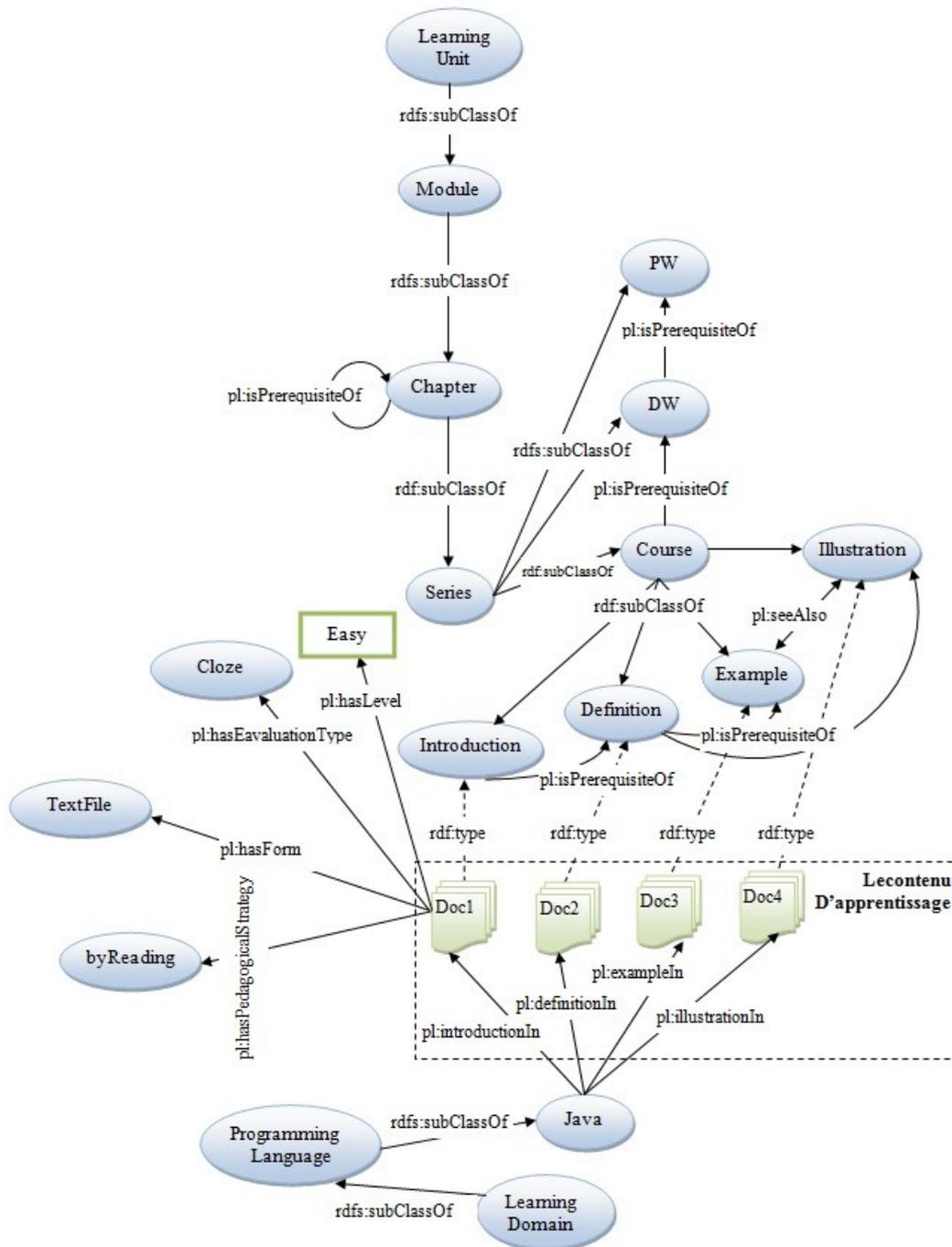


Figure. 26. Le modèle pédagogique.

- hasStrategy (Doc1, ByReading), signifie que le document Doc1 est une introduction et a la stratégie "ByReading" (par lecture), donc destiné aux apprenants qui ont des préférences visuelles.
- hasForm(Doc1, Text), signifie que l'enseignant a créé le document doc1 et il a le publié sous la forme d'un fichier texte.
- hasEvaluationType (Doc1, QCM), signifie qu'une évaluation des apprenants sur le document doc1 sera de type QCM.
- hasObjective (Doc1, Understanding), signifie que document doc1 a l'objectif d'apprentissage Compréhension.

Nous trouvons aussi que les notions des domaines d'apprentissage sont reliées avec les documents par des propriétés, par exemple :

- illustrationIn (java, doc1) : signifie qu'une illustration sur java existe dans doc1.
- definitionIn (java, doc1) : signifie qu'une définition sur java existe dans doc1.

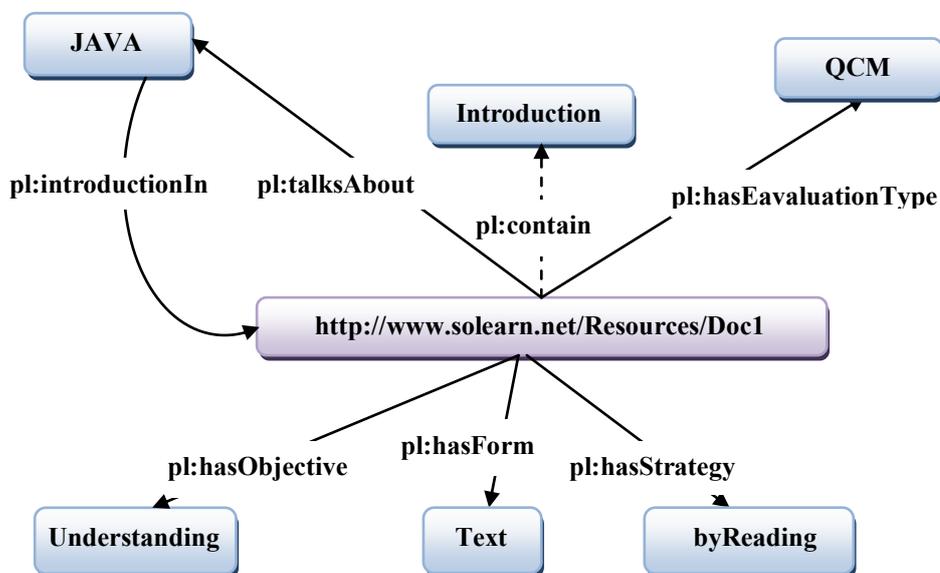


Figure. 27. Extrait du modèle pédagogique.

L'exemple suivant représente une sérialisation de l'extrait du modèle pédagogique en utilisant la syntaxe Turtle/N3.

```

pl:Doc1
  rdf:type pl:Introduction ;
  pl:talksAbout pl:JAVA ;
  pl:hasObjective pl:Understanding ;
  pl:hasform pl:Text ;
  pl:hasPedagogicalStrategy pl:byReading ;
  pl:hasEvaluationType pl:QCM;
    
```

## I.5. Les acteurs dans SoLearn et leurs rôles

Plusieurs acteurs peuvent interagir avec la base de connaissances de notre système, par la création, le partage et la consommation de la connaissance. Le rôle de chacun est présenté dans la suite.

### I.5.1. Les experts de l'ingénierie des connaissances

Les ingénieurs de la connaissance prennent en charge le processus d'étudier les méthodes et les démarches pour représenter les connaissances du domaine de formation, de rendre explicite la connaissance conceptualisée dans les applications logicielles et de préciser la relation entre les concepts du domaine. Ils cherchent les termes, définissent le vocabulaire

commun, le niveau de formalité des termes, ils précisent leur signification et la définition de la relation entre les termes et ils mettent l'accent sur le développement et l'amélioration des méthodologies, des outils et langages utilisés pour la construction de l'ontologie et son cycle de vie.

### **I.5.2. Les experts pédagogues**

Ils prennent en charge le processus d'étudier, de concevoir, de réaliser et d'adapter les dispositifs d'enseignement, intègrent les apports des experts de connaissance, regroupent l'ensemble des méthodes et des outils permettant de fournir aux enseignants et aux apprenants les meilleures méthodes d'apprentissage avec des objectifs pédagogiques clairement définis, en prenant en compte les styles et les préférences d'apprentissage, ils décident la meilleure stratégie pédagogique attribuée aux ressources d'apprentissage, par exemple ils spécifient que pour fournir des notions d'un domaine aux apprenants qui ont une stratégie d'apprentissage visuelle, il sera très recommandé de soutenir les notions étudiées par des illustrations.

### **I.5.3. Les experts de domaines de formation**

Ce sont les enseignants et les créateurs de contenu qui détiennent des connaissances statiques et opérationnelles dans leurs domaines de compétences et qui contribuent d'une façon ou d'une autre à la création de contenu et aux objectifs de la formation. Lorsque les objectifs de la formation ont été précisés, ils vérifient si le programme tient compte des séquences d'apprentissage, c'est-à-dire ils vérifient par exemple si l'apprentissage visé par les objectifs de formation correspond à un ordre progressif. Ils essaient d'éviter les redondances ou les lacunes dans le contenu de la formation. Cette opération fait appel à un véritable travail d'équipe de façon que le programme ne soit pas une simple juxtaposition de cours, mais plutôt un ensemble organisé de ressources visant un meilleur développement des capacités de l'apprentissage.

Après la désignation des objectifs, l'enseignant doit savoir quel matériel pédagogique il va employer pour les atteindre plus efficacement. Les objectifs se présentent comme des critères pendant le choix des entités pédagogiques: textes, images, son, etc. L'enseignant doit rechercher la correspondance entre les entités pédagogiques et les objectifs retenus, il fait appel aux experts pédagogues afin de décider la meilleure activité qui correspond bien avec le contenu.

### **I.5.4. Les Apprenants**

L'apprenant est au centre du processus d'apprentissage, il doit savoir précisément ce que nous attendons de lui. Il consacrera alors son temps à des activités qui lui permettront d'atteindre les objectifs. Il saura davantage distinguer ce qui est important et ce qui l'est moins parmi le contenu présenté, il consulte également des ressources pédagogiques adaptées à son profil, en mettant les intérêts de l'apprenant au centre du processus d'apprentissage, nous nous concentrons sur les capacités, les connaissances et les styles d'apprentissage; l'enseignant est un facilitateur de l'apprentissage. L'apprenant choisit ce qu'il va apprendre, comment il va apprendre, et comment il va évaluer son propre parcours d'apprentissage. La figure 28 décrit les acteurs du système et les niveaux d'intervention de chacun.

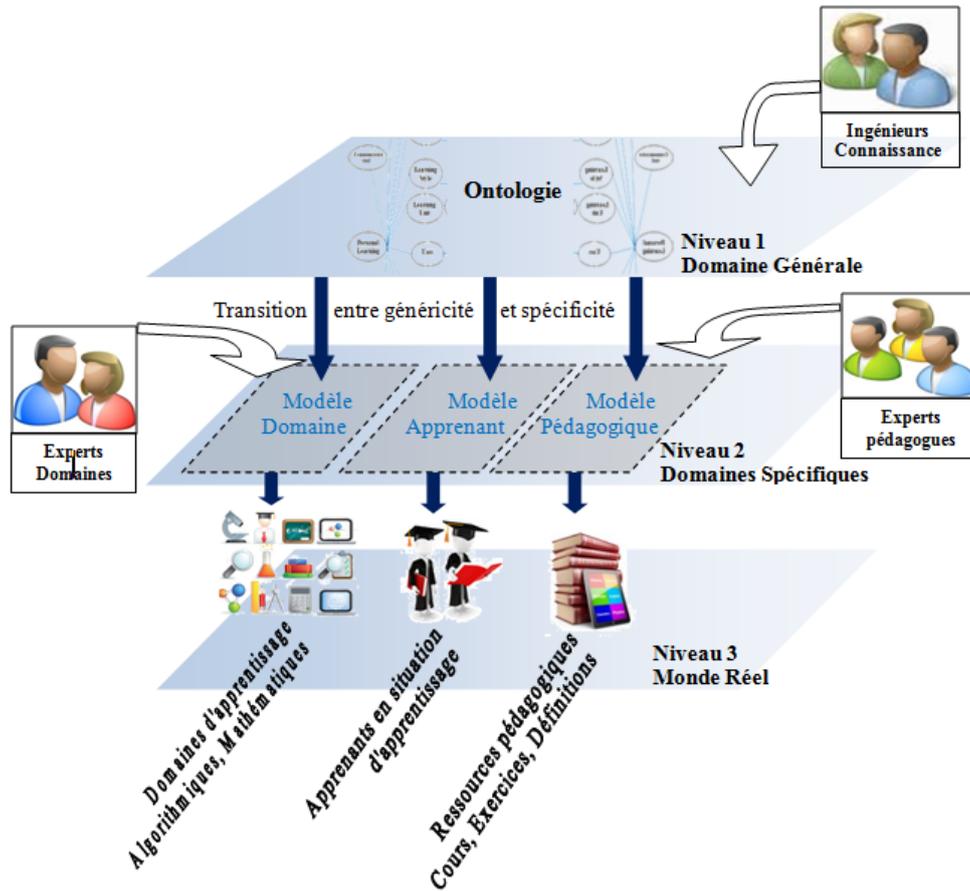


Figure. 28. Acteurs du système.

## I.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre approche de représentation des connaissances d'un système d'apprentissage personnalisé. Premièrement, nous avons commencé par une présentation des besoins d'un système d'apprentissage personnel et comment les techniques du Web sémantique peuvent jouer un grand rôle en répondant à ces besoins. Ensuite, nous avons présenté l'ontologie du domaine proposée, où nous avons mis l'accent sur la démarche et les étapes de conception de l'ontologie, des concepts, des relations et des individus, ensuite, nous avons détaillé les trois modèles du système (modèle du domaine, de l'apprenant et de la démarche pédagogique). Il est noté que notre démarche pédagogique combine à la fois l'intervention des experts de l'ingénierie de connaissances, des experts de l'ingénierie pédagogique et des experts de domaines de formation afin de mettre l'apprenant toujours au centre du processus d'apprentissage et de lui fournir une formation de qualité qui s'adapte bien à ses besoins.

Dans la partie suivante, nous allons montrer comment l'interaction, la collaboration, la recommandation, l'analyse des réseaux sociaux et la personnalisation des parcours d'apprentissage vont tirer profit de cette démarche de présentation de connaissances vue dans ce chapitre.

# - Chapitre 4 -

## L'approche de Personnalisation dans SoLearn

“ *L'intelligence, c'est la faculté d'adaptation* ”

*De André Gide*

## I. L'approche de personnalisation

---

I.1. OBJECTIF .....	110
I.2. DETECTION DE STYLE D'APPRENTISSAGE INITIAL .....	113
I.3. AJUSTEMENT DE MODELE DE L'APPRENANT .....	113
I.4. AMELIORATION DE LA RECOMMANDATION DANS SOLEARN.....	118
I.5. DETECTION DES COMMUNAUTES D'APPRENTISSAGE.....	121
I.6. CORRESPONDANCE ENTRE LE COMPORTEMENT DES APPRENANTS ET LES STYLES D'APPRENTISSAGE .....	126
I.7. LE MODELE DE DECISION DU STYLE D'APPRENTISSAGE.....	130
I.8. LA PERSONNALISATION A BASE DU STYLE DETECTE .....	139
I.9. SCENARIOS D'UTILISATION DE SOLEARN .....	140
I.10. DIAGRAMMES DE SEQUENCE DE L'UTILISATION DU SYSTEME .....	149
I.11. CONCLUSION.....	152

---

## I.1. Objectif

Actuellement, les environnements d'apprentissage personnalisés (EAP) se représentent comme l'une des orientations récentes dans le développement des environnements informatique d'apprentissage humain (EIAH), où il n'y a pas un chemin d'apprentissage propre à tous les apprenants (Chen, 2008). Les développements récents des EAPs ont montré des tendances d'utiliser les techniques du Web Social sémantique (WSS) pour fournir aux apprenants un contenu adéquat en fonction de leur connaissance, mais sans fournir un contenu approprié qui correspond à leurs préférences. Par conséquent, un besoin réel d'impliquer les styles d'apprentissage dans la personnalisation est très essentiel. Malheureusement, le principal obstacle qui empêche le succès de l'utilisation de ces tests est leur longueur, où les apprenants ne font généralement pas d'attention lors de choix des réponses (Pham & Florea, 2013). Offrir alors un contenu personnalisé basé uniquement sur le style détecté par les questionnaires ne sera pas convenablement approprié. Pour surmonter ce problème, d'autres approches de personnalisation ont été proposées, elles sont basées sur la détection automatique des styles d'apprentissage des apprenants et c'est dans ce contexte que notre contribution a lieu.

L'objectif de cette proposition est la personnalisation du processus d'apprentissage de l'apprenant (tâches et contenu) en fonction de son style. Par conséquent, toutes les connaissances présentées dans le système ont été modélisées en utilisant les techniques du Web sémantique (voir chapitre 03) afin de fournir aux apprenants des contenus précis, partant des mécanismes d'inférence fournis par le Web sémantique (inférence et raisonnement). Dans un deuxième temps, le style d'apprentissage initial de l'apprenant est ajouté au contenu fourni pour générer un contenu précis et approprié, ensuite les apprenants seront regroupés en communautés homogènes d'intérêt commun, où nous effectuons une analyse approfondie du comportement des apprenants en analysant leurs actions dans leur communauté par le biais des règles d'inférence sémantique afin d'ajuster leurs modèles. Enfin, dans la dernière étape, le contenu filtré est soumis à un modèle de Réseau Bayésien (RB) pour générer un contenu adéquat (exacte), approprié et affirmé (vérifié) en raison des mécanismes d'inférence bayésiens. A la fin de ce processus, nous tirons des conclusions sur les styles d'apprentissage des apprenants. Nous avons appelé ce processus le modèle "3A" de personnalisation (contenu Adéquat, Approprié et Affirmé), comme présenté dans la figure 29:

- WSS: fournit un contenu précis, mais ne peut pas être le contenu préféré par les apprenants;
- WSS + SA: fournit un contenu précis et approprié, mais parce que l'apprenant ne peut pas exprimer son style d'apprentissage réel au début; il ya une chance qu'il ne sera pas le contenu souhaité;
- WSS + SA + RB: fournit un contenu exact, approprié et affirmé que devrait être le contenu réel souhaité par l'apprenant.

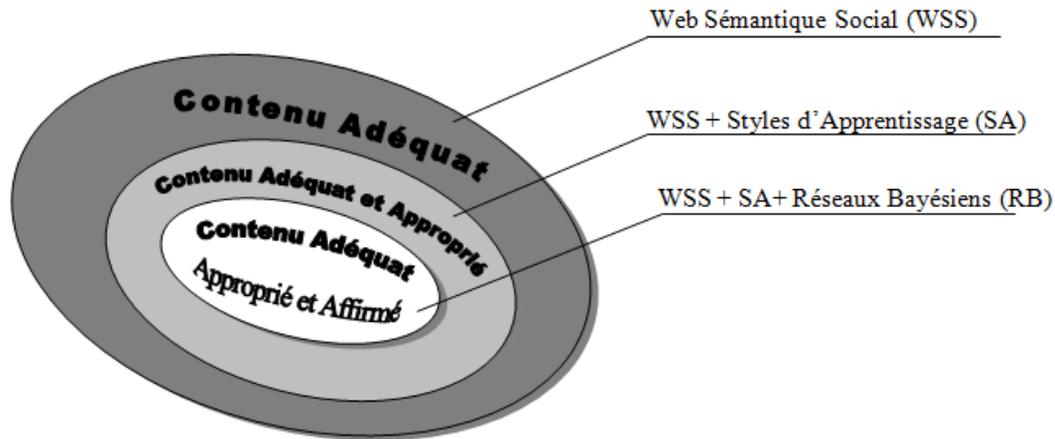


Figure. 29. Le modèle 3A de la personnalisation du contenu (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015).

Comme montré dans la figure 30, l'approche de personnalisation est résumée dans les phases suivantes:

1. **Détection du style d'apprentissage initial des apprenants** à l'aide de l'utilisation d'un test psychologique déterminant les styles d'apprentissage des apprenants, comme le MBTI dans notre cas.
2. **Modélisation des connaissances**: comme présenté dans le chapitre 03, les techniques du Web social sémantique sont utilisées pour représenter le modèle de l'apprenant (cognitive et comportementale générée selon ses interactions dans le système), le modèle du domaine d'apprentissage et le modèle pédagogique.
3. **Ajustement du modèle de l'apprenant**: le modèle pédagogique proposé dans le chapitre 3 est utilisé dans cette phase, celle-ci nous permet de décider quel type de ressources pédagogiques doit être présenté à l'apprenant selon son profil, en se basant sur l'utilisation des mécanismes d'inférence du Web sémantique pour découvrir des connaissances supplémentaires sur les besoins de l'apprenant et pour préparer une liste potentielle des ressources ajustées selon son modèle initial.
4. **Détection des communautés d'apprentissage**: Une technique de l'analyse des réseaux sociaux à base du Web sémantique est utilisée, elle permet d'extraire les intérêts communs des utilisateurs et les grouper dans des communautés d'apprentissage homogènes, selon leurs préférences envers les différents domaines d'apprentissage. Parce que nous croyons qu'il n'est plus nécessaire pour un apprenant d'avoir des ressources provenant d'autres utilisateurs qui ne partagent pas les mêmes intérêts que lui.
5. **Correspondance entre le comportement des apprenants et styles d'apprentissage**: Mettre en relation les différentes actions menées par les apprenants dans le système avec les caractéristiques du style d'apprentissage de l'apprenant, en analysant son comportement dans sa communauté à travers l'utilisation des règles d'inférence du Web sémantique combinées avec les caractéristiques des styles et des ressources d'apprentissage, afin de connaître quel genre de préférence est le plus fort.
6. **Modèle d'estimation du style d'apprentissage**: deux méthodes d'estimation du style d'apprentissage sont employées, la première est une méthode statique basée sur l'utilisation de la distance cosinus, alors que la deuxième est une méthode probabiliste

basée sur l'utilisation d'un modèle de réseaux bayésien. Cette dernière peut déduire le style d'apprentissage de l'apprenant en utilisant le mécanisme d'inférence de réseau bayésien en analysant le comportement et les actions de l'apprenant. Il est à noter que dans les deux méthodes, des informations quantitatives et qualitatives sur le comportement de l'apprenant sont modélisées et elles sont soutenues par l'utilisation des règles d'inférence sémantique. D'où le système peut **ajuster et mettre à jour** le style d'apprentissage en fonction des décisions des deux méthodes, le modèle peut aussi **Classifier** le contenu comme des ressources appropriées et des ressources non appropriées.

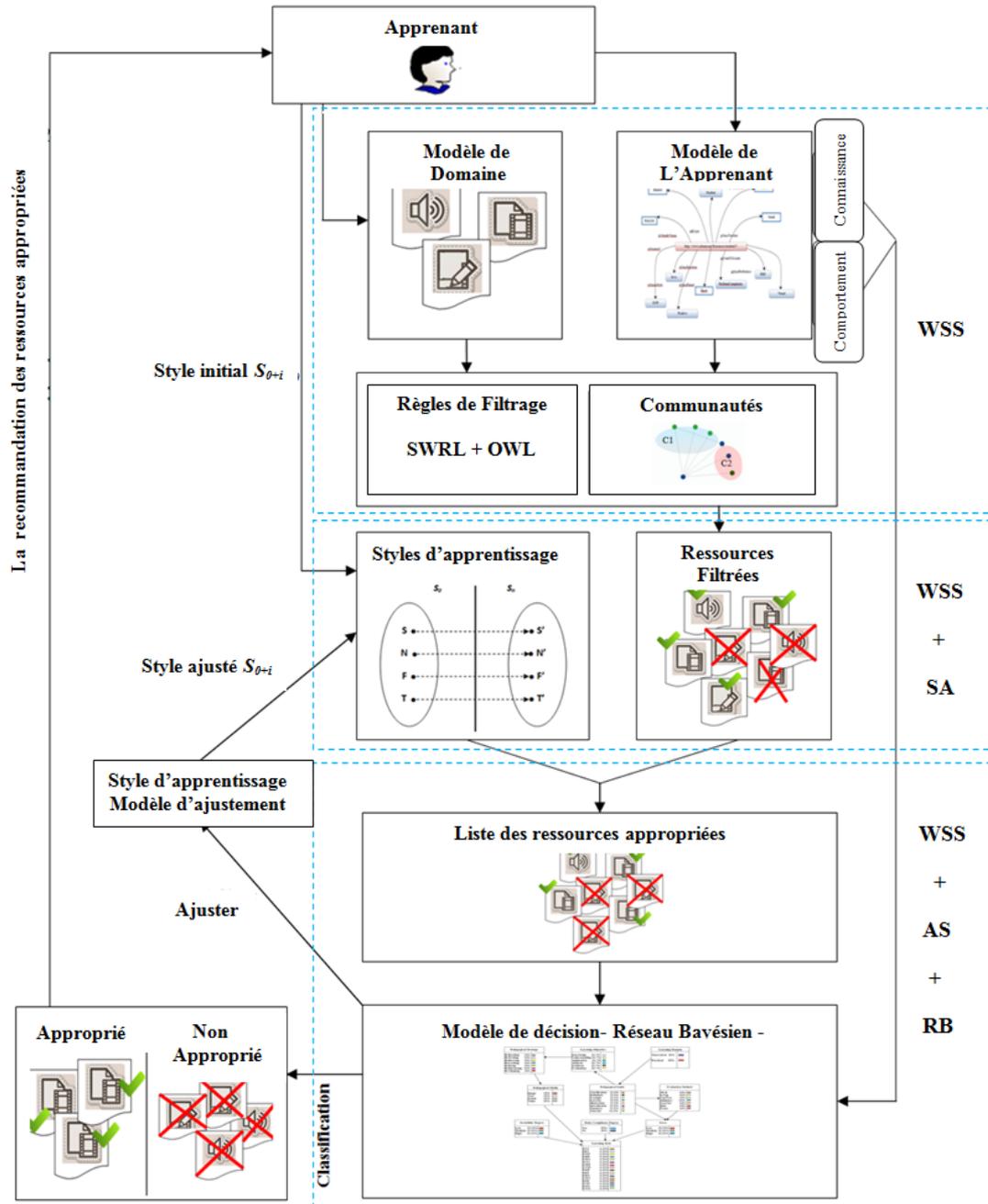


Figure. 30. L'architecture générale de l'approche de personnalisation (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015).

7. **Recommandation des ressources appropriées à l'apprenant** : en se basant sur les mécanismes d'inférence du Web sémantique et sur les caractéristiques du style d'apprentissage déterminé en combinaison avec l'utilisation du modèle pédagogique proposé, le système nous permet de décider quel type de ressources et quelle stratégie d'apprentissage appropriée doivent être présentés à l'apprenant afin de lui permettre d'achever ses objectives dans les meilleures conditions.

L'algorithme suivant exprime les différentes étapes de l'approche proposée pour la personnalisation du contenu.

<b>Algorithme de personnalisation</b>
Détecter le style d'apprentissage initial ; Trouver les entités pédagogiques les plus appropriées en fonction du style initial ; Composer le nouveau matériel pédagogique et le recommander aux apprenants ; Observer le comportement de l'apprenant et calculer les indicateurs de comportement; Appeler le modèle de décision et estimer le style réel de l'apprenant ; Faire l'évaluation ; Tant que le niveau n'atteint pas un certain seuil Début Faire une nouvelle estimation du style d'apprentissage ; Trouver les entités pédagogiques les plus appropriées ; Composer le nouveau matériel pédagogique et de le recommander à l'apprenant ; Observer le comportement de l'apprenant et calculer les indicateurs de comportement; Appeler le modèle de décision et décider le style réel de l'apprenant ; Faire l'évaluation ; Fin tant que ; Décider le style d'apprentissage réel; Recommander le contenu approprié et la stratégie d'apprentissage adéquate ; Fin.

## I.2. Détection de style d'apprentissage initial

Quand un apprenant est enregistré dans le système, une session est initiée sur la base de son profil initial qui enregistre des renseignements personnels fournis par l'apprenant, à savoir : le nom, l'âge, le niveau, la langue et d'autres attributs significatifs. Le système invite également l'apprenant à passer un test sur les connaissances déjà acquises afin de détecter son niveau de maîtrise des différents domaines d'apprentissage. Ensuite, le système invite encore fois l'apprenant enregistré à passer le test MBTI afin de détecter leur style d'apprentissage initial, le système détecte et mémorise le résultat qui indique une préférence de l'un des 16 styles, ce résultat est stocké dans le modèle de l'apprenant et il va l'utiliser dans les étapes ultérieures du modèle de personnalisation.

## I.3. Ajustement de modèle de l'apprenant

Cette étape nous permet d'ajuster le modèle de l'apprenant, en se basant sur les mécanismes d'inférence du Web sémantique afin de découvrir des connaissances supplémentaires sur ses besoins et ses actions, pour lui fournir les ressources pédagogiques les plus pertinentes, les meilleurs collaborateurs et les stratégies d'apprentissage les plus appropriées en tenant compte de son style et ses préférences.

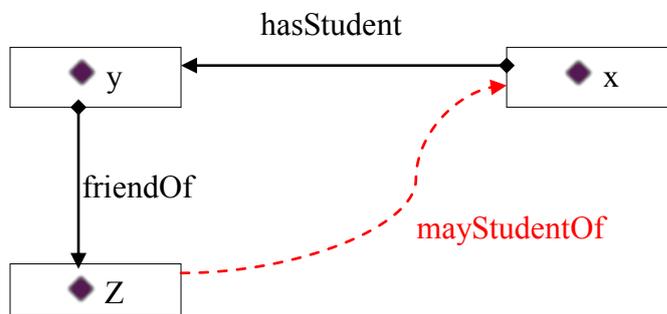
D'une manière générale, l'inférence sur le Web sémantique peut être caractérisée par la découverte des nouvelles relations entre instances. C'est un processus de raisonnement qui s'appuie sur des connaissances acquises et qui s'articule autour de règles fondamentales pour permettre d'obtenir de nouvelles informations. Ces informations supplémentaires peuvent être définies via un vocabulaire, une ontologie ou encore un ensemble de règles, ces approches font appel aux techniques de représentation des connaissances.

L'avantage principal de cette étape est de donner une représentation formelle des modèles des apprenants et d'unifier la façon dont ils expriment leurs besoins, leurs compétences, leurs préférences et leurs connaissances, etc. le fait que sur le Web social –où chaque apprenant peut participer à la création et le partage des connaissances– les apprenants peuvent exprimer la même chose différemment. Cette représentation formelle des modèles des apprenants sera utilisée dans une étape ultérieure afin de grouper ensemble les étudiants ayant des intérêts similaires lors de la détection des communautés d'apprentissage. Par exemple, sans la représentation sémantique, un utilisateur intéressé par "JAVA" et un autre intéressé par la "Programmation Orientée Objet" ne seront pas dans la même communauté, le fait que les deux termes sont syntaxiquement différents bien que les deux appartiennent au même domaine d'apprentissage.

Pour extraire le maximum de connaissances sur le contenu et sur les utilisateurs afin d'améliorer le processus de la personnalisation de l'apprentissage, nous avons ajouté à notre ontologie des règles d'inférence dans le langage SWRL (Semantic Web Reasoning Language). Voici les règles que nous avons trouvées indispensables pour notre approche de personnalisation:

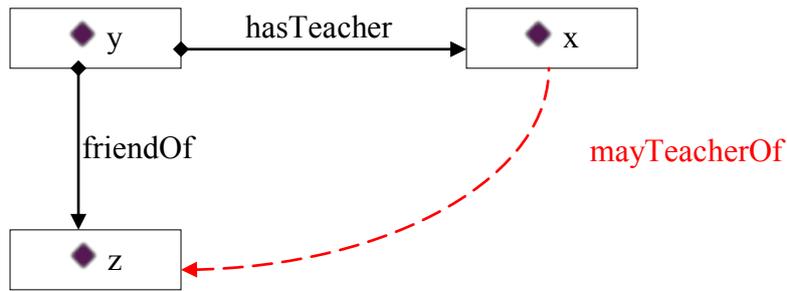
$$R1: \text{friendOf} (?z, ?y) \wedge \text{hasStudent} (?x, ?y) \rightarrow \text{mayStudentOf} (?z, ?x)$$

Si  $z$  est un ami de  $y$  et  $x$  est un enseignant de  $y$ , alors  $z$  sera probablement un apprenant de l'enseignant  $x$ .



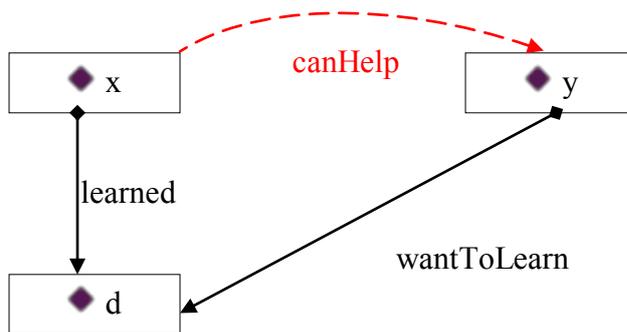
$$R2: \text{hasTeacher} (?x, ?y) \wedge \text{friendOf} (?z, ?y) \rightarrow \text{mayTeacherOf} (?x, ?z)$$

Si  $x$  est un enseignant de l'apprenant  $y$  et  $y$  est un ami de l'apprenant  $z$ , alors  $x$  sera un enseignant probable de l'apprenant  $z$ .



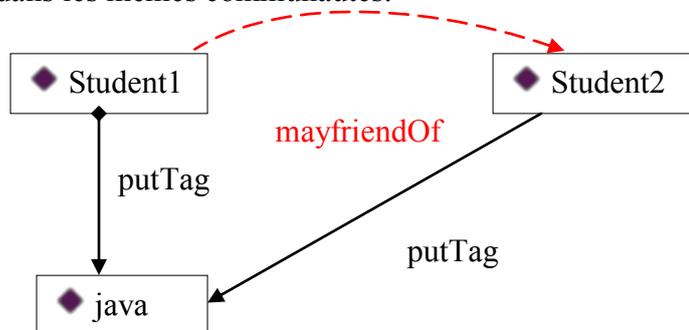
R3:  $\text{learned}(\ ?x, \ ?d) \wedge \text{wantToLearn}(\ ?y, \ ?d) \rightarrow \text{canHelp}(\ ?x, \ ?y)$

Si l'apprenant  $x$  maîtrise un objet d'apprentissage (PHP par exemple) et si un autre apprenant  $y$  cherche à apprendre le même objet, alors l'apprenant  $x$  pourrait aider l'apprenant  $y$  à apprendre l'objet en question.



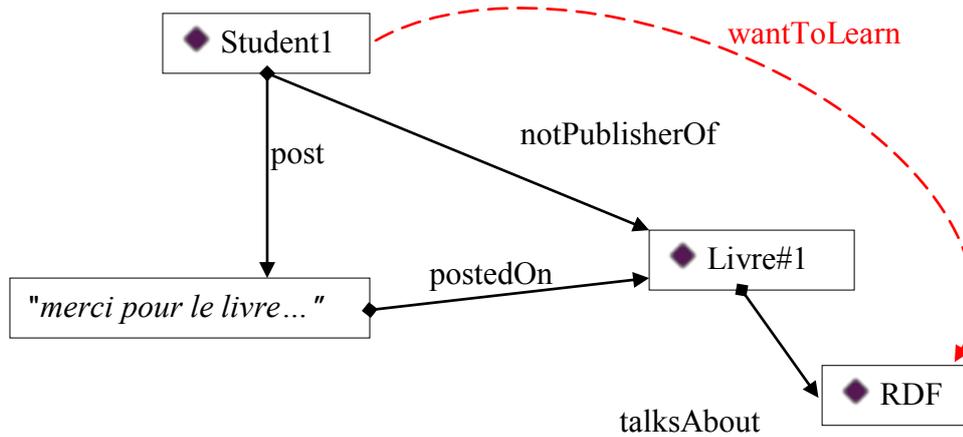
R4:  $\text{putTag}(\ ?x, \ ?t) \wedge \text{putTag}(\ ?y, \ ?t) \rightarrow \text{mayFriendOf}(\ ?x, \ ?y)$

Si deux apprenants mettent le même tag sur le même objet d'apprentissage, alors ces deux apprenants peuvent être des amis, du fait que l'action de tagging reflète la compréhension d'un utilisateur vis-à-vis d'un domaine d'apprentissage, et que nous cherchons à grouper les utilisateurs similaires dans les mêmes communautés.



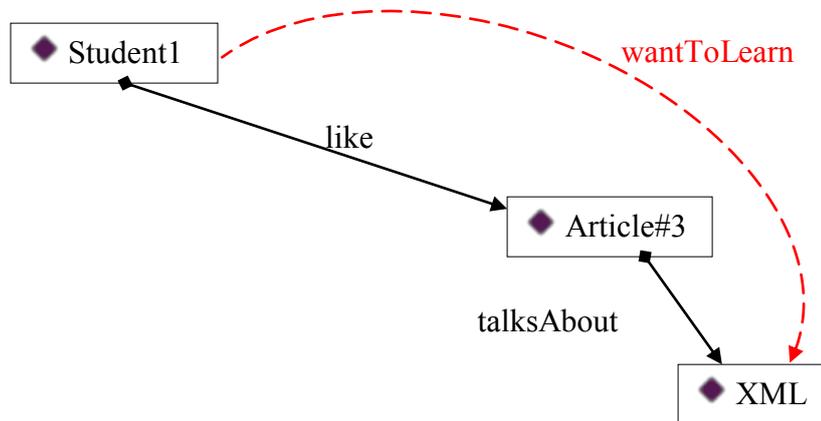
R5 :  $\text{post}(\ ?x, \ ?c) \wedge \text{postedOn}(\ ?c, \ ?d) \wedge \text{User}(\ ?x), (\text{publish max } 0 \text{ Document})(\ ?x) \wedge \text{talksAbout}(\ ?d, \ ?lo) \rightarrow \text{wantToLearn}(\ ?x, \ ?lo)$

Si un apprenant  $x$  a publié un commentaire sur un document  $d$  qui traite un objet d'apprentissage  $lo$  et  $x$  n'est pas le créateur de ce document alors nous pouvons déduire que l'apprenant  $x$  cherche d'apprendre l'objet  $lo$ .



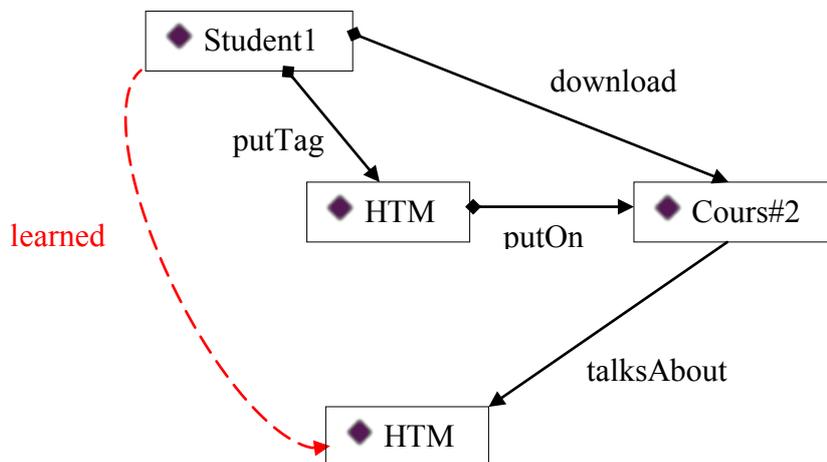
$$R6: \text{like}(\text{?x}, \text{?d}) \wedge \text{talksAbout}(\text{?d}, \text{?lo}) \rightarrow \text{wantToLearn}(\text{?x}, \text{?lo})$$

Si un utilisateur  $x$  apprécie un document  $d$  qui traite un objet d'apprentissage  $lo$  alors l'utilisateur  $x$  a un intérêt pour apprendre l'objet  $lo$ .



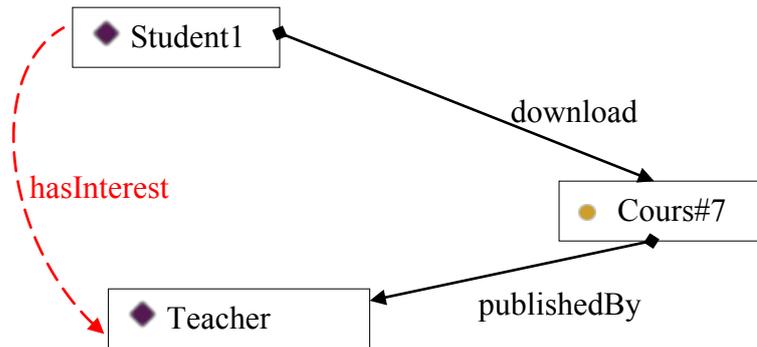
$$R7: \text{download}(\text{?x}, \text{?d}) \wedge \text{talksAbout}(\text{?d}, \text{?lo}) \wedge \text{putTag}(\text{?x}, \text{?t}) \wedge \text{putOn}(\text{?t}, \text{?d}) \rightarrow \text{learned}(\text{?x}, \text{?lo})$$

Si un utilisateur  $x$  a téléchargé un document  $d$  qui traite un objet d'apprentissage  $lo$  et a ajouté un tag sur le document alors l'utilisateur  $x$  a appris l'objet  $lo$ .



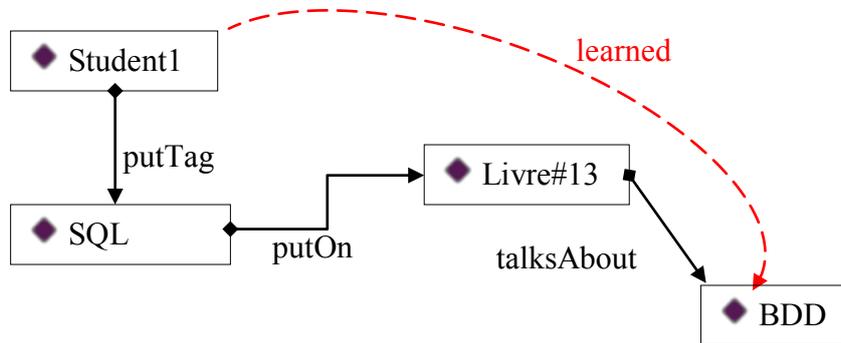
$$R8: \text{download}(\text{?x}, \text{?d}) \wedge \text{publishedBy}(\text{?d}, \text{?y}) \rightarrow \text{hasInterest}(\text{?x}, \text{?y})$$

Si un utilisateur  $x$  a téléchargé un document  $d$  publié par l'utilisateur  $y$  alors l'utilisateur  $x$  a un intérêt pour l'utilisateur  $y$ .



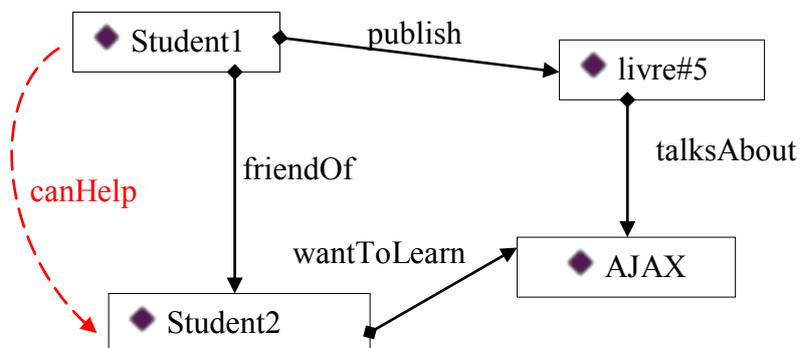
R09:  $\text{putTag}(?u, ?t) \wedge \text{putOn}(?t, ?d) \wedge \text{talksAbout}(?d, ?lo) \rightarrow \text{learned}(?u, ?lo)$

Si un utilisateur  $u$  a mis un tag  $t$  sur un document  $d$  qui traite un objet d'apprentissage  $lo$  alors l'utilisateur  $u$  a appris l'objet  $lo$ .



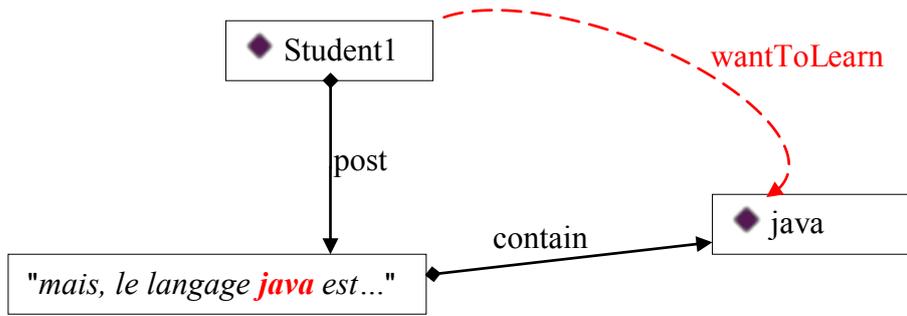
R10:  $\text{publish}(?u, ?d) \wedge \text{wantToLearn}(?z, ?d) \wedge \text{friendOf}(?u, ?z) \rightarrow \text{canHelp}(?u, ?z)$

Si Un utilisateur  $u$  a publié un document  $d$  qui traite un objet d'apprentissage qui intéresse l'utilisateur  $z$  et si les utilisateurs  $u$  et  $z$  appartiennent à la même communauté, alors l'utilisateur  $u$  peut aider l'utilisateur  $z$ .



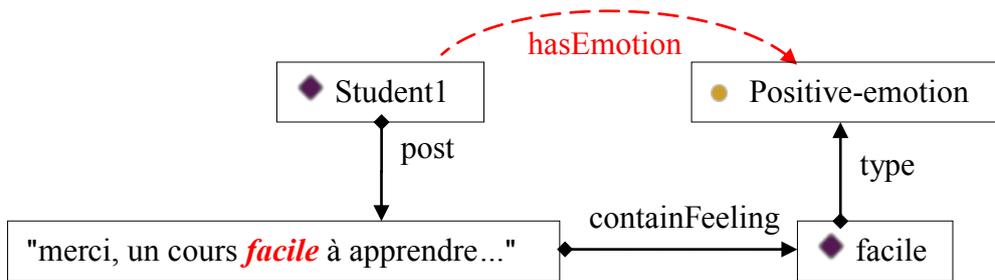
R11:  $\text{post}(?u, ?c) \wedge \text{contain}(?c, ?k) \rightarrow \text{wantToLearn}(?u, ?k)$

Si un utilisateur  $u$  a publié un commentaire  $c$  qui contient un mot clé  $k$  qui décrit un objet d'apprentissage, alors l'utilisateur  $u$  est intéressé par cet objet.



R12:  $\text{post}(?u, ?c) \wedge \text{containFeeling}(?c, ?e) \rightarrow \text{hasEmotion}(?u, ?e)$

Si un utilisateur  $u$  a publié un commentaire  $c$  qui contient un sentiment  $e$ , alors l'utilisateur  $u$  a un sentiment vis-à-vis du document qu'il a été commenté.



#### I.4. Amélioration de la Recommandation dans SoLearn

Selon notre définition de la personnalisation présentée dans le chapitre 02, le système doit offrir à ses utilisateurs les meilleurs collaborateurs et les ressources d'apprentissage adéquates qui correspondent le mieux à ses besoins, ses intérêts, ses préférences et ses connaissances. Cela signifie qu'une amélioration du processus de recommandation est très nécessaire. De ce fait, à travers notre étude, nous avons constaté que la fusion du Web Social et le Web Sémantique peuvent ajouter plus d'avantages et peuvent donner des améliorations très importantes sur le résultat de recommandation; parce que le système sera capable de comprendre les besoins réels de ses utilisateurs et de découvrir de nouvelles relations cachées.

Dans ce qui suit, nous présentons notre approche de recommandation, en se basant sur les techniques du Web social sémantique et surtout le mécanisme d'inférence.

##### I.4.1. La recommandation des utilisateurs

Les propriétés utilisées pour initier le processus de recommandation des utilisateurs sont : *mayFriendOf*, *mayStudentOf*, *mayTeacherOf*, *learned* et *canHelp*, c.-à-d. si l'une des ces propriétés existe dans le modèle RDF d'un utilisateur, cela signifie que l'action de recommandation peut avoir lieu. Dans ce qui suit, nous présentons nos règles de recommandation des utilisateurs.

- Nous recommandons les amis des amis :

R13:  $\text{friendOf}(x, y) \ \& \ \text{friendOf}(y, z) \rightarrow \text{mayFriendOf}(x, z)$

- $y$  et  $z$  sont des amis : il y'a une forte possibilité qu'un intérêt commun existe entre les deux.
- $x$  et  $y$  sont des amis : un intérêt commun se présente entre eux aussi.
- Alors, nous recommandons  $z$  à  $x$ , le fait qu'il y aura une grande probabilité que  $z$  et  $x$  auront les mêmes intérêts.

- Nous recommandons les utilisateurs inscrits avec le même niveau d'étude :

R14:  $\text{hasLevel}(x, \text{'Master'}) \ \& \ \text{hasLevel}(y, \text{'Master'}) \ \rightarrow \ \text{mayFriendOf}(x, y)$

- $\text{hasLevel}(x, \text{'Master'})$ :  $x$  est un apprenant inscrit en Master
- $\text{hasLevel}(y, \text{'Master'})$ :  $y$  aussi est un apprenant inscrit en Master
- Alors, nous recommandons  $y$  à  $x$ , le fait que les deux sont censés d'avoir les mêmes besoins et les mêmes intérêts.
- Si deux utilisateurs différents mettent le même tag pour le même objet d'apprentissage : nous recommandons chacun à l'autre, parce que les deux ont exprimé la même compréhension vis-à-vis à l'objet.

R15:  $\text{putTag}(x, t) \ \& \ \text{putTag}(y, t) \ \rightarrow \ \text{mayFriendOf}(x, y)$

- $\text{putTag}(x, t)$  : l'utilisateur  $x$  a mis un tag " $t$ "
- $\text{putTag}(y, t)$  : l'utilisateur  $y$  a mis le même tag " $t$ "
- Alors, nous recommandons  $y$  à  $x$ , le fait que les deux sont censés d'avoir les mêmes besoins et les mêmes intérêts.
- Si un utilisateur met un tag sur un objet d'apprentissage et un autre utilisateur met sur le même objet un tag qui a la relation : *type, describedBy, sameAs* ou *hasRequirement* avec le premier tag : nous recommandons chacun à l'autre.

R16:  $\text{putTag}(x, t) \ \& \ \text{putTag}(y, s) \ \& \ \text{sameAs}(t,s) \ \rightarrow \ \text{mayFriendOf}(x, y)$

- $\text{putTag}(x, t)$  : l'utilisateur  $x$  a mis un tag " $t$ "
- $\text{putTag}(y, s)$  : l'utilisateur  $y$  a mis un autre tag " $s$ " différent de " $t$ "
- $\text{sameAs}(t, s)$  : mais dans l'ontologie " $t$ " et " $s$ " sont le même concept.
- Alors, nous recommandons  $y$  à  $x$ , le fait que les deux sont censés d'avoir les mêmes besoins et les mêmes intérêts, malgré que chacun d'eux s'est exprimé différemment.
- S'il y a une relation *mayStudentOf* entre un apprenant  $x$  et un enseignant  $y$ , nous recommandons directement l'apprenant  $x$  l'enseignant  $y$ .

R17:  $\text{friendOf}(x, y) \ \& \ \text{studentOf}(y, z) \ \rightarrow \ \text{mayStudentOf}(x, z)$

- $\text{friendOf}(x, y)$  : l'apprenant  $x$  est un ami de  $y$
- $\text{studentOf}(y, z)$  :  $y$  est un apprenant de l'enseignant  $z$ .
- Alors, nous recommandons à l'enseignant  $z$  l'apprenant  $x$ , le fait que l'apprenant  $y$  pourrait être un étudiant potentiel de l'enseignant  $z$ .

- S'il y a une relation *mayTeacherOf* entre un enseignant  $y$  et un apprenant  $x$ , nous recommandons directement l'enseignant  $y$  à l'apprenant  $x$ .

R18: friendOf( $x, y$ ) & teacherOf( $y, z$ )  $\rightarrow$  mayTeacherOf( $y, x$ )

- friendOf( $x, y$ ) : l'apprenant  $x$  est un ami de  $y$ .
- teacherOf ( $y, z$ ) : l'enseignant  $y$  est un enseignant de l'apprenant  $z$ .
- ➔ Alors, nous recommandons à l'apprenant  $x$  l'enseignant  $y$ , le fait que l'enseignant  $y$  pourrait être un enseignant potentiel de l'apprenant  $x$ .
- S'il y a une relation *canHelp* entre un utilisateur  $x$  et un utilisateur  $y$ , nous recommandons directement l'utilisateur  $x$  à  $y$ .

R19: canHelp( $x, y$ )

- Si un utilisateur  $x$  maîtrise un domaine  $d$  et un utilisateur  $y$  veut apprendre le même domaine  $d$ , alors : nous recommandons directement  $x$  à  $y$ .

R20: learned( $x, d$ ) & wantToLearn( $y, d$ )  $\rightarrow$  canHelp( $x, y$ )

- learned( $x, d$ ): l'utilisateur  $x$  maîtrise le domaine  $d$ .
- wantToLearn( $y, d$ ): l'utilisateur  $y$  veut apprendre le même domaine  $d$ .
- ➔ Alors, nous recommandons l'utilisateur  $x$  à l'utilisateur  $y$ , le fait que l'utilisateur  $x$  peut aider l'utilisateur  $y$ .
- Si un utilisateur  $x$  maîtrise un domaine  $d1$  et un utilisateur  $y$  veut apprendre un domaine  $d2$  et que ce dernier a une relation avec le domaine  $d1$  (par exemple :  $d2$  required  $d1$ ), alors nous recommandons  $x$  à  $y$ .

R21: learned( $x, d$ ) & wantToLearn( $y, f$ ) & required ( $f, d$ )  $\rightarrow$  canHelp( $x, y$ )

- learned( $x, d$ ): l'utilisateur  $x$  maîtrise le domaine  $d$
- wantToLearn( $y, f$ ): l'utilisateur  $y$  veut apprendre le domaine  $f$
- required ( $f, d$ ): mais dans l'ontologie pour apprendre le domaine  $d$  il faut apprendre d'abord le domaine  $f$ .
- ➔ Alors, nous recommandons l'utilisateur  $x$  à l'utilisateur  $y$ , le fait que l'utilisateur  $x$  a déjà appris le domaine  $f$ , donc l'utilisateur  $x$  peut aider l'utilisateur  $y$ .

#### I.4.2. La recommandation des objets d'apprentissage

Nous employons la propriété *wantToLearn* pour initier le processus de recommandation des objets d'apprentissage, c.-à-d. si nous trouvons cette propriété dans le modèle RDF d'un utilisateur et que cette dernière le relie avec un objet d'apprentissage, cela signifie que l'utilisateur cherche d'apprendre le domaine en relation par cet objet. Dans ce qui suit, nous présentons nos règles de recommandation des ressources d'apprentissage.

- Nous recommandons les objets d'apprentissage d'un utilisateur à ses amis.

R22: friendOf( $x, y$ ) & publishedBy( $d, x$ )  $\rightarrow$  wantToLearn( $y, d$ )

- friendOf( $x, y$ ) : l'apprenant  $x$  est un ami de  $y$ .
- publishedBy ( $d, x$ ) : les documents publiés par l'utilisateur  $x$ .
- ➔ Alors, nous recommandons à l'utilisateur  $y$  les documents publiés par l'utilisateur  $x$ , le fait que les deux utilisateurs peuvent avoir les mêmes intérêts et se présentent dans la même communauté.
- Nous recommandons les objets d'apprentissage d'un enseignant à ses apprenants.

R23: hasStudent( $x, y$ ) & publishedBy( $d, x$ )  $\rightarrow$  wantToLearn( $y, d$ )

- hasStudent ( $x, y$ ) : l'apprenant  $y$  est un étudiant de l'enseignant  $x$ .
- publishedBy ( $d, x$ ) : les documents publiés par l'enseignant  $x$ .
- ➔ Alors, nous recommandons à l'apprenant  $y$  les documents publiés par l'enseignant  $x$ , le fait que l'apprenant  $y$  suit les cours de l'enseignant  $x$ .
- Nous recommandons aux utilisateurs les différents documents qui ont marqué par le même tag.

R24: (putTag( $x, t$ )& putOn ( $t, d$ )) & ((putTag( $y, s$ ) & putOn ( $s, e$ )) & sameAs( $t, s$ ))  $\rightarrow$  wantToLearn ( $x, e$ ) or wantToLearn ( $y, d$ )

- putTag( $x, t$ )& putOn ( $t, d$ ): l'utilisateur  $x$  met un tag  $t$  sur le document  $d$ .
- putTag( $y, s$ )& putOn( $s, e$ ): l'utilisateur  $y$  met un tag  $s$  sur le document  $e$ .
- sameAs( $t, s$ ) : les tags  $t$  et  $s$  sont les mêmes.
- ➔ Alors, nous recommandons à l'utilisateur  $x$  les documents publiés par l'utilisateur  $y$ , et vice versa, le fait que les documents sont tagués par le même tag.

### I.5. Détection des communautés d'apprentissage

Le principal avantage de cette étape est de regrouper les apprenants ayant des intérêts similaires dans des communautés homogènes, partant de la conviction qu'un groupe homogène peut jouer un grand rôle dans l'amélioration de la qualité de l'apprentissage, où les apprenants ne traitent qu'avec les ressources qu'ils se sentent vraiment en besoin. Le sentiment d'appartenance à la communauté sera également très augmenté, puisque l'apprenant reçoit des recommandations de personnes qui partagent les mêmes préférences et les mêmes intérêts que lui.

Notre méthode de détection des communautés d'apprentissage s'articule sur le groupement des utilisateurs dans des communautés selon leurs intérêts vis-à-vis aux différents domaines d'apprentissage. Après avoir regroupé les utilisateurs, le processus de recommandation se lance en les proposant d'autres utilisateurs similaires et en les recommandant leurs ressources d'apprentissage, comme ça nous assurons au maximum que l'utilisateur ne reçoit que les

ressources et les collaborateurs les plus adéquats à ses intérêts, ses connaissances et ses préférences.

Une première étape consiste à déterminer les domaines d'apprentissage de chaque utilisateur en améliorant le tri par l'utilisation des techniques du Web sémantique (surtout l'inférence), par exemple, en appelant l'ontologie, le système peut facilement rendre compte que : la programmation orientée objet", "la POO" ou bien "la programmation par objet" sont les mêmes concepts. Sans l'utilisation des techniques du Web sémantique, un utilisateur intéressé par JAVA par exemple et un autre intéressé par POO ne seront pas dans la même communauté, le fait que les deux termes sont syntaxiquement différents malgré que les deux appartiennent au même domaine d'apprentissage.

La deuxième étape utilise les techniques classiques du SNA pour calculer le rapport d'intérêt d'un utilisateur par un domaine qui est calculé par rapport aux autres domaines d'apprentissage, afin de calculer la distance entre les différents utilisateurs pour les regrouper dans des communautés selon leur similarité en utilisant un algorithme de clustering.

### **I.5.1. Etape01 : L'identification des domaines d'apprentissage**

Nous avons développé un module qui permet de déterminer les domaines d'apprentissage qui intéressent l'utilisateur, le fonctionnement de ce dernier est présenté comme suit :

1. Nous récupérons le modèle RDF d'un utilisateur "Student1" par exemple.

```
pl:Student1
  pl:use pl:Java
  pl:use pl:OOP
  pl:use pl:HTML
  pl:use pl:Ajax
```

2. Nous appliquons les règles d'inférence sur le modèle de l'utilisateur pour déterminer la superclasse de chaque domaine qui intéresse l'utilisateur, comme indiqué dans la figure 31.

```
pl:Java rdf:type pl:PureObjectOrientedLanguage ,
        :NamedIndividual .
pl:HTML rdf:type pl:StaticWeb ,
        :NamedIndividual
pl:StaticWeb rdf:type :Class ;
             rdfs:subClassOf pl:WebProgramming .
pl:AJAX rdf:type pl:ProgrammingTechnologies ,
        :NamedIndividual ;
        pl:worksWithLanguage pl:Javascript ;
        pl:hasRequirement pl:Javascript , pl:XML .
```

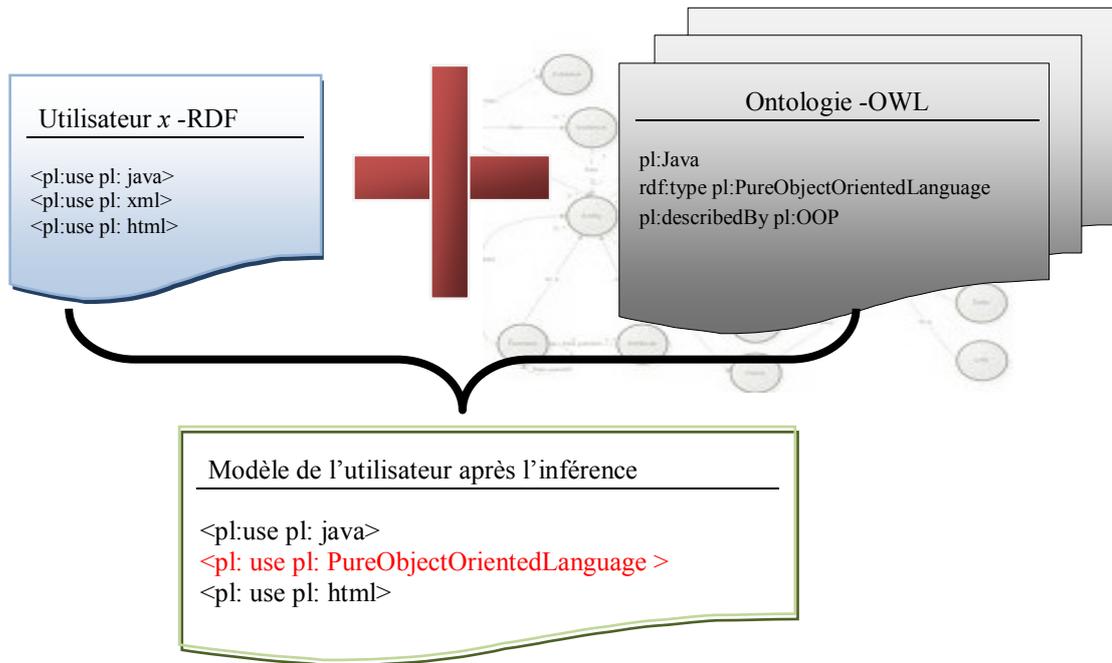


Figure. 31. Identification des domaines d'apprentissage.

3. Nous appliquons une requête SPARQL sur le nouveau modèle pour extraire les superclasses des domaines d'apprentissage.

```

userModel->load('Resources/Users/' . $userInfos['category'] . $userInfos['id'] . '.rdf', 'rdf');
$userModel->load('Resources/ontologie.owl', 'rdf');
$userUri = $userInfos['category'] . $userInfos['id'];
$sparqlQuery = "
PREFIX pl: <" . ONTOLOGIE . ">
SELECT ?class
WHERE {
pl:$userUri pl:use ?keyword      {
?keyword a ?class
FILTER (?class != owl:NamedIndividual && ?class != pl:KeyWord && ?class != pl:Emotion && ?class
!= owl:Class)
}
UNION {
pl:$userUri pl:use ?firstKeyword
?firstKeyword owl:sameAs ?keyword
?keyword a ?class
FILTER (?class != owl:NamedIndividual && ?class != pl:KeyWord && ?class != pl:Emotion && ?class
!= owl:Class)
}
UNION {
pl:$userUri pl:use ?class
?class a owl:Class
}
}
ORDER BY ?class";
    
```

Comme résultat, nous trouvons que les domaines d'apprentissage qui intéressent l'utilisateur "Student1" sont: " les langages orientés objets purs et la programmation Web ".

```

pl:Student1
pl:use pl: PureObjectOrientedLanguage
pl:use pl: WebProgramming
    
```

### I.5.2. Etape 02 : La détection des communautés

Une communauté sociale est un groupe constitué des utilisateurs partageant les mêmes caractéristiques, le même mode de vie, la même culture, la même langue ou les mêmes intérêts, etc.

L'objectif le plus important dans notre étude est de regrouper les utilisateurs qui ont le même intérêt dans les mêmes communautés. Dans notre approche les intérêts sont les différents domaines d'apprentissage définis dans notre ontologie. Pour cela nous allons utiliser un algorithme de clustering.

Le clustering est une méthode de regroupement des objets qui partagent des caractéristiques semblables. Autrement dit, regrouper les objets qui se ressemblent dans un même cluster et en même temps qui se différencient des objets des autres clusters.

Un cluster est un ensemble ou un groupe d'objets, qui ont certaines caractéristiques en commun. En effet, les objets d'un même cluster présentent des similarités dans une classification spécifique d'objets ou d'éléments.

Pour mesurer la similarité entre deux individus ou bien deux clusters pendant le processus de clustering, nous avons besoin de calculer la distance entre ces individus. Une distance connue et utilisée dans les méthodes de clustering est la distance euclidienne ("Ecludian distance". n.d.). Posons  $X$  et  $Y$  deux vecteurs appartenant à  $R^n$  tel que :  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  et  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ . La distance euclidienne entre  $X$  et  $Y$  est montrée dans l'équation 2.

$$d(X, Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad \text{(Eq. 2)}$$

#### a) Algorithme de clustering

Dans notre cas les communautés seront le résultat de l'application d'un algorithme de clustering sur les utilisateurs de notre réseau d'apprentissage, alors les utilisateurs sont les individus qui sont pris comme entrées de l'algorithme et chaque utilisateur est représenté par un vecteur qui englobe les différents domaines d'intérêts de ce dernier. Dans le tableau 10 chaque utilisateur est représenté par une ligne tel que  $U_i$  signifie que cette ligne représente l'utilisateur  $i$ ,  $D_j$  représente le domaine d'apprentissage  $j$ , et  $V_{i,j}$  représente le rapport d'intérêt de l'utilisateur  $i$  par le domaine d'apprentissage  $j$  qui est calculé par rapport aux autres domaines d'apprentissage (dans notre cas et pour tout  $i \in [1, n]$  ( $\sum_{j=1}^m V_{i,j} = 1$ )).

Tableau. 10. Présentation des individus pour le clustering

	$D_1$	$D_2$	...	$D_m$
$U_1$	$V_{1,1}$	$V_{1,2}$		$V_{1,m}$
$U_2$	$V_{2,1}$	$V_{2,2}$	...	$V_{2,m}$
...		...	...	...
$U_n$	$V_{n,1}$	$V_{n,2}$	...	$V_{n,m}$

Les valeurs ( $V_{i,j}$ ) peuvent être extraites en utilisant le langage SPARQL, lorsque nous interrogeons nos données utilisant la requête suivante :

```
SELECT count ? domain
WHERE {
    pl:$userUri pl:use ?keyword
    ?keyword rdf:type* ?domain }
GROUP BY ? domain
```

Ici nous cherchons d'extraire combien de fois l'utilisateur a utilisé un mot clé qui représente un domaine d'apprentissage (le caractère « \* » est ajouté après la propriété « rdf:type » pour indiquer aux systèmes qu'il doit appliquer les règles d'inférence pendant les calculs). Après avoir obtenu les données de chaque utilisateur, nous pouvons facilement calculer la distance entre tous les utilisateurs, le tableau 11 représente comment calculer la distance entre ces derniers.

Tableau. 11. Calcul de distance entre les individus

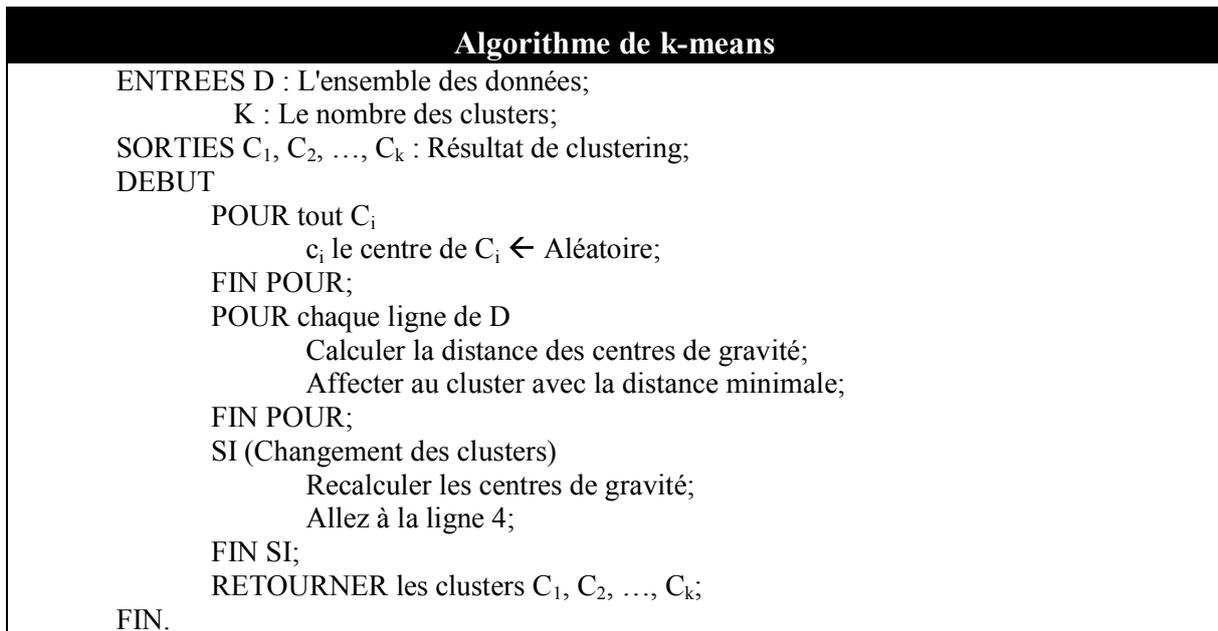
	$U_1$	$U_2$	...	$U_n$
$U_1$	0	$\sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{1,m} - v_{2,m})^2}$	...	$\sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{1,m} - v_{n,m})^2}$
$U_2$	$\sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{2,m} - v_{1,m})^2}$	0		$\sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{2,m} - v_{n,m})^2}$
...	...		0	...
$U_n$	$\sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{n,m} - v_{1,m})^2}$	$\sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{n,m} - v_{2,m})^2}$	...	0

C'est claire maintenant qu'à partir de ce tableau comment décider si deux utilisateurs sont similaires ou non (si la distance est petite alors la similarité est forte) et nous pouvons facilement aussi appliquer un algorithme de clustering pour classer les individus de notre réseau, pour le faire nous avons choisi d'utiliser la méthode K-means.

**b) Description de la méthode K-means**

L'idée principale de la méthode des k-means est de classer les objets dans un nombre défini "k" de clusters selon des caractéristiques communes (les objets présentant une grande similarité). Le nombre de clusters "k" est défini au préalable. Le regroupement des objets dans cette méthode se fait en calculant la distance des objets par rapport aux centres de gravité des clusters, puis affecter les objets au plus proche centre ("K-means clustering". n.d.).

Au départ, le choix des initiateurs (les premiers éléments qui vont rejoindre les clusters) des "k" clusters à former se fait en déterminant le nombre de différents styles d'apprentissage initial des apprenants (le style détecté par le questionnaire MBTI), par exemple, si le système détecte qu'il y a 10 Apprenants qui ont le style ISTP, 20 ont le style INFJ et 24 ont le style ENTJ, donc  $K=3$ . À chaque itération de l'algorithme, la distance entre chaque objet et les centres de gravité des clusters est calculée. En suite, chaque objet est affecté au plus proche cluster. À chaque itération les centres de gravité des clusters sont recalculés (puisqu'au fur et à mesure de nouveaux éléments sont ajoutés aux clusters, leurs centres vont changer). Ce processus est répété jusqu'à ce qu'il n'y aura pas de changements dans l'affectation des objets ou les distances seront négligeables. Voici l'algorithme de la méthode K-means :



La figure 32, représente un exemple d'application de notre approche sur le réseau d'apprentissage (où C1 signifie: cluster 1 et C2 signifie: cluster 2).

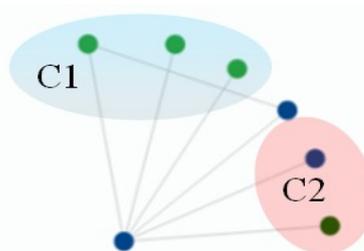


Figure. 32. Résultat d'application de la méthode de détection des communautés

## 1.6. Correspondance entre le comportement des apprenants et les styles d'apprentissage

Les apprenants ont des préférences naturelles, ils montrent de différentes manières dans leur apprentissage: certains préfèrent recevoir des instructions complètes et exactes avant de commencer une nouvelle tâche, certains préfèrent se rendre immédiatement à l'action et d'apprendre globalement et d'autres ont besoin de compléter la tâche en cours avant de passer

à la prochaine, etc. Il ya des questionnaires spécialisés qui permettent de déterminer le style d'apprentissage de l'apprenant, mais dans ce travail, l'objectif est d'identifier automatiquement le style de l'apprenant selon son comportement dans le système. En conséquence, nous avons identifié la relation entre le style d'apprentissage et les actions de l'apprenant qui le détermine. Les informations utilisées pour détecter le style sont obtenues en analysant le modèle de l'apprenant qui est un fichier RDF, ce fichier contient les enregistrements des tâches effectuées par l'apprenant dans le système et sa participation aux différentes activités, telles que : l'ajout de ressources, de tags, de commentaires, l'envoi des messages, la recherche des ressources d'apprentissage, la résolution des exercices, etc. Le tableau 12 montre les relations entre les actions menées par l'apprenant et les caractéristiques préférées qui déterminent le style d'apprentissage. Comme présenté dans ce tableau, nous pouvons estimer le style de l'apprenant en observant ses actions qui déterminent son comportement, c.-à-d. quand nous trouvons les actions qui caractérisent un style particulier dans le modèle d'un tel apprenant, nous pouvons savoir facilement quel style d'apprentissage est le plus dominant.

Par exemple, les apprenants qui appartiennent à la catégorie "sensorielle" utilisent les cinq sens pour acquérir les informations, ils préfèrent apprendre les faits réels et organisés, ils se révèlent quand il s'agit de mémorisation, ils sont réalistes et qu'ils n'aiment pas la théorie. Les apprenants "intuitifs" traitent avec la théorie d'abord avant d'utiliser des faits, ils aiment être créatifs et innovants. Les apprenants qui appartiennent à la catégorie "réflexion" utilisent leurs cerveaux plus que ce qu'ils utilisent leurs cœurs et dans la plupart du temps, ils ne font pas attention aux sentiments des autres, ils aiment le raisonnement et la résolution de problèmes logiques. Les apprenants qui appartiennent à la catégorie "sentiment" utilisent leur sentiment plus que leurs cerveaux, ils prennent la décision en s'appuyant sur leurs sentiments à l'égard des autres utilisateurs et de leurs goûts, ils se révèlent dans le travail social et d'autres situations de collaboration, ils se sentent bien après avoir aidé les autres.

**Tableau. 12. Le comportement des apprenants et les styles d'apprentissage (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015).**

Profile	Caractéristiques Préférées	Le comportement de l'apprenant (Actions observées sur le système)
<b>Sensoriel</b> <b>ISTJ</b> <b>ISFJ</b> <b>ESTP</b> <b>ESFP</b>	Utilise les programmes traditionnels et la méthode phase par phase pour apprendre.	Quand un apprenant cherche à apprendre un objet apprentissage $x$ et le système répond lui que pour prendre $x$ il doit prendre $y$ d'abord. S'il accepte d'apprendre l'objet recommandé $y$ , le système enregistre qu'il préfère la méthode phase par phase
	Aime utiliser des expériences antérieures et des méthodes standards pour résoudre les problèmes.	S'il cherche dans le forum par exemple des anciens exercices. <i>Search_Old_Exercise</i>
	Aime appliquer ce qui est déjà connu en donnant des exemples et détails.	S'il publie les objets qu'il maîtrise, ou laisse des commentaires sur les objets qu'il maîtrise (Comment_on_Mastered_Object) ou répond à un message sur les objets qu'il maîtrise ou bien il tague les objets qu'il maîtrise.
	Respecter les délais et les règles.	S'il renvoie la solution au bon moment et exactement comme demandé. <i>Solution_Delivery_Time</i>

	Aime les suggestions qui sont simples et réalisables.	S'il aime les recommandations fournies par le système et qu'il les trouve conformément à ses besoins. <i>Likes Recommendations.</i>
	Tend à suivre un ordre du jour.	S'il respecte l'ordre du jour proposé par l'enseignant pour prendre les différents objets. Par exemple : dans la Semaine1 il faut lire les concepts théoriques puis dans la Semaine2 il faut lire les exemples, finalement dans la semaine3 il faut faire un test de connaissance par QCM. <i>Respect Agenda.</i>
	Aime faire des choses concrètes et préfère les applications réalistes.	Il préfère la résolution des exercices, des quizz et des examens, la création des simulations, etc.
	commit rarement des erreurs de faits.	Il obtient de scores élevés après les tests et les évaluations. <i>High Score Evaluation</i>
	Tend à exprimer par les critiques.	Il utilise dans ses commentaires ou ses messages des expressions contenant des mots de critique. <i>Critic words.</i>
	N'aime pas les cours purement théoriques.	Dans la plupart des cas, il cherche des exemples, des exercices, des tutoriaux, des diagrammes, etc., il sera très enthousiaste quand il reçoit les recommandations des objets pratiques. <i>likes Practical objects Search practical objects.</i>
	Communicatif et sociable	Il envoie et accepte beaucoup de demandes de collaboration. il a beaucoup d'amis dans son réseau d'apprentissage. <i>Lot of freinds</i>
<b>Intuitive</b>  <b>INFJ</b> <b>INTJ</b> <b>ENFP</b> <b>ENTP</b>	Met l'accent sur la compréhension des concepts et l'utilisation de méthodes d'auto-formation pour l'apprentissage.	Il aime se traiter avec des objets théoriques, de publier, de taguer, de commenter, etc. il préfère trouver seul ses objets; il ne fait pas attention aux objets recommandés.
	Aime résoudre les nouveaux et les complexes problèmes.	Il cherche à résoudre de nouveaux problèmes initiés par les enseignants et essaie d'être le premier à trouver la solution, il n'aime pas les anciens problèmes en cours de traitement par d'autres utilisateurs, <i>Like new problems.</i>
	Aime apprendre de nouvelles compétences plus que de les utiliser.	Il préfère l'apprentissage des nouvelles connaissances et il ne participe pas à les partager avec d'autres utilisateurs. <i>Learn knew objects.</i>
	Aime les suggestions nouvelles et inhabituelles.	Il aime les nouvelles recommandations et le moins aimé par les autres utilisateurs. <i>Like new recommended objects</i>
	Aime faire les choses innovantes.	Il cherche à donner un sens à son existence en offrant de nouveaux types et formes d'objets et d'idées, etc. par exemple il ajoute une nouvelle méthode de résolution de problème.
	Travaille rapidement	Il aime terminer son travail aussi vite que possible. <i>Works quickly.</i>
	Faire beaucoup des erreurs de faits	Le fait qu'il préfère travailler seul, sur de nouvelles ressources et aussi vite que possible, il va commettre beaucoup d'erreurs lors de l'utilisation des tests. <i>Commit Errors</i>
	Utilise les valeurs pour tirer des conclusions	Il prend avec une forte conviction, des décisions fondées sur des valeurs personnelles et l'impact qu'ils

<b>Sentiment</b>  <b>INFP</b> <b>ISFP</b> <b>ESFJ</b> <b>ENFJ</b>		peuvent avoir sur les autres. Sur le système, l'apprenant s'accrochant à son avis lors du partage de ses points de vue personnel, par exemple dans les commentaires ou dans les tags, etc.
	Fonctionne mieux en harmonie.	Lorsque l'apprenant travaille avec ses amis, qu'il a les choisi par lui/elle-même dans son réseau, il obtient de bons résultats dans les différentes évaluations.
	Tend à être sympathique et a des difficultés pour fournir les critiques	L'apprenant n'aime pas à recevoir ou faire les critiques.
	Se sent récompensé lorsque les besoins des utilisateurs sont satisfaits.	L'apprenant exprime une émotion positive quand il aide quelqu'un à résoudre un exercice par exemple, il exprime une grande capacité de faire beaucoup d'actions, comme: envoyer ou accepter des invitations, ajouter des ressources d'apprentissage, des commentaires, ajouter des tags, etc. <i>Add_Tag, Comment, Send Invitation</i>
	Cherche à être impliqué avec les autres utilisateurs.	Il travaille dans un mode participatif, il est caractérisé par l'ajout de beaucoup de collaborateurs à son réseau d'apprentissage. <i>Accept Lot Of Collaborators.</i>
	Présente les points d'arrangement avant de prendre des mesures pour réaliser une tâche d'apprentissage.	Il tente de mettre ses propres touches à l'avance, comme laisser beaucoup de commentaires pour expliquer son point de vue sur un tel sujet. <i>Add_Lot_Of_Comments</i>
	Il est sociable et amical.	Il ajoute beaucoup de collaborateurs à son réseau d'apprentissage et accepte beaucoup d'invitations de collaboration. <i>Accept Lot Of Invitations.</i>
	Utilise les émotions.	Il a besoin d'être seul, il peut alors s'engager dans un nouveau projet. il peut aussi écrire des notes et les partager avec ses amis.
	Logique et un bon observateur.	Il montre de meilleurs scores pendant la résolution de problème logique, du raisonnement inductif, études de cas, des activités et des tests interactifs, etc.
<b>Réflexive</b>  <b>ISTP</b> <b>INTP</b> <b>ESTJ</b> <b>ENTJ</b>	Utilise les méthodes d'enseignement dirigé par l'enseignant et le tutorat par les pairs.	Il respecte les règles et les instructions des enseignants, aussi il fait une grande attention à respecter les temps et l'ordre du jour.
	Il peut travailler sans harmonie.	Il aime travailler solitairement. <i>Works_Lonely.</i>
	Il est ferme d'esprit et a peu de mal à donner les critiques.	Il ne donne pas d'importance aux critiques, car la plupart du temps il préfère travailler seul. Il n'aime pas l'invasion de son espace personnel.
	Il fait des réactions positives, quand il finit son travail.	Il fait des réactions positives, quand il termine ses tâches, par exemple la résolution d'un problème dans le bon temps.
	Il présente les buts et les objectifs au début.	Il n'aime pas avoir à consulter de nombreuses ressources théoriques.
	Tend à être bref et concis	Il aime aller à l'essentiel et laisser suffisamment d'espace pour l'expérimentation.

## I.7. Le modèle de décision du style d'apprentissage

Dans le but d'estimer automatiquement le style d'apprentissage, pour décider la meilleure stratégie la plus adéquate et le meilleur contenu à proposer aux apprenants, nous avons proposé deux méthodes, la première est une méthode statique basée sur l'utilisation de la distance cosinus, alors que la deuxième est une méthode probabiliste basée sur l'utilisation d'un modèle de réseaux bayésien, noté que les deux méthodes sont soutenues par l'utilisation des règles d'inférence sémantiques.

Une étape nécessaire avant la détection et l'estimation automatique du style d'apprentissage est l'identification des paramètres affectant le comportement de l'apprenant pendant l'utilisation du système. Dans notre travail, ces paramètres sont représentés par des variables qui déterminent: les médias, le score obtenu, les objectifs d'apprentissage, les activités pédagogiques, etc. Les variables sont définies par deux types: les variables *explicites* (observer directement sur le système) et les variables *implicites* (définies par l'inférence sémantiques). Certaines variables peuvent jouer un double rôle, où nous pouvons observer directement une variable, en même temps, nous pouvons la déterminer par l'inférence sémantique.

### I.7.1. Identification des variables de comportement

#### a) *Variables explicites*

Les variables explicites définissent les actions de l'apprenant directement observées pendant l'utilisation du système. Le fait qu'il y a beaucoup de paramètres qui déterminent ces variables et pour un souci de simplicité, elles ne sont représentées que par trois variables  $E = \{K, S, R\}$ , où :

- K: mesure le score obtenu par l'évaluation de l'apprenant à la fin de chaque séquence d'apprentissage, par exemple, après avoir utilisé un QCM.
- S: mesure le degré de sociabilité de l'apprenant, c'est-à-dire, mesurer le niveau de participation et d'échange avec les autres utilisateurs, l'envoi, l'acceptation et l'annulation des demandes de collaboration, etc.
- R: mesure le degré de respect des règles et instructions fournies par les instructeurs / enseignants, par exemple, le respect du temps de travail.

Dans ce qui suit, nous allons montrer comment calculer ces variables.

#### a.1. Évaluation des connaissances de l'apprenant

Pour évaluer les connaissances de l'apprenant sur un objet d'apprentissage, il sera soumis à l'une des méthodes d'évaluation proposée par le système en fonction de son comportement primaire (un QCM par exemple), le score du test sera enregistré dans son profil (modèle de l'apprenant) avec ces valeurs possibles (élevé, moyen ou faible) comme présenté dans l'exemple suivant, interprété par le langage naturel comme suit: l'apprenant "Student1" à un niveau "Elevé" sur "l'Exercice7".

```
[ ] <about> "student1".
[ ] a rdf:rd ;
  rdf:description [ a pl:hasScore ;
    pl:hasScoreOn pl:exercice7 ;
    rdf:parsetype "Resource" ;
    pl:score "high" ] .
```

### a.2. Calcul du degré de sociabilité et le respect des règles

Pour déterminer le degré de sociabilité de l'utilisateur  $U_i$ , nous devons calculer son taux d'interactions sociales par rapport aux actions des autres utilisateurs, c'est-à-dire, le nombre de fois que l'utilisateur effectue des actions sociales par rapport au nombre total d'actions effectuées par tous les autres utilisateurs, par exemple, nous calculons le nombre de commentaires  $C$  d'un utilisateur  $U_i$  comme suit:

1. Nous récupérons le modèle RDF de l'utilisateur, comme présenté dans cet exemple :

```
pl:student1;
pl:putTag pl: PHP
pl:putComment pl: comment1
pl: friendOf pl: student3
pl: putComment pl: comment7
```

2. Nous utilisons la requête SPARQL suivante pour compter le nombre de commentaires de l'apprenant à partir de son modèle RDF.

```
SELECT DISTINCT ?comment
WHERE { ?x pl:putComment ?comment }
```

Pour déterminer le degré de sociabilité, nous avons défini quatre variables:  $E$  (l'envoi des invitations de collaboration),  $A$  (l'acceptation des invitations de collaboration),  $J$  (l'action de J'aime) et  $C$  (l'ajout de commentaires). Comme représenté dans l'équation (3). Nous avons défini quatre "coefficients" qui déterminent l'importance de l'action sociale, par exemple, un utilisateur qui envoie des invitations de collaboration à d'autres utilisateurs devrait être censé être une personne plus sociable par rapport à un autre qui accepte uniquement les invitations, par conséquent, nous avons donné:

- Le coefficient 0,4 pour la variable  $E$ .
- Le coefficient 0,3 pour la variable  $A$ .
- Le coefficient 0,2 pour la variable  $J$ .
- Le coefficient 0,1 pour la variable  $C$ .

De ce fait, le degré de sociabilité est calculé comme suit :

$$DS(U_i) = \frac{E_i * 0.4 + A_i * 0.3 + J_i * 0.2 + C_i * 0.1}{\sum_{i=1}^n (E_i * 0.4 + A_i * 0.3 + J_i * 0.2 + C_i * 0.1)} \quad (\text{Eq. 3}).$$

Le degré de sociabilité  $DS$  d'un utilisateur  $U_i$ , aura une valeur de:  $DS(U_i) \in [0, \dots, 1]$ , où:

- $0 \leq DS(U_i) < 0.2 \rightarrow$  Degré faible.
- $0.2 \leq DS(U_i) < 0.6 \rightarrow$  Degré moyen.
- $0.6 \leq DS(U_i) \leq 1 \rightarrow$  Degré élevé.

Pour déterminer le degré de respect des règles de l'utilisateur  $U_i$ , nous devons calculer le taux d'acceptation et de respect des différentes suggestions et recommandations proposées par les enseignants ou bien par le système, à cet effet, nous avons défini trois variables: AS (*Acceptation des Stratégies d'apprentissage*, par exemple globale ou séquentielle), RT (*Respect du Temps*, par exemple, le temps qu'il faut pour résoudre un exercice) et AR (*Aimer les Recommandations*, par exemple, lorsque l'apprenant aime la recommandation d'ajout des collaborateurs proposée par le système). Comme présenté dans l'équation. (4), nous avons défini trois paramètres "coefficients" qui déterminent l'importance de l'action, par conséquent, nous avons donné:

- Le coefficient 0,5 pour la variable AS.
- Le coefficient 0,3 pour la variable RT.
- Le coefficient 0,2 pour la variable AR.

De ce fait, le degré de respect des règles est calculé comme suit :

$$DRR(U_i) = \frac{AS*0.5 + RT_i*0.3 + AR_i*0.2}{\sum_{i=1}^n (AS_i*0.5 + RT_i*0.3 + AR_i*0.2)} \quad (\text{Eq. 4}).$$

Le degré de respect des règles  $DRR$  d'un utilisateur  $U_i$ , aura une valeur de:  $DRR(U_i) \in [0, \dots, 1]$ , où:

- $0 \leq DRR(U_i) < 0.5 \rightarrow$  Non, il n'accepte pas les règles.
- $0.5 \leq DRR(U_i) \leq 1 \rightarrow$  Oui, il accepte les règles.

#### b) *Variables implicites*

Les variables implicites définissent les paramètres découverts par l'analyse sémantique des actions et des activités des utilisateurs dans le système, nous avons proposé l'ensemble des variables suivant:

##### b.1. Le matériel pédagogique

Le Matériel pédagogique décrit une séquence pédagogique constituée d'un ensemble de quatre variables  $M = \{M1, M2, M3, M4\}$ , où:

- M1: représente le **Domaine d'Apprentissage** traité par le matériel pédagogique (par exemple la programmation).
- M2: représente le type de **Média** utilisé avec le matériel pédagogique. il peut prendre 4 valeurs  $M1 \in \{T, I, S, V\}$ , où: (T) Texte, (I) Image, (S) Son et (V) Vidéo.

- M3: décrit l'**Entité d'Apprentissage** qui prend 8 valeurs  $M3 \in \{I, R, D, P, U, E, X, T\}$ , où: (I) Introduction (R) Résumé, (D) Définition, (P) Précision, (U) illustration, (E) Exemple, (X) exercice et (T) Tutorial.
- M4: représente le type **d'Evaluation** associé au matériel pédagogique, il peut prendre 7 valeurs,  $M4 \in \{Q, T, TT, R, E, Z, X\}$ , où: (Q) QCM (T) par Tag, (TT) Texte à Trous, (R) Résumé, (E) Exercice, (Z) Quiz, et (X) examen.

### b.2. L'activité pédagogique

L'activité pédagogique est décrite par un ensemble de deux variables  $A = \{A1, A2\}$ , où:

- A1: est l'**Objectif d'Apprentissage** qui est basé sur la taxonomie de Bloom (Anderson et al., 2001), cette variable peut prendre 6 valeurs,  $A1 \in \{C, CO, A, An, S, E\}$ , où: (C) Connaissance, (CO) Compréhension, (A) Application, (AN) Analyse, (S) Synthèse et (E) Evaluation.
- A2: indique la **Stratégie Pédagogique**, elle peut prendre 7 valeurs  $A2 \in \{R, W, H, L, D, DS, T\}$ , (R) ByReading, (W) ByWriting, (H) ByHearing, (L) ByLooking, (DO) ByDoing, (DS) ByDiscussing et (T) ByThinking.

### b.3. Les émotions

La variable Emotion décrit les connaissances sur l'émotion des utilisateurs par rapport aux objets d'apprentissage, les autres utilisateurs et les recommandations du système, etc. Elle est décrite par la variable  $E = \{P, N, A, Ne\}$ , où:

- P : représente l'émotion positive, quand l'apprenant s'exprime par des actions positives, comme l'acceptation des demandes de collaborations, les actions de J'aime, etc.
- N : représente l'émotion négative, quand l'apprenant s'exprime par des actions négatives, comme l'annulation des demandes de collaborations.
- A : représente l'émotion ambiguë, quand l'apprenant s'exprime par des actions ambiguës, par exemple : quand il ajoute des commentaires, puis les supprime directement.
- Ne : représente l'émotion neutre, quand l'apprenant s'exprime par des actions neutres, par exemple : quand il ignore les recommandations, les messages, etc.

### c) Variables implicites

Les variables implicites sont définies en utilisant les mécanismes d'inférence du Web sémantique et elles sont également utilisées pour définir d'autres variables explicites. Pour ce faire, un ensemble de règles sémantiques qui permettent la découverte de ces variables est proposé. Dans ce qui suit, nous présentons quelques règles sémantiques.

c.1. Découverte de l'entité pédagogique

Pour inférer automatiquement l'entité pédagogique adéquate à l'apprenant, nous appliquons la règle suivante :

$$\text{wantToLearn}(U, \text{Définition}) \ \& \ \text{hasRequirement}(\text{Définition}, \text{Introduction}) \rightarrow \text{wantToLearn}(U, \text{Introduction})$$

Si un apprenant  $U$  veut prendre une *définition* et cette dernière comme décrite dans l'ontologie a besoin d'une *introduction*, cela signifie que l'introduction devrait être présentée d'abord à l'apprenant. Par conséquent, la variable *Entité Pédagogique* sera mise en évidence avec la nouvelle croyance "Introduction".

c.2. Découverte de l'Objectif d'Apprentissage

$$\text{learned}(U, \text{Définition}) \ \& \ \text{wantToLearn}(U, \text{Exercice}) \rightarrow \text{hasObjective}(U, \text{Understanding}).$$

Si un apprenant  $U$  a pris une *définition* sur un certain domaine de l'apprentissage et juste après il a cherché un *exercice*, cela signifie que l'apprenant veut comprendre ce domaine. Par conséquent, la variable *Activité Pédagogique* sera mise en évidence avec la nouvelle croyance "Understanding".

$$\text{wantToLearn}(U, \text{Exemple}) \ | \ \text{wantToLearn}(U, \text{exercice}) \rightarrow \text{hasObjective}(U, \text{Application}).$$

Si un apprenant  $U$  a pris directement un *exemple* sur un certain domaine d'apprentissage ou il a pris directement un *exercice*, cela signifie que l'apprenant cherche à appliquer ses connaissances. Par conséquent, la variable *Activité Pédagogique* sera mise en évidence par la nouvelle croyance "Application".

c.3. Découverte de la Stratégie d'Apprentissage

$$\text{wantToLearn}(U, \text{Domain}) \ \& \ \text{subClassOf}(\text{Domain}, \text{Practical}) \rightarrow \text{hasStrategy}(U, \text{ByDoing}).$$

Si un apprenant  $U$  veut apprendre un certain domaine (par exemple, un langage de programmation) et celui-ci est défini dans l'ontologie comme une sous-classe des domaines pratiques, cela signifie que l'apprenant veut faire des programmes. Par conséquent, la variable *Stratégie Pédagogique* sera mise en évidence avec la nouvelle croyance "ByDoing".

c.4. Découverte de respect des règles

$$\text{hasRequirement}(\text{Définition}, \text{Introduction}) \ \& \ \text{learned}(U, \text{Introduction}) \ \& \ \text{learned}(U, \text{Définition}) \rightarrow \text{respectRules}(U, \text{"Oui"}).$$

Si un apprenant  $U$  accepte la recommandation de prendre l'*introduction* avant de prendre la *définition* du fait que celui-ci a besoin d'une introduction, cela signifie que l'apprenant  $U$  respecte les règles. Par conséquent, la variable explicite *Respect de Règles* sera mise en évidence avec la nouvelle croyance "Oui".

c.5. Découverte des émotions

$$\text{postComment}(U, C) \ \& \ \text{likes}(Y, C) \rightarrow \text{hasPositiveEmotion}(Y, U)$$

Si un apprenant  $U$  met un commentaire  $C$  sur un document  $D$ , et un autre apprenant  $Y$  aime le commentaire  $C$  de l'apprenant  $U$ , cela signifie que l'étudiant  $Y$  a une émotion positive à l'apprenant  $U$ .

### 1.7.2. Méthodes d'estimation de style d'apprentissage

#### a) Méthode statique à base de calcul de la distance cosin

Après l'affinement et l'ajustement du modèle de l'apprenant, le système démarre le processus de personnalisation après l'obtention de la décision finale sur le style d'apprentissage de l'apprenant fourni par le modèle, le système ajuste le processus de recommandation, en fournissant à l'apprenant le contenu approprié, les meilleurs collaborateurs et la meilleure assistance en fonction de son style et son type de personnalité détecté.

Afin de déterminer la catégorie / le style d'apprentissage de l'apprenant, premièrement, nous avons besoin de recueillir toutes les informations sur son profil, il faut noter que nous avons défini le profil de l'apprenant par un vecteur de huit variables comme suit:

*Apprenant*  $A_i = \{Score () + DS () + DRR () + Media () + Entity () + Objective () + Strategy () + Emotion ()\}$ . Le profil de l'apprenant est soumis à un autre module, qui le compare avec un vecteur décrivant le style d'apprentissage. Cette comparaison est effectuée en utilisant une distance  $D$ , qui calcule la distance entre le vecteur  $Vp$  décrivant le profil de l'apprenant et le vecteur  $Vs$  décrivant le style d'apprentissage. Diverses mesures peuvent être utilisées; nous avons opté d'utiliser la Distance Cosinus ("Cosine distance". n.d.), qui est définie comme indiqué dans l'équation (5):

$$\text{CosineDistance}\{a,b,c\},\{x,y,z\} = 1 - \frac{ax+by+cz}{\sqrt{\text{Abs}[a]^2+\text{Abs}[b]^2+\text{Abs}[c]^2}\sqrt{\text{Abs}[x]^2+\text{Abs}[y]^2+\text{Abs}[z]^2}} \quad (\text{Eq. 5}).$$

Nous avons défini les Vecteurs de styles d'apprentissage comme suit (où E signifie Elevé, M: moyen et F: faible):

- La catégorie sensorielle qui englobe le style ISTJ, ISFJ, ESTP et ESTP est caractérisée par :

$$\text{Sensorielle} = \{Score (E_s) + DS (M_d) + DRR (\text{Oui}) + Media (\text{Image}) + Entity (\text{Exemple}) + Objective (\text{Application}) + Strategy (\text{byDoing}) + Emotion (P)\}$$

- La catégorie Intuitive qui englobe le style INFJ, INTJ, ENFP and ENTP est caractérisée par :

$$\text{Intuitive} = \{Score (M_s) + DS (M_d) + DRR (\text{Non}) + Media (\text{Text}) + Entity (\text{Definition}) + Objective (\text{Understanding}) + Strategy (\text{byReading}) + Emotion (N)\}$$

- La catégorie Sentiment qui englobe les styles INFP, ISFP, ESFJ and ENFJ est caractérisée par :

$$\text{Sentiment} = \{Score (M_s) + DS (E_d) + DRR (\text{Oui}) + Media (\text{Image}) + Entity (\text{Illustration}) + Objective (\text{Synthesis}) + Strategy (\text{byDiscussion}) + Emotion (P)\}$$

- La catégorie réflexion qui englobe les styles ISTP, INTP, ESTJ and ENTJ est caractérisée par :

$$\text{Réflexion} = \{\text{Score } (E_s) + \text{DS } (F_d) + \text{DRR (oui)} + \text{Media (Graphique)} + \text{Entity (Résumé)} + \text{Objective (Application)} + \text{Strategy (Bythinking)} + \text{Emotion (N)}\}$$

Par exemple, le profil de l'apprenant  $x$  est défini comme suit:

$$P(x) = \{\text{Score } (E_s) + \text{DS } (M_d) + \text{DRR (Non)} + \text{Media (Image)} + \text{Entity (Exemple)} + \text{Objective (Application)} + \text{Strategy (byReading)} + \text{Emotion (P)}\}$$

Nous voulons connaître la similitude du profil de l'apprenant  $x$  à un style d'apprentissage particulier, purement en termes de nombre de mots (et en ignorant l'ordre des mots). Nous commençons par la création d'une liste de mots existants dans les deux vecteurs (le profil de l'apprenant et le style), comme indiqué dans le tableau 13.

Tableau. 13. Liste des mots dans les vecteurs.

Mots	$E_s$	$M_d$	Oui	Img	Exp	App	Do	P	Ms	Non	Txt	Def	Comp	Read	N
Profil P(x)	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
S1: Sensorielle	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
S2: Intuitive	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Nous ne sommes pas intéressés par les mots eux-mêmes, cependant nous sommes intéressés qu'aux vecteurs. Nous allons décider à quel point ces deux vecteurs sont proches l'un de l'autre en calculant la distance cosinus entre eux. En appliquant l'équation (5), nous constatons que:  $\text{CosineDistance}(P_x, S1) = 0,25$  et  $\text{CosineDistance}(P_x, S2) = 0,88$ , donc nous pouvons décider que l'apprenant  $x$  appartient à la catégorie: "sensorielle".

#### b) Méthode probabiliste à base d'un Modèle de Réseau Bayésien

Un modèle du réseau bayésien est utilisé (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015), il permet d'estimer automatiquement le style d'apprentissage de l'apprenant, en analysant le comportement de l'apprenant (à travers l'utilisation des mécanismes d'inférence sémantique). Les paramètres de la structure bayésienne sont obtenus à partir du modèle de l'apprenant (en format RDF).

Pour fournir la personnalisation, observer le comportement de l'apprenant au cours de son apprentissage est nécessaire. Le système mémorise les actions de l'apprenant, puis il utilise ces données pour construire le modèle de l'apprenant, ce dernier comprend le niveau cognitif, le nombre et le type de ressources publiées, téléchargées, taguées, aimées et commentées, combien de fois l'apprenant a envoyé, accepté et d'annulé les invitations de collaboration, le score d'évaluation, et le type d'exercices fait, etc. Grâce à l'observation du comportement de l'apprenant, le système peut estimer automatiquement le style d'apprentissage de l'apprenant

en utilisant le modèle de réseau bayésien. Par exemple, si un apprenant aime fréquemment des recommandations fournies par le système et préfère résoudre des exercices, le système peut en déduire que l'apprenant appartient à la catégorie sensorielle et il a le profil ISTJ.

Après avoir reçu les recommandations, l'apprenant peut fournir des réactions au système. Ces réactions peuvent être explicites, comme: l'ajout des commentaires ou des tags, ou implicites, lorsque le système observe le comportement de l'apprenant, comme la détection de ses objectifs pédagogiques. Le système utilise les feedbacks de l'apprenant pour ajuster son modèle pour l'utilisation ultérieure.

Afin de compléter la structure du modèle bayésien, nous devons définir les tables de probabilités conditionnelles pour les nœuds indépendants et dépendants. Les valeurs des probabilités sont obtenues en analysant le modèle de l'apprenant. A titre d'exemple, le tableau 14 montre les valeurs de probabilité obtenues pour un certain apprenant.

**Tableau. 14. Table de probabilité pour quelques nœuds.**

<b>Ressource</b>	<b>%</b>	<b>Invitations Collaboration</b>	<b>%</b>	<b>Messagerie</b>	<b>%</b>
Ajouter	<b>60</b>	Envoyer	<b>30</b>	Envoyer	<b>20</b>
Télécharger	<b>20</b>	Accepter	<b>50</b>	Recevoir	<b>40</b>
Aimer	<b>20</b>	Annuler	<b>20</b>	Répondre	<b>40</b>

Une fois que le RB est construit, le style d'apprentissage de l'apprenant est déterminé par l'inférence bayésienne. Les valeurs des nœuds correspondant au style d'apprentissage sont déduites par l'analyse du comportement de l'apprenant. Le style d'apprentissage de l'apprenant correspond au style qui a la plus grande valeur de probabilité. L'exemple simple dans le tableau 14 montre qu'il est possible de déduire si l'apprenant préfère se concentrer son attention: Extraversion (avec ses collaborateurs dans son réseau) ou l'introversion (avec lui-même / elle-même).

Dans notre approche, les facteurs analysés pour déterminer les perceptions de l'apprenant sont: si l'apprenant aime les recommandations, s'il suit une séquence pédagogique; s'il ajoute les ressources et le nombre de ressources qu'il publie; le type préféré du matériel d'apprentissage (théorique ou pratique); le nombre d'exemples l'apprenant a pris; le nombre d'exercices il résout; le nombre d'erreurs qu'il commit; le nombre de collaborateurs qu'il dispose, nombre d'envoi, d'acceptation ou d'annulation des invitations de collaboration; nombre de commentaires ou de tags qu'il met, etc. par exemple, un apprenant qui ne commet pas beaucoup d'erreurs, qui suit les instructions et qui aime les explications, a un profil ISTJ. Mais, s'il préfère la stratégie d'apprentissage globale sans respecter la séquence pédagogique et il aime les domaines pratiques, alors il a un profil ESTP.

Pour définir la structure globale du réseau bayésien, les dépendances (ou arcs) entre les nœuds doivent être établies. Comme montré dans la figure 33, les dépendances permettent d'exprimer que :

- Le domaine d'apprentissage influence le choix de l'entité pédagogique.
- L'entité pédagogique influence le choix de l'objectif d'apprentissage et la méthode d'évaluation.
- L'objectif d'apprentissage influence le choix de la stratégie pédagogique.
- La stratégie pédagogique influence le choix des médias pédagogiques.
- La combinaison de l'entité pédagogique et la méthode d'évaluation influencent le score obtenu.
- La combinaison du score obtenu, le degré de sociabilité, le degré de respect des règles et les médias pédagogiques influencent le style d'apprentissage.

Tout d'abord, des valeurs égales pour les probabilités de nœuds indépendants sont données. Ensuite, les valeurs modifiées et mises à jour de fur et à mesure le système avoir plus d'informations sur le comportement et les connaissances de l'apprenant. Par conséquent, le modèle bayésien est mis à jour le fait que de nouvelles informations sur le comportement des apprenants sont obtenues, jusqu'à ce que les valeurs de probabilité montrent une très légère modification, les valeurs obtenues à ce niveau représentent l'estimation du style de l'apprenant.

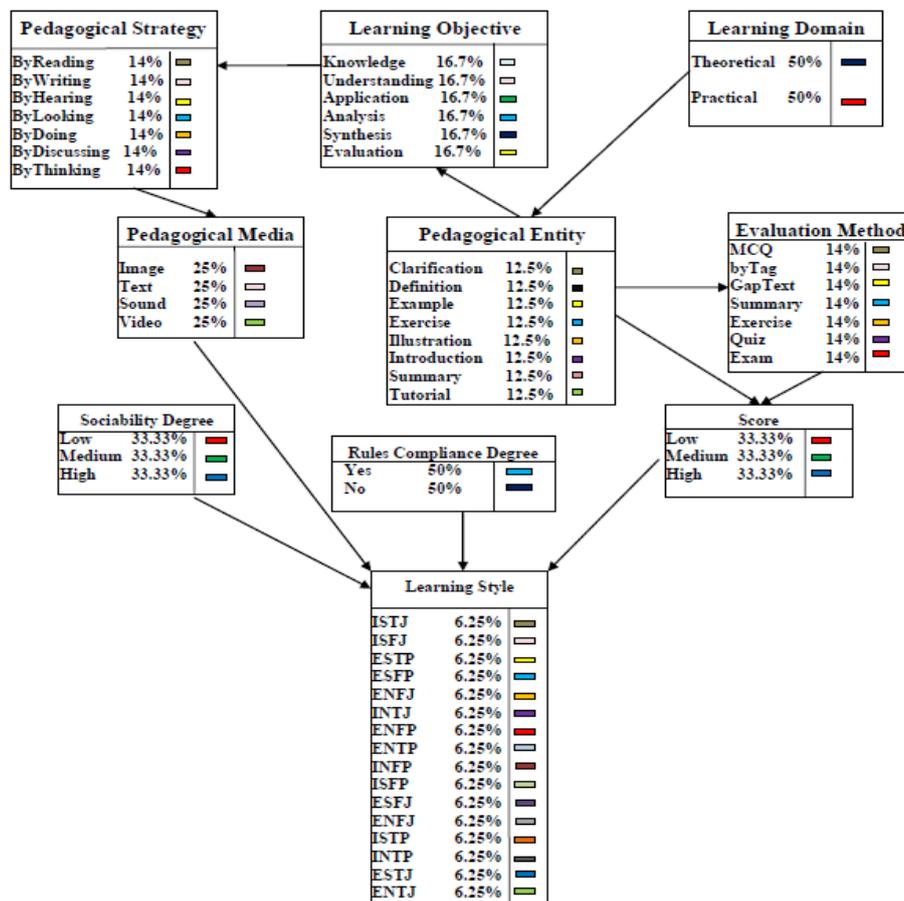


Figure. 33. Modèle proposé du Réseau Bayésien (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015).

### I.8. La personnalisation à base du style détecté

Selon le modèle pédagogique proposé dans notre approche, chaque cours (objet d'apprentissage) peut être composé de: une à plusieurs diapositives, une animation qui illustre un concept, une image ou plusieurs images, un exercice à choix multiple, une saisie de texte, un exercice de programmation (faire un programme, modifier un programme, ou trouver la sortie d'un programme), un article, etc. Les objets d'apprentissage que nous utilisons sont organisés dans l'espace des styles d'apprentissage de quatre dimensions. Idéalement, les objets d'apprentissage interchangeables, qui couvrent toutes les préférences d'apprentissage sont suffisant pour chaque contenu d'apprentissage. Le processus de mise à jour des modèles de l'apprenant et l'estimation de leur style d'apprentissage est effectué automatiquement et fréquemment. Une fois le style d'apprentissage d'un apprenant est identifié, le système met automatiquement en œuvre la personnalisation en offrant des recommandations et des objets d'apprentissage qui correspondent à son style d'apprentissage détecté.

Dans SoLearn, chaque cours est composé d'un ensemble des entités pédagogiques (définition, exemple, exercice, etc.) et chaque entité peut avoir plusieurs types et formats. Les apprenants peuvent accéder n'importe quelle entité quand ils ont besoin. SoLearn utilise les informations contenues dans le profil de l'apprenant et son niveau afin de lui recommander les entités appropriées à son profil et les actions à effectuer pour atteindre les objectifs visés de sorte à mieux personnaliser son apprentissage. Dans ce travail de thèse, la personnalisation fournie par SoLearn tend à favoriser le style d'apprentissage de l'apprenant. Le tableau 15 montre quelques exemples des recommandations formulées par SoLearn selon les différents styles d'apprentissage.

Tableau. 15. Recommandations selon le style d'apprentissage détecté

Style	Recommandations	Médias Préférés
<b>Sensoriel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il est préférable de prendre le document <i>X</i> avant le document <i>Y</i>.</li> <li>- Consulter le programme d'abord.</li> <li>- Il est préférable de voir l'introduction de ce document d'abord.</li> <li>- Ce sera mieux de résoudre plus d'exercices.</li> <li>- Essayez de prendre des exemples autant que vous le pouvez.</li> <li>- Consulter les critiques au sujet de votre participation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chat</li> <li>- Messages</li> <li>- Animations</li> <li>- Communautés</li> <li>- Photos</li> <li>- Vidéos</li> <li>- Simulation</li> </ul>
<b>Intuitive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il est préférable de prendre des sujets théoriques d'abord.</li> <li>- Il est préférable de prendre tout votre temps pour mener à bien vos tâches.</li> <li>- Il est préférable d'ajouter cet utilisateur à votre réseau.</li> <li>- Nous attendons de recevoir votre participation sur ce sujet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Livres / Textes</li> <li>- Conférences</li> <li>- Les événements enregistrés</li> <li>- Simulations</li> <li>- Tutoriel</li> <li>- Le texte écrit</li> </ul>
<b>Sentiment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il est préférable de collaborer avec vos amis.</li> <li>- Il est préférable d'ajouter des utilisateurs de votre intérêt pour votre réseau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Communautés</li> <li>- Photos</li> <li>- Les événements</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nous apprécions beaucoup d'aider cet apprenant à résoudre ses exercices.</li> <li>- SVP, commenter les participations de vos amis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- enregistrés</li> <li>- Simulations</li> <li>- Forums</li> </ul>
<b>Réflexion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il est préférable de commencer la lecture de la théorie de ce chapitre avant de prendre les exemples.</li> <li>- Il est préférable de voir la solution de ce problème logique.</li> <li>- Lire le résumé d'abord.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La recherche sur Internet</li> <li>- Simulation</li> <li>- Blogs</li> <li>- Wikis</li> </ul>

Par exemple, considérons un apprenant qui appartient à la catégorie "Sentiment", qu'il est en train d'apprendre une matière théorique, SoLearn lui recommande de réviser des exemples pratiques sur ce sujet. SoLearn suggère cette recommandation le fait que les apprenants de la catégorie "Sentiment" capturent les informations concrètes plus facilement que l'information abstraite. Considérons maintenant par exemple que le système détecte que l'apprenant étudie un sujet donné sans étudier une autre sujet qui est avant le premier dans les programmes, il recommande à l'étudiant de lire le sujet qu'il n'a pas encore lu, car il est probable qu'il aura besoin de son contenu au sujet actuelle. Cependant, si le système détecte que l'apprenant a commencé à étudier un sujet sans avoir lu le résumé du sujet ou de l'introduction, il lui recommande de lire le résumé avant de procéder à ce sujet. Parce que l'apprenant a tendance de comprendre d'abord l'idée générale d'un sujet puis ils capturent les détails des différentes parties.

D'autre part, supposons que SoLearn détecte qu'un apprenant ne travaille pas bien pour résoudre des problèmes d'un sujet donné. Si l'apprenant est "intuitif", le système lui recommande de lire des textes théoriques sur ce sujet afin d'améliorer son apprentissage.

Comme autre exemple, considérons que le système détecte qu'un étudiant "actif" est en train de lire un sujet et qu'il ya un débat sur ce sujet dans le forum, donc il suggère la participation de l'apprenant dans ce débat, car il sera l'aider à comprendre le sujet.

## I.9. Scénarios d'utilisation de SoLearn

### I.9.1. Scénario 1 : Avantage de l'utilisation de l'ontologie

Ce scénario exprime l'importance de l'utilisation de l'ontologie dans SoLearn:

- Supposons, un enseignant a publié un "livre" intitulé : "*la programmation orientée objet*" et le marqué par le tag : "*poo*"
- Un apprenant se connecte sur le système pour chercher un "document" sur le langage "*java*".
- Supposons qu'aucun document qui traite le java n'existe sur le système ;
- Le système sans l'utilisation de l'ontologie ne peut pas répondre l'apprenant, le fait que le terme "*java*" n'existe pas sur le système.
- Mais, dans le cas où le système dispose d'une ontologie, il va répondre l'apprenant en lui proposant des ressources associées aux termes différents syntaxiquement à ses termes utilisés pendant la recherche, mais sémantiquement ils ont le même sens. Le cours sur "*la*

*programmation orientée objet*" par exemple publié par l'enseignant va être recommandé à l'apprenant le fait qu'il a généralisé sa requête au concept de "*document*" qui représente la catégorie la plus abstraite récupérant toutes les informations de réponses acceptables pour lui. Le système, a utilisé la taxonomie de concepts présente dans l'ontologie pour en déduire qu'un "*livre*" est un "*document*", et que "*java*" fait partie de "*poo*", par conséquent il va satisfaire la requête de l'apprenant et lui proposera le livre marqué par le tag "*poo*".

### 1.9.2. Avantage de l'approche pédagogique

#### a) Scénario 2 :

Ce deuxième scénario est basé sur le modèle pédagogique et concerne les étapes à suivre afin d'atteindre l'objectif de cours défini par l'enseignant.

L'enseignant définit un scénario comme suit : Pour atteindre l'objectif de mon cours il faut : 1) *maitriser les notions du domaine*, 2) *publier un résumé sur le domaine*, 3) *résoudre un exercice*, 4) *laisser des commentaires et à la fin* 5) *ajouter un tag qui reflète votre compréhension sur le cours*.

Le tableau 16 présente le rôle de l'enseignant, de l'apprenant et du système pendant l'exécution de ce scénario.

Tableau. 16. Scénario d'utilisation de l'approche pédagogique -1-

Activités Planifiées par l'enseignant	Actions effectuées Par l'apprenant	Outils utilisés	Actions implicites effectuées par le système
Maitriser les notions de cours demandé.	Rechercher des ressources sur le cours.	Moteur de recherche du système	Enregistrement des besoins de l'apprenant dans son profil.
			Recommandation des ressources existantes et les utilisateurs qui intéressent l'apprenant selon son profil : styles + préférences.
	Ajouter les utilisateurs qui expriment un intérêt envers les ressources recommandées à son réseau d'apprentissage	Module de gestion des demandes de collaboration.	Récupération des domaines d'intérêt des utilisateurs ajoutés en les proposant à l'apprenant comme des recommandations, afin qu'ils puissent l'aider dans son apprentissage.

	Communiquer et collaborer avec ses amis.	Chat, message, commentaires.	Réajustement des besoins de l'apprenant et sa maîtrise de différentes notions.  Exemple : dans un commentaire l'apprenant dit que « <i>la définition est très claire</i> », en utilisant les règles d'inférence, le système peut déduire que l'apprenant maîtrise bien la définition → le système ajoute dans le fichier RDF de l'apprenant cette nouvelle connaissance inférée.
Publier un résumé	Préparer le résumé et le publie sur le système.	Gestion des ressources	Le système enregistre les traces de l'apprenant.
Résoudre un exercice	Résoudre l'exercice en choisissant les bonnes réponses.	Moteur de Recherche. Gestionnaire de ressources. Outils de collaboration.	Après que l'apprenant résout l'exercice et le télécharge sur le système, et selon la méthode d'évaluation en relation avec le type d'exercice (automatique ou par l'enseignant), le système enregistre le niveau de l'apprenant dans son profil et le mis à jour.
Laisser des commentaires	Ajouter des commentaires sur les différentes ressources nécessaires.	Commentaire	Le système analyse les mots utilisés dans les commentaires afin de savoir où l'apprenant trouve des difficultés, ou bien il maîtrise ou non le domaine d'apprentissage.
Ajouter un tag	Taguer le cours de l'enseignant par un mot clé expressif.	Tagging	Le fait que le tag représente la perception de l'apprenant sur le contenu, donc le système peut évaluer automatiquement l'apprenant suivant les tags qu'il utilise.

### b) Scénario 3

Ce troisième scénario résumé dans la figure 34 représente l'avantage de l'utilisation du modèle pédagogique, où l'apprenant explore des ressources sur le domaine qu'il veut apprendre (définition, exemple, exercice, etc.). Supposons qu'il cherche d'apprendre le langage PHP, de ce fait :

- Il formule sa requête en interrogeant le moteur de recherche du système par le mot "PHP";
- Le système fait appel à l'ontologie cherchant le concept "PHP" ;

- Le concept "PHP" existe dans l'ontologie, et il est défini par : "PHP est un Langage de Programmation", et a le "HTML comme un prérequis" (PHP hasRequirement HTML);
- Le système avant de répondre l'apprenant en fournissant des ressources sur le "PHP", il l'invite à passer une évaluation initiale sur le "HTML", le fait que l'apprenant ne peut pas passer à apprendre le "PHP" jusqu'à ce qu'il maîtrise bien le "HTML" ;
- Dans le cas où l'apprenant n'a pas réussi à passer le test, le système lui propose des documents sur le "HTML" en prenant en compte son style et ses préférences d'apprentissage; et l'invite encore fois pour faire un nouveau test sur les nouvelles connaissances acquises;
- Mais, si l'apprenant a réussi de passer le test, dans ce cas là, le système lui permet d'apprendre le "PHP", en lui proposant les unités pédagogiques en relation avec le domaine et en respectant le scénario pédagogique défini par l'enseignant à propos de ce domaine (par exemple, pour apprendre le PHP il faut passer par : résumé → test → [ illustrations | exemples | clarification ] → test). Donc, le système propose un résumé à l'apprenant, ce dernier fait son apprentissage et à la fin de cette situation, il fera l'objet d'une évaluation intermédiaire afin de tester ses nouvelles connaissances ;

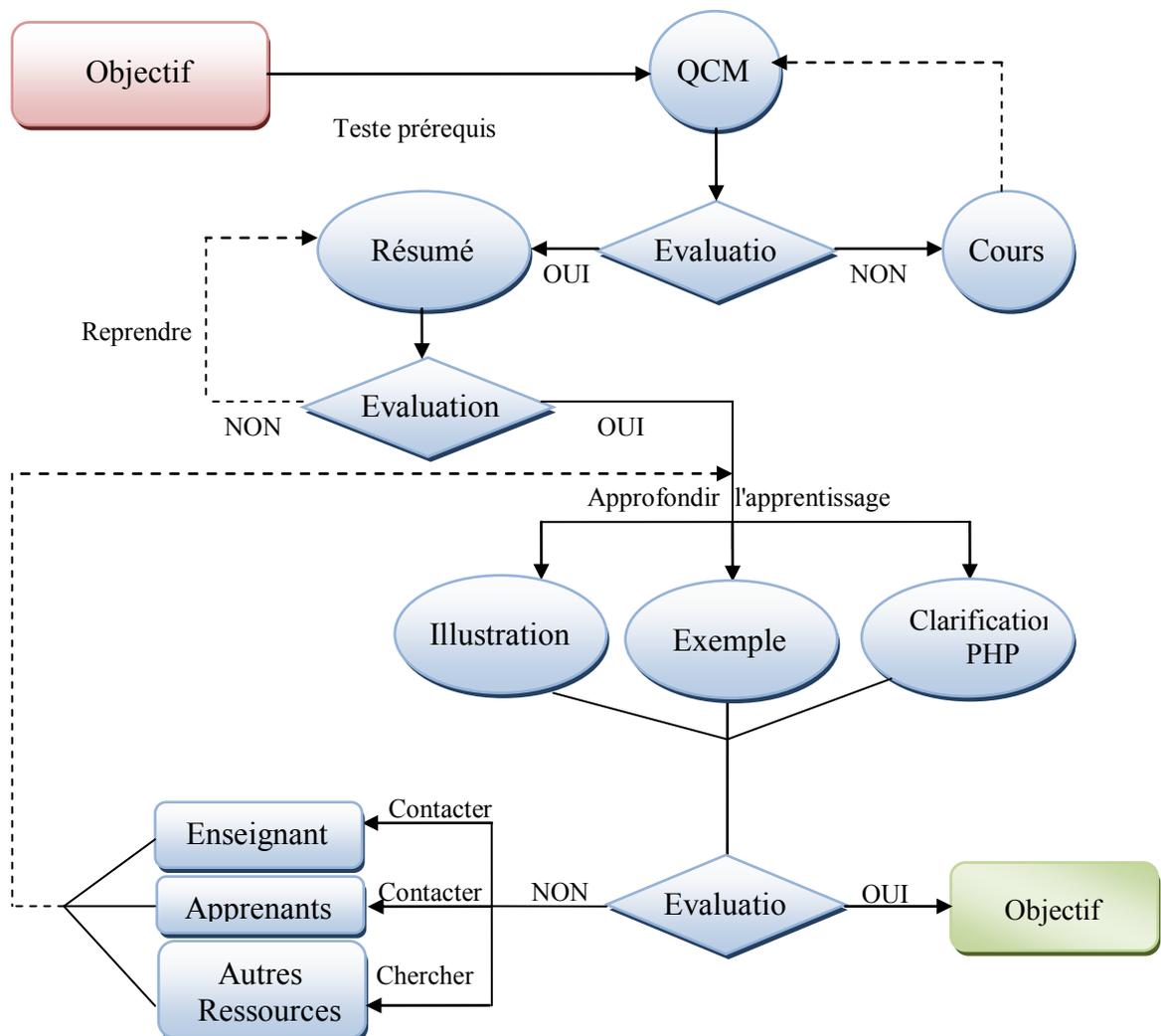


Figure. 34. Scénario d'utilisation de l'approche pédagogique -2-

- Si l'apprenant n'a pas réussi à passer le test, le système lui propose encore fois la même ressource (l'illustration) ou il va le proposer une autre illustration (en retournant aux relations sémantiques et surtout la relation *sameAs*) qui peut compenser la première entité, mais qui garde toujours le même objectif pédagogique;
- Si l'apprenant a réussi le test, le système le propose des nouvelles entités pédagogiques afin d'approfondir le domaine selon son profil, s'il a un profil 'Visuel', par exemple, il va avoir une unité qui a une stratégie pédagogique "ByLooking" donc, une vidéo.
- A la fin de la situation d'apprentissage, il fera l'objet d'une évaluation finale, pour que le système décide définitivement son niveau de maîtrise des notions du domaine ;
- S'il a réussi le test, alors la situation d'apprentissage se termine en mettant à jour le profil de l'apprenant par sa maîtrise du domaine, en ajoutant le prédicat <Apprenant, *maîtrise*, PHP> ;
- Si l'apprenant n'a pas réussi le test, à ce niveau-là, le système ne se contente pas de chercher d'autres entités pédagogiques qui peuvent améliorer son apprentissage, mais il lui propose autres utilisateurs (enseignants ou apprenants) qui ont des connaissances avancées du domaine et qu'ils peuvent l'aider à réaliser son objectif, toujours en prenant en compte son style et ses préférences d'apprentissage.

### **I.9.3. Scénario 4 : avantage de l'utilisation des règles d'inférence**

Ce scénario est basé sur l'application de quelques règles d'inférence pour savoir si un utilisateur peut aider un autre à partir de la communication qui se produite entre eux et pour découvrir les domaines maîtrisés.

Dans la figure 35, la relation "*help*" entre "teacher25" et "student12" est extraite à partir de contenu des messages échangés entre les deux. La relation "*learned*" a été inférée parce que l'étudiant "student12" maîtrise l'objet d'apprentissage "PHP", et à cause de la relation "*hasRequirement*" entre "PHP" et "HTML" qui signifie que le HTML est un prérequis du langage PHP.

La relation "*canHelp*" entre les étudiants "student12" et "student31" est inférée, car le premier maîtrise un domaine qui est un objectif d'apprentissage pour le deuxième.

Et finalement, la relation "*canHelp*" entre l'enseignant "teacher25" et l'étudiant "student31" est inférée à cause de la transitivité de la relation "*canHelp*".

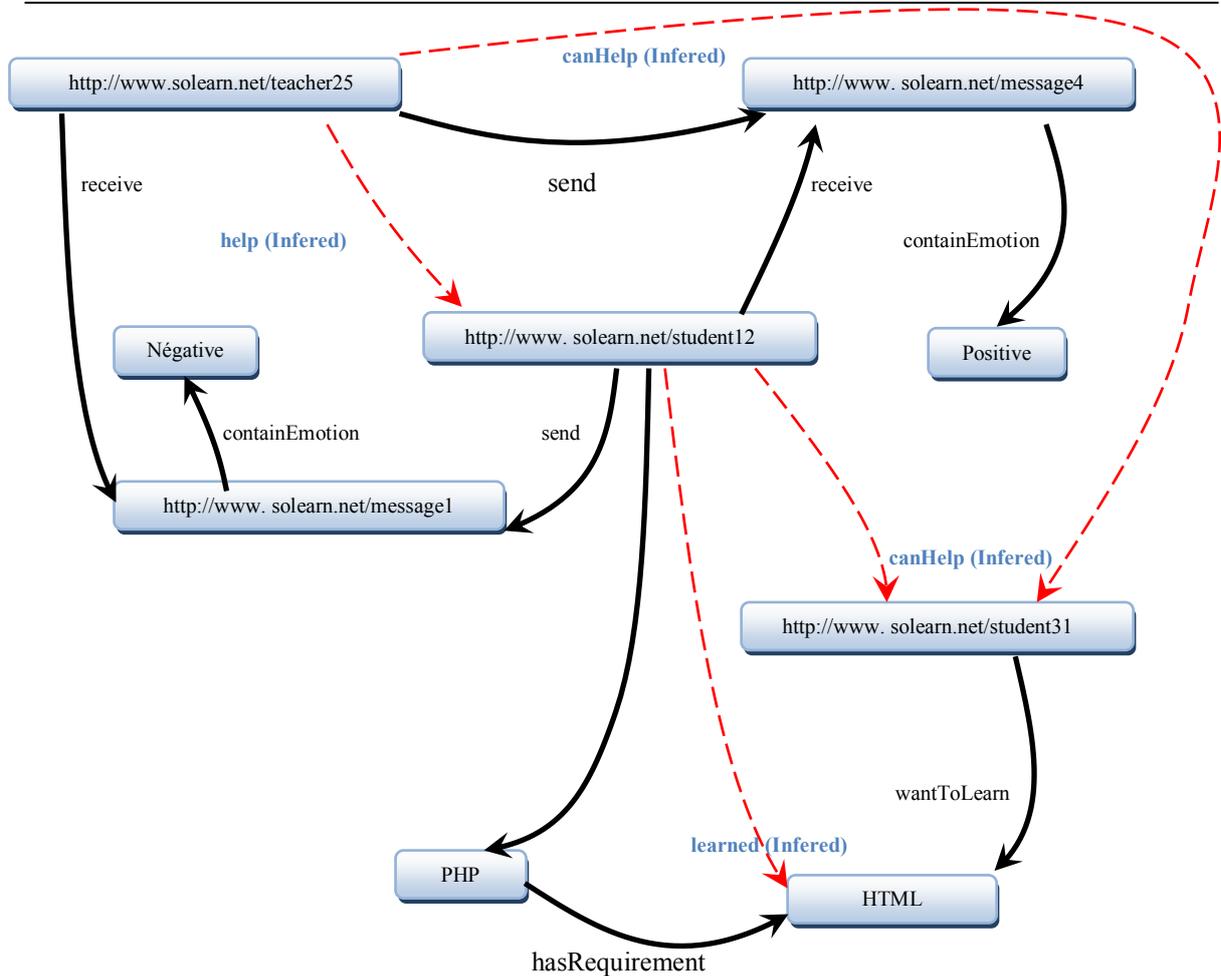


Figure. 35. Scénario de l'utilisation des règles d'inférence.

#### I.9.4. Scénario 5 : La recherche sémantique de ressources d'apprentissage

A travers ce scénario, nous allons montrer un avantage très important de l'application des règles d'inférence sur le module de recherche des ressources d'apprentissage, où le système sera capable de comprendre les requêtes des utilisateurs exprimées par des mots-clés et de donner des résultats qui s'adaptent bien à leurs besoins.

Dans cet exemple, un utilisateur lance la recherche avec le mot "Oracle", le système retourne qu'aucun objet d'apprentissage n'est attaché à ce mot, mais comme présenté dans la figure 36, le système a proposé à l'utilisateur un autre objet tagué par le tag "MySQL".

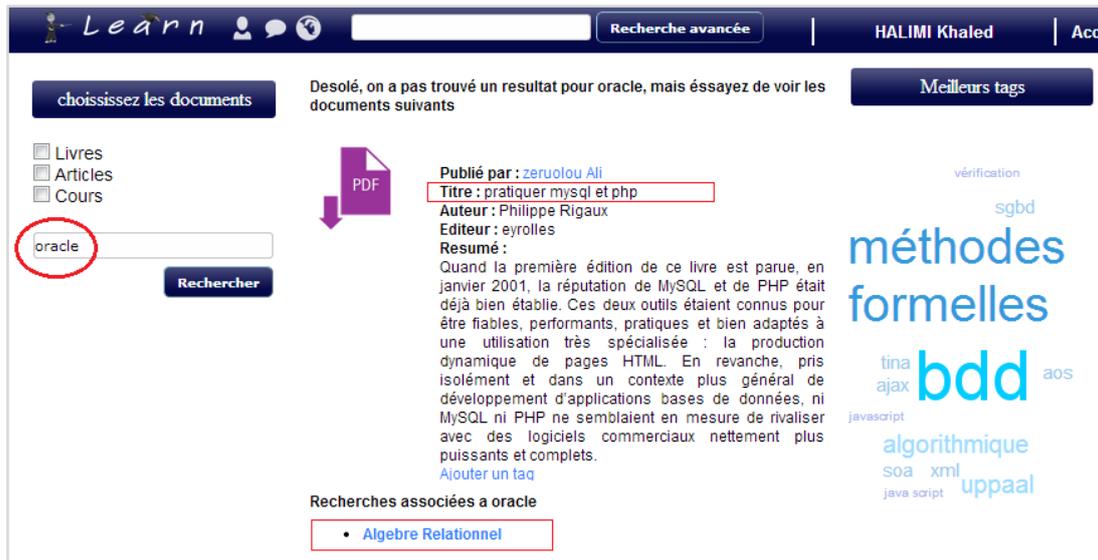


Figure. 36. Résultat de recherche sémantique.

Si nous revenons à notre ontologie comme présentée dans la figure 37, nous trouvons que le mot "Oracle" est de type SGBD et pour l'apprendre, l'apprenant doit apprendre d'abord l'algèbre relationnelle comme un prérequis. Le mot "MySQL" l'autre aussi est de type SGBD et pour l'apprendre aussi, l'apprenant doit apprendre l'algèbre relationnelle comme un prérequis, et comme le système dispose des objets d'apprentissage qui ont tagué par le mot "MySQL", de ce fait, le système a déduit que le mot "MySQL" pourrait satisfaire le besoin de l'utilisateur et il recommande un objet tagué par le mot "MySQL" .

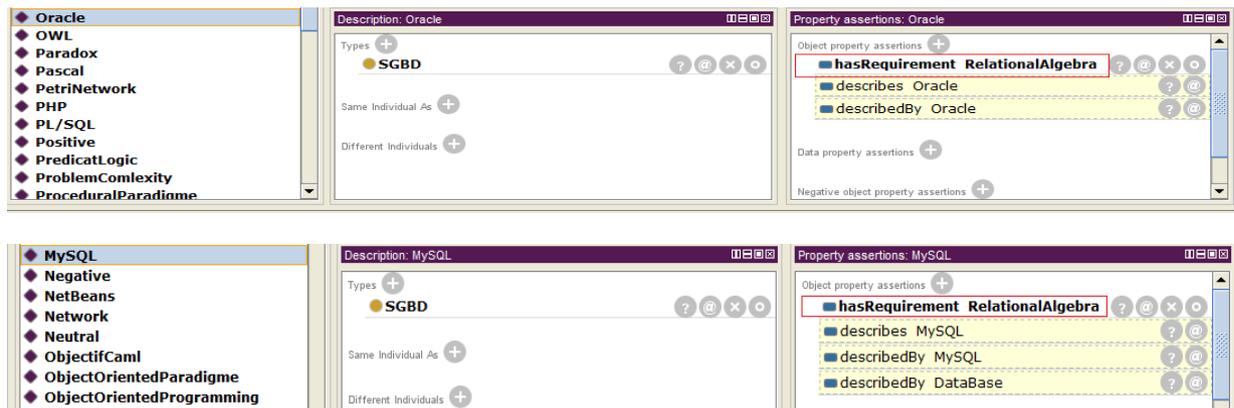


Figure. 37. Description des termes recherchés dans l'ontologie.

Dans la figure 38, nous remarquons que le système a recommandé l'apprenant "Kirati" à l'apprenant "Halimi", parce que ce dernier a ajouté le tag "PHP" sur un document qui est tagué déjà par le même tag par l'apprenant "Kirati", nous avons obtenu ce résultat, suite à l'application de cette règle de recommandation des utilisateurs :

$$putTag(x, t) \& putTag(y, s) \& sameAs(t,s) \rightarrow mayFriendOf(x, y)$$

Et en même temps le système a recommandé à l'apprenant "Halimi" le cours#5 qui a comme titre: "apprendre PHP", le fait qu'il a ajouté le tag "PHP sur le livre#49", et ce même tag est attaché au cours#5. Nous avons obtenu ce résultat suite à l'application de cette règle :

$$(putTag(x, t) \& putOn(t, d)) \& ((putTag(y, s) \& putOn(s, e)) \& sameAs(t, s)) \rightarrow wantToLearn(x, e) \text{ or } wantToLearn(y, d)$$



Figure. 38. Résultat d'application des règles d'inférence sur la recommandation

### 1.9.5. Scénario 6: l'évaluation à base des tags

Une méthode d'évaluation basée sur le processus de tagging (marquage) fournie par SoLearn est décrite comme suit (Halimi et al., 2014). Dans le contenu de l'évaluation, l'enseignant définit que pour considérer que l'apprenant a compris un cours: il doit marquer le contenu avec l'un des tags déjà prédéfinis par l'enseignant. Par exemple, si un apprenant marque le cours *CI* avec le tag *TI*, qui est l'un des tags prédéfinis, cela signifie qu'il a compris le cours.

Si *T1* ne fait pas partie de l'ensemble de tags prédéfinis par l'enseignant, le système appelle le module d'inférence afin de déduire de nouveaux tags (par exemple *T2*), et vérifie ensuite si le tag *T2* est lié par une relation sémantique (par exemple, *requires* ou *isSameAs*) à l'un des tags prédéfinis. Si c'est le cas, cela signifie que l'apprenant a compris le cours. Mais, s'il n'y a pas de relation entre les nouveaux tags inférés et les tags déjà prédéfinis, le système conclut que l'apprenant n'a pas encore compris le cours et il lui enverra une recommandation de revoir le cours une fois de plus.

Le module de traces enregistre combien de fois l'apprenant voit et revoit les cours afin que le système décide plus tard les cours qui ont été difficiles pour les apprenants.

### 1.9.6. Scénario 6 : Estimation du style d'apprentissage par le Réseau Bayésien

Supposant un apprenant se connecte sur le système cherchant d'apprendre le domaine de l'"Algorithmique", comme défini dans l'ontologie, "Algorithmique" est un domaine d'apprentissage théorique. Comme montré dans la figure 39, la variable *Learning\_Domain* mise en évidence avec la croyance "théorique", le système en utilisant les règles d'inférence

recommandera à l'apprenant un ensemble ordonné des entités pédagogiques qui correspondent aux ressources théoriques selon le modèle pédagogique.

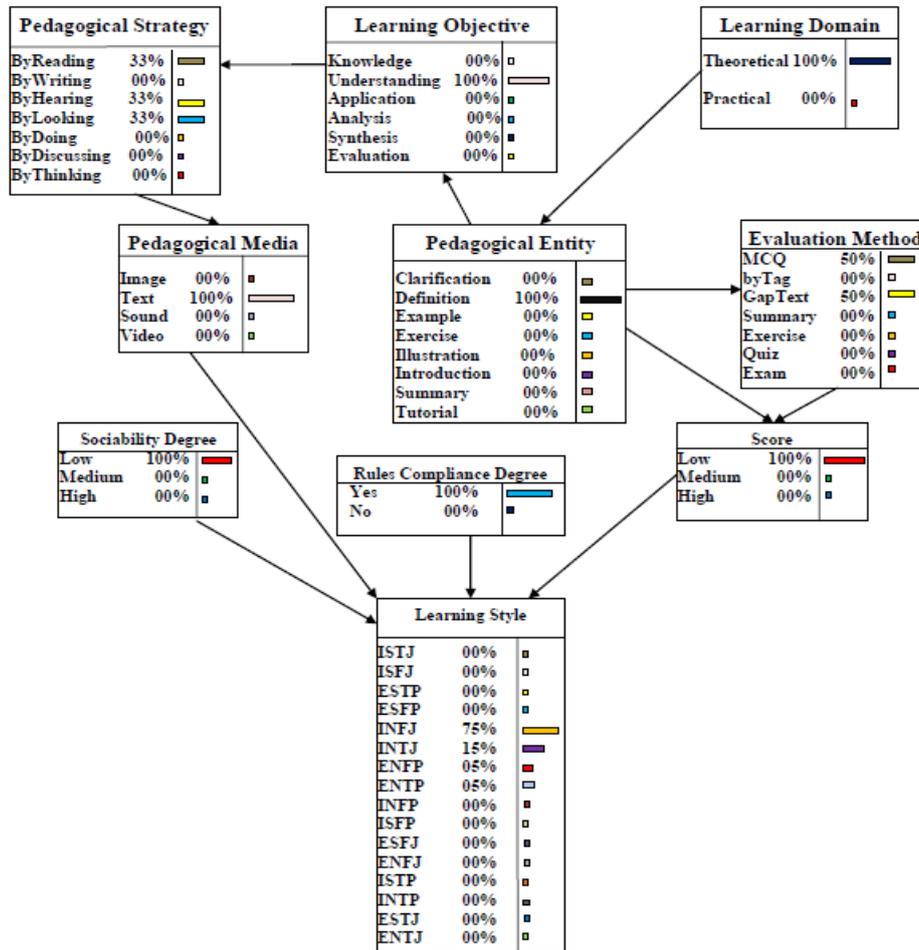


Figure. 39. La structure du réseau après les actions de l'apprenant.

Par exemple, il propose à l'apprenant respectivement: "introduction, définition, clarification, illustration et résumé" sur les algorithmes, l'apprenant choisit alors une de ces entités, le système enregistre s'il respecte ou non l'ordre de séquence, afin de calculer plus tard, son degré de respect de règles. Supposons que l'apprenant choisit une "définition", le système met en évidence automatiquement la variable *Pedagogical\_Entity* avec la croyance "définition" en raison de l'action explicite de l'apprenant; et accentue la variable *Learning\_Objective* avec la croyance "Compréhension" et la variable *Pedagogical\_Strategy* par la croyance "byReading, ByHearing ou ByLooking" suivant les variables implicites découvertes en utilisant les règles d'inférence présentées précédemment (voir la section I.7.1). Par la suite, le système fournit à l'apprenant les Médias pédagogiques "texte, image et vidéo". Supposons que l'apprenant choisit la "définition" sous la forme "texte", de sorte que la variable *Pedagogical\_Media* mise en évidence avec la croyance "texte". Après une période de temps, l'apprenant sera invité à effectuer un test d'évaluation pour voir son score à propos des *algorithmes*; le système met en évidence automatiquement la variable *méthode\_évaluation* par "QCM ou GapText". Supposons maintenant que l'apprenant a obtenu un score faible, il respecte les règles et il a un faible degré de sociabilité. En conséquence, le système estime qu'il a le style "INFJ".

## I.10. Diagrammes de séquence de l'utilisation du système

Dans les figures suivantes, nous allons montrer les diagrammes de séquences de quelques cas d'utilisation de système.

### I.10.1. Recherche des documents

La procédure à suivre pour recherche les documents est la suivante :

- Tout d'abord, l'utilisateur indique les mots clés à rechercher à travers l'interface utilisateur.

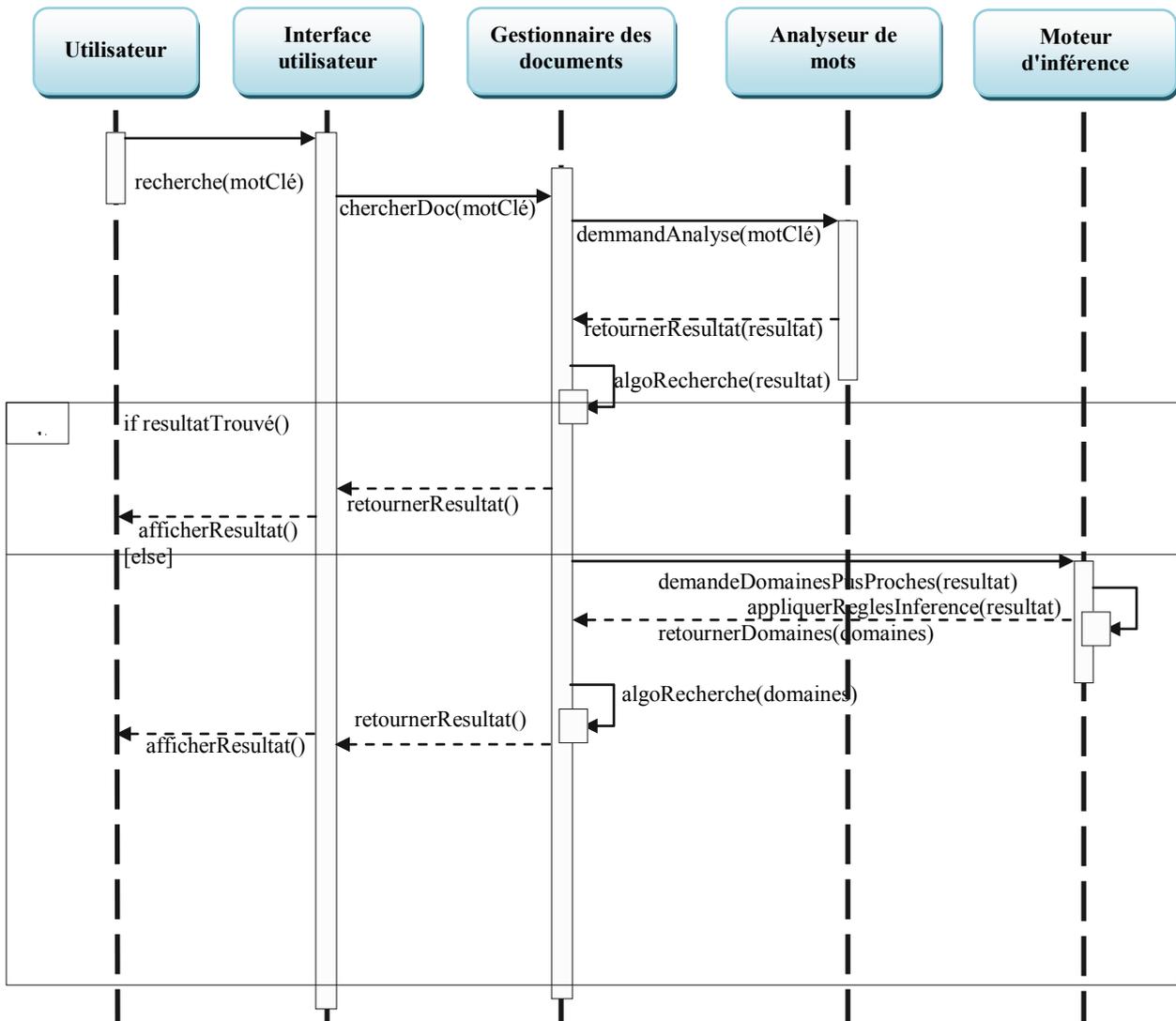


Figure. 40. Le diagramme de séquence pour la recherche des documents.

- Ensuite, le gestionnaire des documents demande de l'analyseur des mots d'indiquer le sens des mots clés utilisés à partir de l'ontologie présenté précédemment.
- Enfin, le gestionnaire des documents va appliquer l'algorithme de recherche sur le résultat retourné par l'analyseur des mots, s'il ne trouve pas des résultats alors il va extraire les domaines les plus proches à partir de moteur d'inférence et appliquer à nouveau l'algorithme de recherche.

### I.10.2. Publication des documents

Pour publier un document, le système suit le scénario suivant :

- L'utilisateur introduit les informations de document et choisit un fichier à télécharger.
- L'analyseur des mots va ensuite traiter les informations introduites par l'utilisateur pour extraire les domaines d'apprentissage liés avec ce document.
- Ensuite, le gestionnaire des documents ajoute le document et met à jour le nuage des tags.

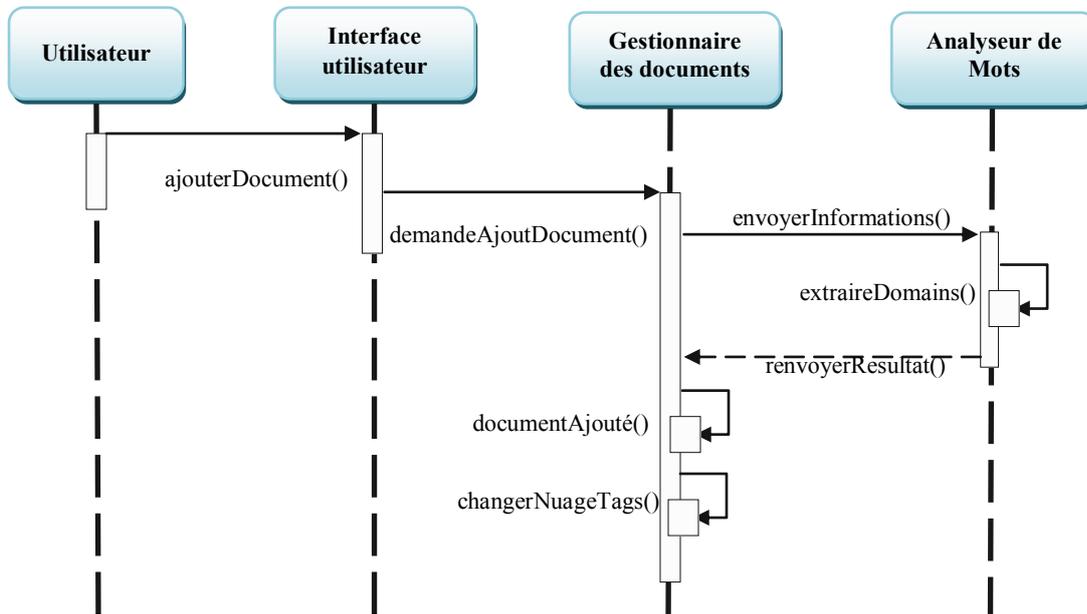


Figure. 41. Le diagramme de séquence pour l'ajout d'un document.

### I.10.3. Ajouter des commentaires

Le scénario à suivre pour ajouter un commentaire est le suivant:

- L'utilisateur va tout d'abord rédiger son commentaire.
- Le système ensuite analyse le commentaire pour extraire les émotions et les domaines d'apprentissage de cet utilisateur.
- Enfin, les domaines d'apprentissage de l'utilisateur seront mises à jour selon les mots utilisés.

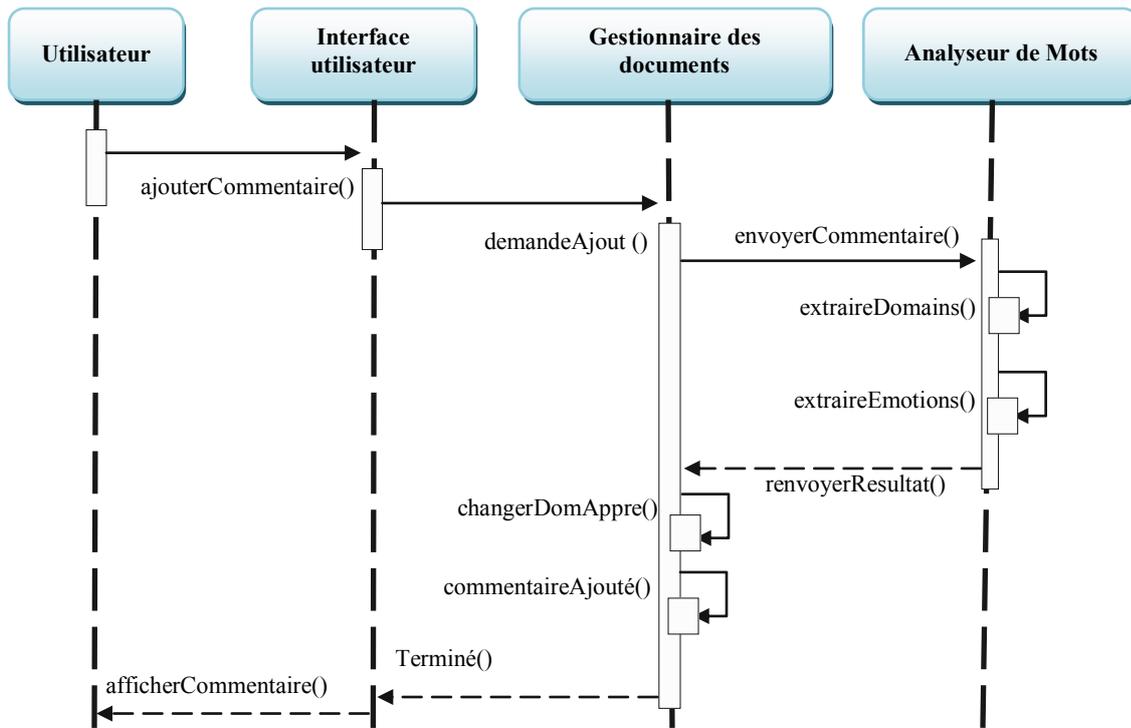


Figure. 42. Le diagramme de séquence pour l'ajout d'un commentaire.

### 1.1.1. Ajouter les tags

Le scénario d'ajout d'un tag est le suivant :

- L'utilisateur indique des mots clés à ajouter comme tag sur un document, et ça se fait toujours à travers l'interface utilisateur.
- Ensuite, le gestionnaire des documents va ajouter le tag et mettre à jour le nuage des tags.

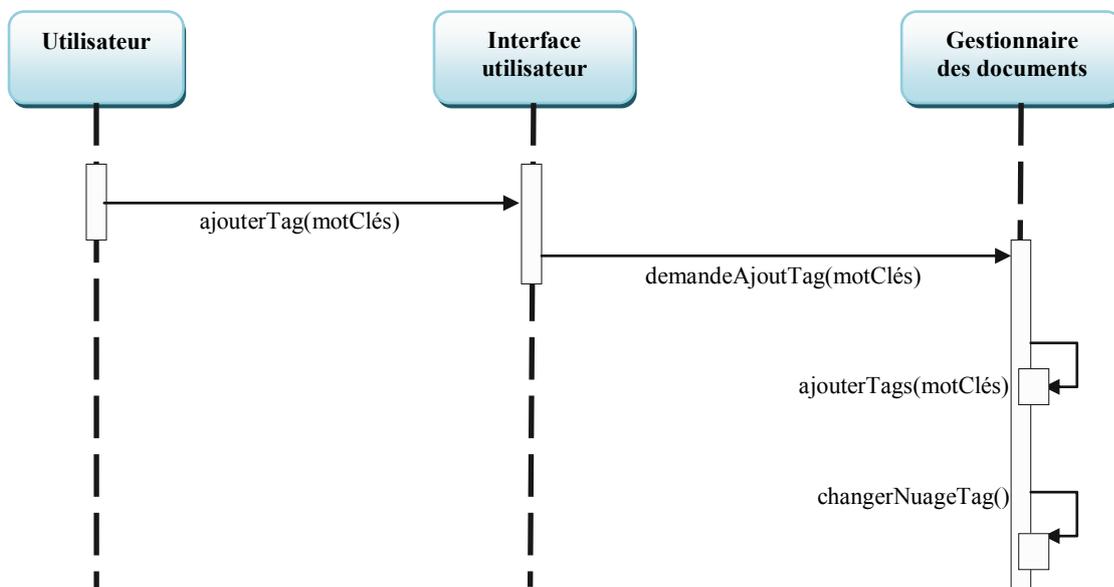


Figure. 43. Le diagramme de séquence pour l'ajout d'un tag.

### I.10.4. L'analyse sémantique de réseau s'apprentissage

Le scénario à suivre pour effectuer une analyse sémantique de réseau de l'apprentissage social est le suivant :

- L'administrateur lance l'analyse de réseaux.
- Avant d'appliquer l'algorithme d'analyse, l'analyseur de réseau fait appel au moteur d'inférence pour appliquer les règles sémantiques afin de découvrir des nouvelles relations (c'est l'intérêt principal de l'utilisation de l'analyse sémantique).

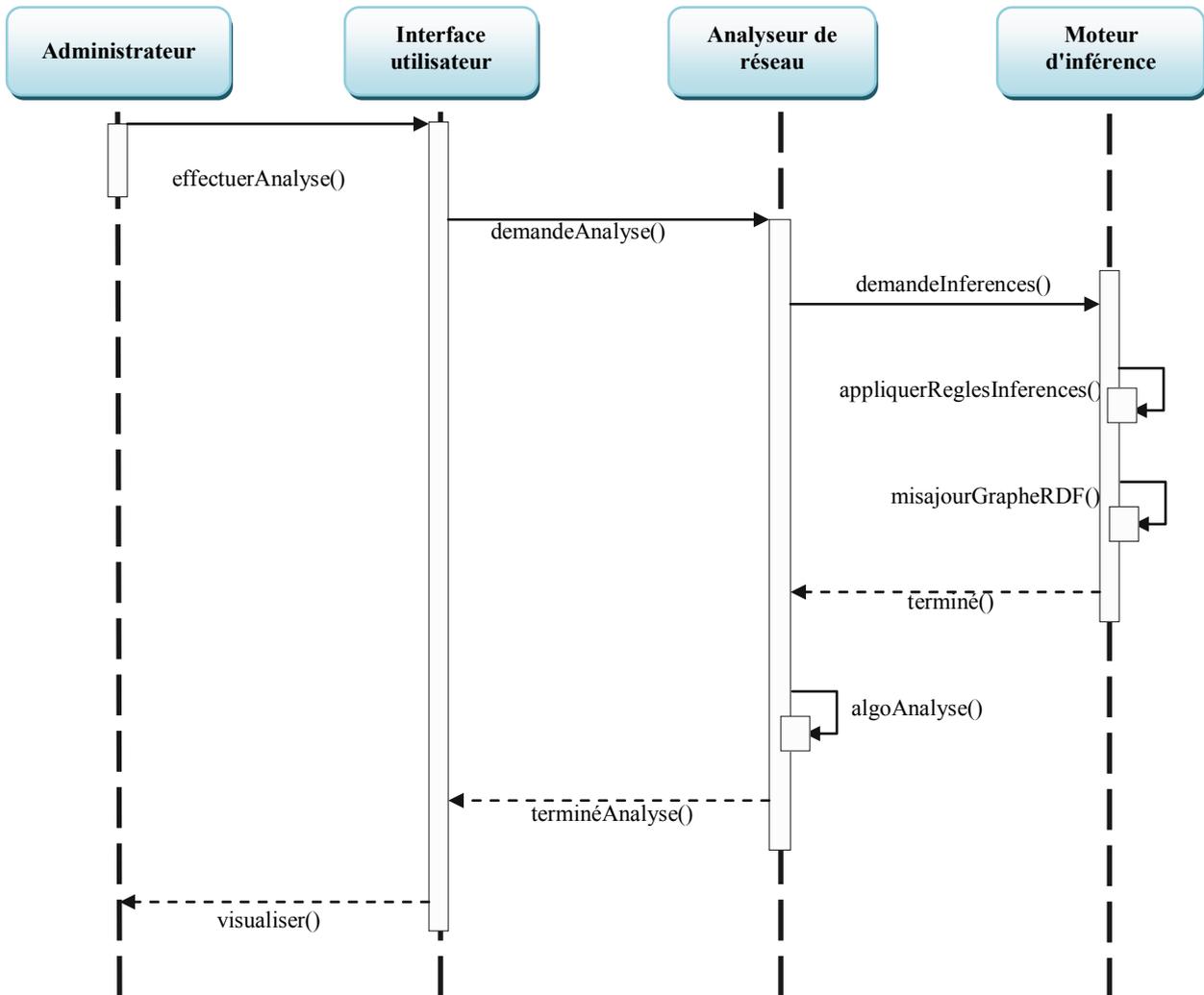


Figure. 44. Le diagramme de séquence pour l'analyse de réseau.

## I.11. Conclusion

Notre objectif ultime est la personnalisation de l'apprentissage social. Nous sommes allés au-delà des méthodes classiques de personnalisation qui ajustent le niveau de connaissance du contenu de l'apprenant et nous avons proposé une nouvelle approche qui vise à satisfaire les besoins réels des apprenants afin de leur fournir les meilleures ressources et les activités pédagogiques en fonction de leurs connaissances, leurs préférences et leurs styles d'apprentissage. Nous avons présenté une nouvelle méthode basée sur une estimation automatique des styles d'apprentissage par rapport au modèle MBTI. Par conséquent, nous

avons répondu aux deux grandes questions : (1) Comment représenter les ressources et les utilisateurs afin de produire la meilleure personnalisation? À cette fin, nous avons commencé par une présentation des besoins du système d'apprentissage personnalisé et comment les techniques du Web sémantique social peuvent jouer un grand rôle en répondant à ces besoins. Ensuite, nous avons présenté l'ontologie construite à ce but, où nous avons mis l'accent sur la démarche et les étapes de conception de l'ontologie, les concepts, les relations et les individus, ensuite, nous avons détaillé les trois modèles du système (modèle du domaine, de l'apprenant et de la démarche pédagogique). Il est noté que notre démarche pédagogique combine à la fois l'intervention des experts de l'ingénierie de connaissances, des experts de l'ingénierie pédagogique et des experts de domaines de formation afin de mettre l'apprenant toujours au centre du processus d'apprentissage et de lui fournir une formation de qualité qui s'adapte bien à ses besoins. Puis, nous avons proposé quelques règles d'inférence sur le contenu et sur les utilisateurs, afin de découvrir des nouvelles connaissances importantes pour la personnalisation du processus d'apprentissage de l'apprenant, qui sont difficiles à détecter sans avoir recours aux mécanismes d'inférence. (2) Comment choisir des activités d'apprentissage pour s'adapter au style de l'apprenant? Pour répondre à cette question, une approche de personnalisation est développée sur la base de l'utilisation d'un modèle de Réseau Bayésien qui permet de décider si le contenu fourni est approprié ou non. Enfin, nous avons conclu ce chapitre par un ensemble de scénarios d'utilisation du système qui montrent les avantages de notre démarche.

---

---

# **Partie III**

## **Implémentation & Expérimentation**

## - Chapitre 5 -

# L'implémentation de SoLearn

“  
*Le fondement de la théorie c'est la pratique*  
”

*Mao Tsé-Toung*

# I. L'implémentation de SoLearn

---

I.1. INTRODUCTION .....	157
I.2. INGENIERIE DE L'ONTOLOGIE.....	158
I.3. MOTEUR D'INFERENCE .....	161
I.4. L'OUTIL RAP.....	161
I.5. PRESENTATION DE SYSTEME.....	165
I.6. LES VALEURS ET LES FONCTIONNALITES AJOUTEES DE SOLEARN .....	171
I.7. CONCLUSION .....	171

---

## I.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter la mise en application des différents concepts que nous avons vus dans les chapitres précédents. Nous allons premièrement présenter les outils que nous avons utilisés pour réaliser notre système SoLearn, ensuite nous allons présenter ses interfaces et ses fonctionnalités.

### I.1.1. Les outils de développement

Dans cette section, nous allons présenter les différentes technologies utilisées pour mettre en œuvre SoLearn.

#### a) *PHP*

PHP est à l'origine un langage de script conçu spécifiquement pour agir sur les serveurs web. C'est un langage de script côté serveur conçu pour le développement web, mais aussi utilisé comme un langage de programmation à des fins générales. En Janvier 2013, PHP a été installé sur plus de 240 millions de sites Web. Le code PHP peut être simplement mélangé avec le code HTML, ou il peut être utilisé en combinaison avec différentes structures du web. Le code PHP est généralement traité par un interpréteur PHP, qui est généralement mis en œuvre en tant que module natif d'un serveur Web.

#### b) *JavaScript*

JavaScript est avant tout un langage de script. Cela signifie qu'il est conçu pour être utilisé avec très peu de contraintes et une grande agilité, il se caractérise par : syntaxe minimaliste et plus flexible, typage dynamique, exécution interprétée, etc. Et avec nombreuses possibilités avancées, qui ouvrent les vannes à un véritable torrent de fonctionnalités puissantes, sont souvent mal connus des développeurs Web. Et pourtant, le langage offre de quoi mettre sur pied des bibliothèques comme jQuery, qui rendent l'utilisation de JavaScript vraiment agréable (Porteneuve, 2007).

#### c) *AJAX*

Ajax (pour Asynchronous JavaScript and XML) est un ensemble de techniques de développement Web connexes utilisés sur le côté client pour créer des applications Web asynchrones. Avec l'Ajax, les applications Web peuvent envoyer des données à récupérer et d'un serveur de manière asynchrone (dans le fond) sans interférer avec l'affichage et le comportement de la page existante. Les données peuvent être récupérées en utilisant l'objet XMLHttpRequest. Malgré son nom, l'utilisation de XML n'est pas nécessaire et les demandes n'ont pas besoin d'être asynchrones.

Ajax n'est pas une seule technologie, mais un ensemble de technologies. Le HTML et le CSS peuvent être utilisés en combinaison pour marquer et afficher les informations. Le DOM<sup>17</sup> est accessible avec JavaScript pour afficher dynamiquement - et permettre à l'utilisateur d'interagir avec - l'information présentée. JavaScript et l'objet XMLHttpRequest fournissent

---

<sup>17</sup> DOM : Le document XML Object Model (DOM) classe est une représentation en mémoire d'un document XML. Le DOM vous permet de lire par programmation, de manipuler et de modifier un document XML.

une méthode pour échanger les données de façon asynchrone entre le navigateur et le serveur afin d'éviter les rechargements de pages complètes.

#### d) *Éclipse*

Éclipse est un environnement de développement intégré (Integrated Development Environment) dont le but est de fournir une plate forme modulaire pour permettre de réaliser des développements informatiques. Éclipse utilise énormément le concept de modules nommés « plug-ins » dans son architecture. Il contient un espace de travail de base et un système de plug-in extensible pour la personnalisation de l'environnement. Eclipse est écrit en Java et son utilisation principale est de développer des applications Java, mais il peut également être utilisé pour développer des applications dans d'autres langages de programmation. Les principaux modules fournis en standard avec Éclipse concernent Java, mais d'autres modules sont développés pour d'autres langages notamment C++, PHP, JavaScript, etc. La figure 45 montre l'interface d'éclipse.

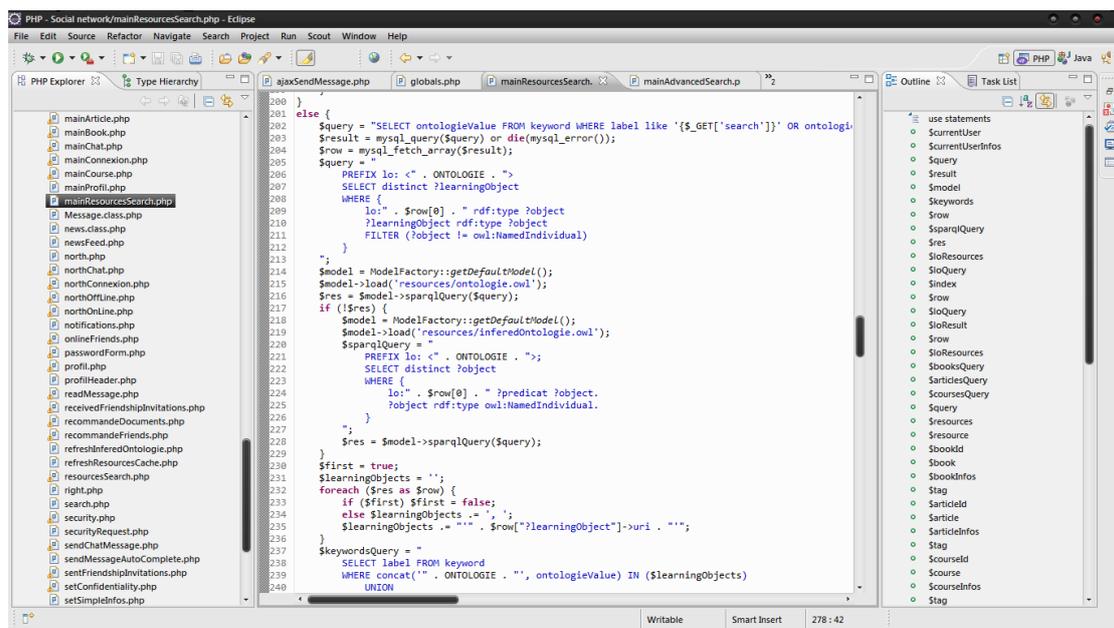


Figure. 45. Développement d'un projet PHP avec Éclipse.

#### e) *jQuery*

jQuery est une bibliothèque JavaScript conçu pour simplifier le script côté client de HTML. jQuery est la bibliothèque la plus populaire JavaScript en usage aujourd'hui, avec l'installation sur 65% des 10 millions de sites qui ont le trafic le plus élevé sur le Web. jQuery est un logiciel gratuit open source sous la licence MIT. La syntaxe de jQuery est conçu pour rendre plus facile à naviguer d'un document, sélectionnez les éléments, créer des animations, gérer les événements, et développer des applications Ajax. jQuery fournit également des capacités pour les développeurs de créer des plug-ins sur la base de JavaScript ("jQuery". n.d.)

## I.2. Ingénierie de l'ontologie

Dans le chapitre 03 (la représentation de connaissance) les connaissances du monde d'apprentissage social personnalisé étant représentées en concepts et relations entre ces

concepts, il ne reste que de les coder formellement. À cet effet, nous avons opté pour utiliser le langage OWL, suivant la recommandation du W3C. Le code source résultant doit être enregistré dans un document qui portera l'extension « .OWL », afin de faciliter d'une part, le partage et la réutilisation des connaissances sur le monde réel et d'autre part comme base de raisonnement pour les moteurs d'inférence du système SoLearn.

Plusieurs EDI (Environnements de développement intégrés) utilisés pour le développement d'ontologies sont implémentés, parmi les EDI les plus célèbres pour l'élaboration des ontologies, nous citons : DAG-Edit Protégé, OilEd, etc. Nous avons adopté pour la construction de l'ontologie du système SoLearn d'utiliser Protégé-2000, le fait qu'il est un éditeur d'ontologie libre et gratuit, développé sous Java et se caractérise par son caractère extensible et flexible, qui supporte facilement l'intégration de nombreux modules, afin d'enrichir ses fonctionnalités. Les ontologies élaborées par protégé peuvent être enregistrées sous plusieurs formats, notamment RDF(S), OWL, XML-S.

PROTÉGÉ-2000 est un environnement graphique de développement d'ontologies développé par le SMI de Stanford. Dans le modèle des connaissances de PROTÉGÉ, les ontologies consistent en une hiérarchie de classes qui ont des attributs, qui peuvent eux-mêmes avoir certaines propriétés.

L'édition des listes de ces trois types d'objets se fait par l'intermédiaire de l'interface graphique, sans avoir besoin d'exprimer ce que à spécifier dans un langage formel : il suffit de remplir les différents formulaires correspondant à ce que l'on veut spécifier. Ce modèle autorise d'ailleurs une liberté de conception assez importante puisque le contenu des formulaires à remplir peut être modifié suivant les besoins. L'interface, très bien conçue, et l'architecture logicielle permettant l'insertion de plug-ins pouvant apporter de nouvelles fonctionnalités (par exemple, la possibilité d'importer et d'exporter les ontologies construites dans divers langages opérationnels de représentation) (Prié & Garlatti, 2003). La figure 46 représente une capture d'écran de la plateforme « Protégé », pendant la définition des concepts.

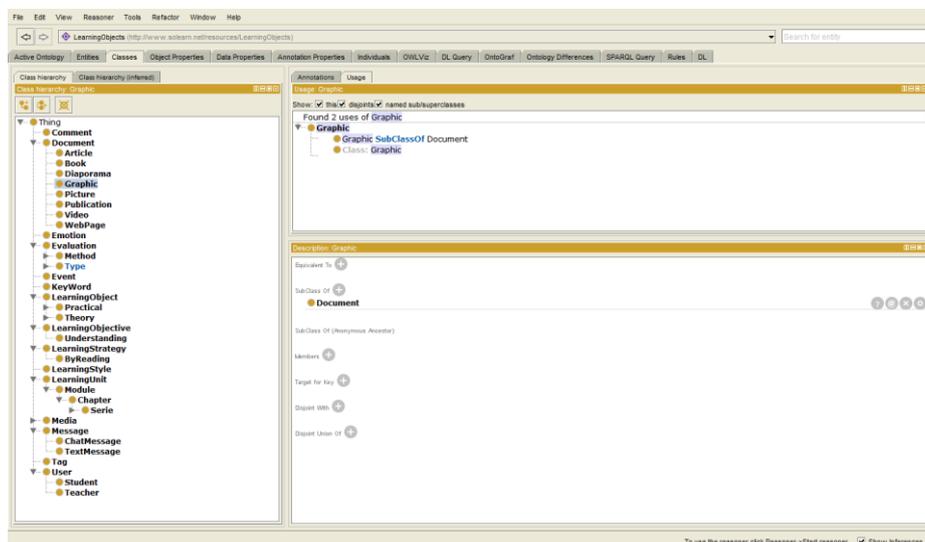


Figure. 46. La création des concepts sur la plateforme Protégé.

La figure 47 représente une capture d'écran de la plateforme « Protégé », après la création des relations entre les concepts.

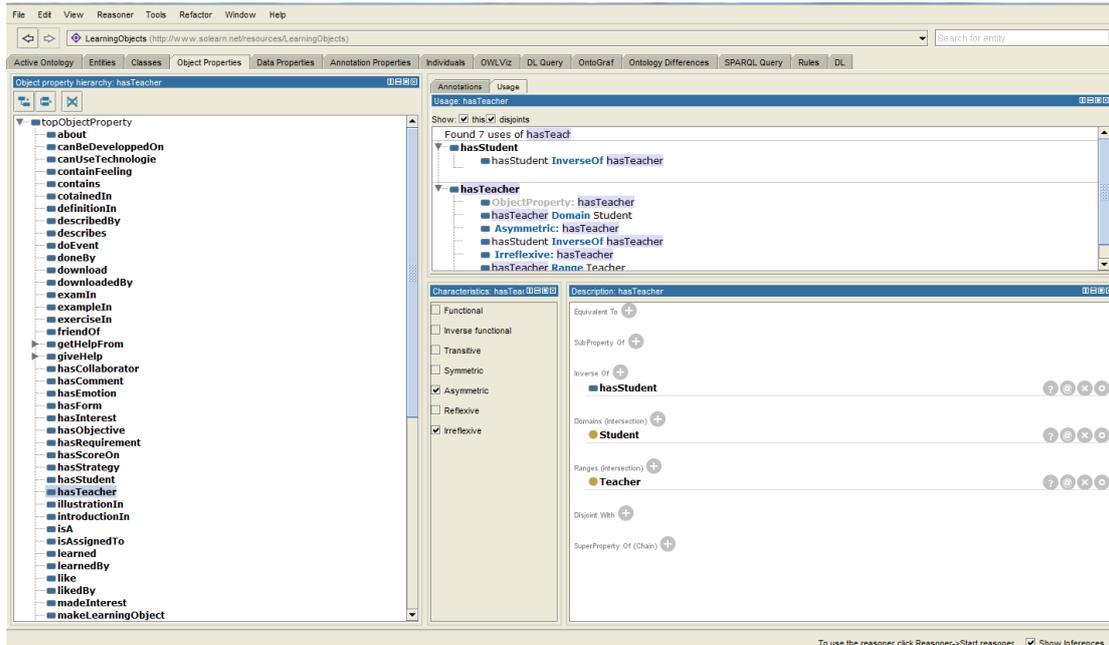


Figure. 47. Capture d'écran de la plateforme Protégé - Créations des relations entre les concepts.

La figure 48 est un extrait du code OWL généré automatiquement suivant le travail de modélisation fait par la plateforme Protégé. Il est très important de rappeler que le code doit être sauvegardé dans un fichier OWL, pour permettre au système de reconnaître et comprendre la modélisation du domaine d'application.

```

278 <!-- http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#hasRequirement -->
279
280 <ObjectProperty rdf:about="&lo;hasRequirement">
281   <rdf:type rdf:resource="&owl;TransitiveProperty"/>
282   <rdfs:domain rdf:resource="&lo;LearningObject"/>
283   <rdfs:range rdf:resource="&lo;LearningObject"/>
284   <inverseOf rdf:resource="&lo;required"/>
285 </ObjectProperty>
286
287 <!-- http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#hasStudent -->
288
289 <ObjectProperty rdf:about="&lo;hasStudent">
290   <rdf:type rdf:resource="&owl;AsymmetricProperty"/>
291   <rdf:type rdf:resource="&owl;IrreflexiveProperty"/>
292   <rdfs:range rdf:resource="&lo;Student"/>
293   <rdfs:domain rdf:resource="&lo;Teacher"/>
294   <inverseOf rdf:resource="&lo;hasTeacher"/>
295 </ObjectProperty>
296
297 <!-- http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#hasTeacher -->
298
299 <ObjectProperty rdf:about="&lo;hasTeacher">
300   <rdf:type rdf:resource="&owl;AsymmetricProperty"/>
301   <rdf:type rdf:resource="&owl;IrreflexiveProperty"/>
302   <rdfs:domain rdf:resource="&lo;Student"/>
303   <rdfs:range rdf:resource="&lo;Teacher"/>
304 </ObjectProperty>

```

Figure. 48. Extrait du code OWL de l'ontologie du domaine de SoLearn

### I.3. Moteur d'inférence

Jusqu'à maintenant, nous avons d'une part, annoté seulement les ressources utilisées dans le cadre de notre application et d'autre part, nous avons représenté les connaissances sous forme d'une ontologie du domaine. Mais, le système est toujours loin de réaliser les raisonnements logiques nécessaires. Donc, l'intégration d'un moteur d'inférence est très cruciale. Il existe une large variété de moteurs sur le Web tels que Jena, Racer, Rap. Nous avons opté d'utiliser l'outil RAP dans notre cas.

### I.4. L'outil RAP

Dans le cadre de développement de l'environnement SoLearn, C'est le moteur d'inférence RAP (RDF API For PHP) qui a été choisi et qui a été intégré en tant que module à part entière dans le système. En effet, nous avons développé notre système par le langage PHP. Or, seul le moteur RAP est adapté à ce langage de programmation Web. RAP est défini comme un ensemble de classes qui permettent la compilation, la recherche et la manipulation des modèles RDF. C'est un outil conçu pour le web sémantique, à l'université de Freie, à Berlin, en 2002, il est open source et il peut être utilisé sous les termes de la licence GNU Lesser General Public License (LGPL).

Au niveau conceptuel, RAP se présente sous forme d'un ensemble de classes, se compose de deux APIs de base, le Model API et ResModel API. La figure 49 illustre l'organisation de différents modules de RAP.

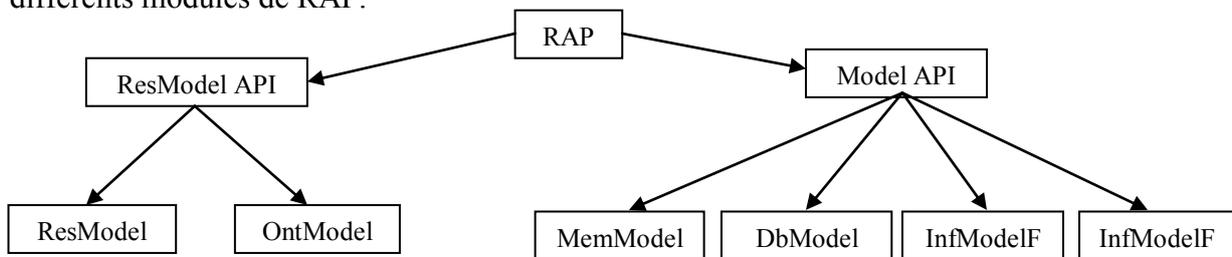


Figure. 49. L'organisation de différents modules de RAP

Le modèle API prend en charge l'ajout, la suppression et le remplacement des déclarations dans un modèle, ainsi que l'ajout de modèles entiers. Il ya quatre différentes implémentations du modèle API, présentées dans le tableau 17 :

Tableau. 17. Les implémentations du Modèle API de RAP.

Modèle	Fonctionnalité
<b>MemModel</b>	Un modèle qui stocke son graphe RDF en mémoire. MemModel est rapide, mais ne supporte pas l'inférence.
<b>DbModel</b>	Un modèle qui stocke son graphe RDF dans une base de données relationnelle. Pas de support d'inférence.
<b>InfModelF</b>	Un modèle d'inférence avec chaînage en avant qui stocke son graphe de base et triplés présumées dans la mémoire.
<b>InfModelB</b>	Un modèle d'inférence avec chaînage en arrière qui stocke son graphe de base dans la mémoire et la création triplés présumées à la volée.

- Le ResModel API est plus adapté à la manipulation des graphes représentant des ressources.
- Le MemModel qui permet de manipuler des graphes contenant un ensemble de « statements ».
- Un statement est une déclaration, appelée aussi triplet RDF, Il se compose en général de trois éléments, à savoir :
  - Le sujet qu'est la ressource à décrire.
  - Le prédicat, qu'est la propriété qui étiquette l'arc.
  - L'objet, qui peut être un littéral ou une ressource pointée par l'arc.

L'annotation d'une ressource web est représentée en général par un fichier RDF/XML.

Dans ce travail, nous avons utilisé le « Model API » pour récupérer l'information d'un fichier RDF pour annoter une ressource. C'est plus particulièrement le sous-module MemModel qu'il a été utilisé. Celui-ci stocke toutes les déclarations au niveau de la mémoire, contrairement au DbModel qui effectue un enregistrement sur un support de stockage (une base de données MySQL par exemple). La structure de données utilisée à cet effet est un tableau dynamique. Le MemModel est le modèle le plus efficace en termes de temps de réponse.

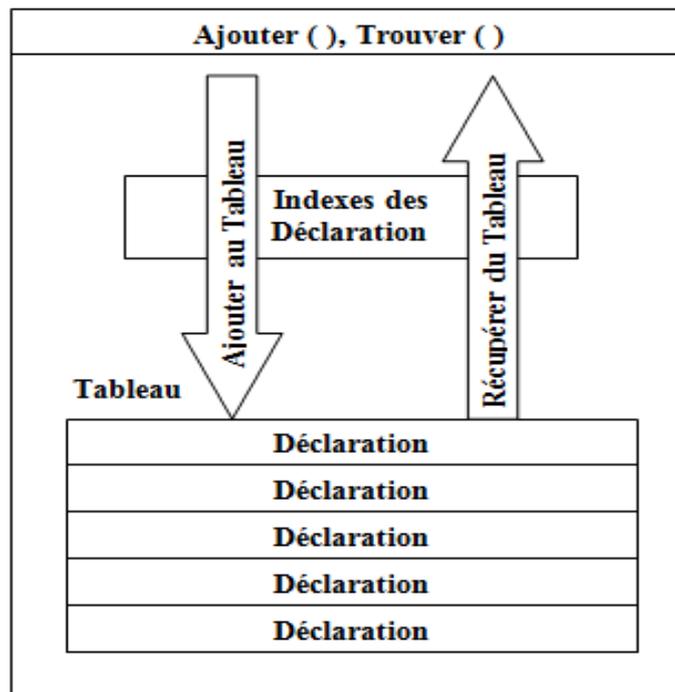


Figure. 50. Processus de fonctionnement de module MemModel (MemModel, http).

#### I.4.1. Intégration de RAP dans l'application SoLearn

Après avoir choisi le moteur d'inférence qui va effectuer les raisonnements logiques nécessaires, ce dernier doit être intégré dans le système. Il permet d'interpréter les annotations des ressources utilisées par SoLearn et raisonner en utilisant l'ontologie de l'apprentissage personnalisé que nous avons construit précédemment. La figure 51 est un extrait du code

source de l'application qui montre comment intégrer le package RAP pour pouvoir manipuler ses classes et les différentes fonctionnalités qu'il propose.

```

37
38 function useRap() {
39     require_once RDFAPI_INCLUDE_DIR . 'RdfAPI.php';
40     require_once RDFAPI_INCLUDE_DIR . PACKAGE_INFMODEL;
41 }
    
```

Figure. 51. Intégration du package de RAP dans les modules de SoLearn

La figure 52 présente une partie de code qui montre l'utilisation des fonctionnalités de RAP pour ajouter un utilisateur à une communauté d'apprentissage.

La fonction du moteur d'inférence ne se contente pas seulement à la création et l'extraction des triplets RDF. Mais, elle permet l'interprétation des ressources en s'appuyant sur leurs descriptions sémantiques d'une part et l'ontologie du domaine d'autre part. L'utilisation du moteur d'inférence RAP, revient au fait qu'il soit le seul outil adapté au langage de programmation PHP.

```

1653 // ajouter un utilisateur à une communauté d'apprentissage
1654 public function addToInterests($id) {
1655     $infos = $this->infos;
1656     User::addPointsToUser($id, 8);
1657     $query = "
1658         INSERT INTO interest(firstUser, secondUser) VALUES ('{$infos['id']}', '{$id}')
1659     ";
1660     $user = new User($id);
1661     $userInfo = $user->infos;
1662     $newsText = "a ajouté un interet";
1663     $newsId = $this->addNews($newsText, '', 0, 0, 0, 0, 0);
1664     $model = ModelFactory::getDefaultModel();
1665     $userResource = new Resource(ONTOLOGIE . $infos['category'] . $infos['id']);
1666     $interestResource = new Resource(ONTOLOGIE . $userInfo['category'] . $userInfo['id']);
1667     $eventResource = new Resource(ONTOLOGIE . "Event" . $newsId);
1668     $model->load("Resources/Users/" . $userInfo['category'] . $userInfo['id'] . ".rdf", "rdf");
1669     $model->add(new Statement($interestResource, new Resource(ONTOLOGIE . 'madeInterest'), $userResource));
1670     $model->saveAs("Resources/Users/" . $userInfo['category'] . $userInfo['id'] . ".rdf", "rdf");
1671     $model = ModelFactory::getDefaultModel();
1672     $model->load("Resources/Users/" . $infos['category'] . $infos['id'] . ".rdf", "rdf");
1673     $model->add(new Statement($userResource, new Resource(ONTOLOGIE . 'doEvent'), $eventResource));
1674     $model->add(new Statement($userResource, new Resource(ONTOLOGIE . 'hasInterest'), $interestResource));
1675     $model->saveAs("Resources/Users/" . $infos['category'] . $infos['id'] . ".rdf", "rdf");
1676     $newsText = new Literal($newsText);
1677     $newsText->setDatatype("http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string");
1678     $time = new Literal(Date('Y-m-d H:i:s'));
1679     $time->setDatatype("http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime");
1680     $model = ModelFactory::getDefaultModel();
1681     $model->add(new Statement($eventResource, new Resource(ONTOLOGIE . 'hasValue'), $newsText));
1682     $model->add(new Statement($eventResource, new Resource(ONTOLOGIE . 'atTime'), $time));
1683     $model->add(new Statement($eventResource, new Resource(ONTOLOGIE . 'doneBy'), $userResource));
1684     $model->saveAs("Resources/Events/event" . $newsId . ".rdf", "rdf");
1685     return mysql_query($query);
1686 }
    
```

Figure. 52. Partie de code qui montre l'utilisation des fonctionnalités de RAP.

La figure 53 représente un bout de code extrait du module de Recherche Sémantique de Ressources. Ce dernier montre l'utilisation de l'ontologie avec les nouveaux faits inférés et l'utilisation d'une requête SPARQL pour trouver les ressources d'apprentissage adéquates au besoin d'un apprenant. Nous pouvons clairement constater que l'outil cherche sa représentation hiérarchique dans l'ontologie afin d'interpréter son sens.

```

1 <?php
2 require_once 'globals.php';
3 include_once 'User.class.php';
4 connectToDb();
5 useRap();
6 require_once 'errorHandler.php';
7 @session_start();
8 if ($_SESSION) {
9     $currentUser = new User($_SESSION['id']);
10    $currentUserInfos = $currentUser->infos;
11 }
12 $query = "
13 SELECT ontologieValue FROM keyword
14 WHERE '{$_GET['search']}' LIKE CONCAT('% ', label, ' %') OR '{$_GET['search']}' LIKE CONCAT('% ', ontologieValue, ' %')
15 OR '{$_GET['search']}' LIKE CONCAT('% ', label) OR '{$_GET['search']}' LIKE CONCAT('% ', ontologieValue)
16 OR '{$_GET['search']}' LIKE CONCAT(label, ' %') OR '{$_GET['search']}' LIKE CONCAT(ontologieValue, ' %')
17 OR '{$_GET['search']}' LIKE label OR '{$_GET['search']}' LIKE ontologieValue
18 LIMIT 0, 1
19 ";
20 $result = mysql_query($query);
21 $model = ModelFactory::getDefaultModel();
22 $keywords = '';
23 if ($row = mysql_fetch_array($result)) {
24     $model->load('Resources/inferedOntologie.owl', 'rdf');
25     $sparqlQuery = "
26 PREFIX pl: <" . ONTOLOGIE . ">
27 SELECT ?learningObject
28 WHERE {
29     ?learningObject ?relation pl:" . $row[0] . "
30 }
31 ";
32 $res = $model->sparqlQuery($sparqlQuery);
33 }
34 }
    
```

Figure. 53. Code extrait du module de Recherche Sémantique dans SoLearn

La figure 55 montre les fichiers générés automatiquement après l'utilisation du système, nous trouvons par exemple : les utilisateurs enregistrés ou chacun est représenté par un fichier RDF (qui représente son modèle), les différents événements déclenchés par les différents utilisateurs (où chaque événement enregistre le type de l'action, l'utilisateur qui fait l'action, la date, etc.), les tags, les commentaires, les messages, les documents, etc.

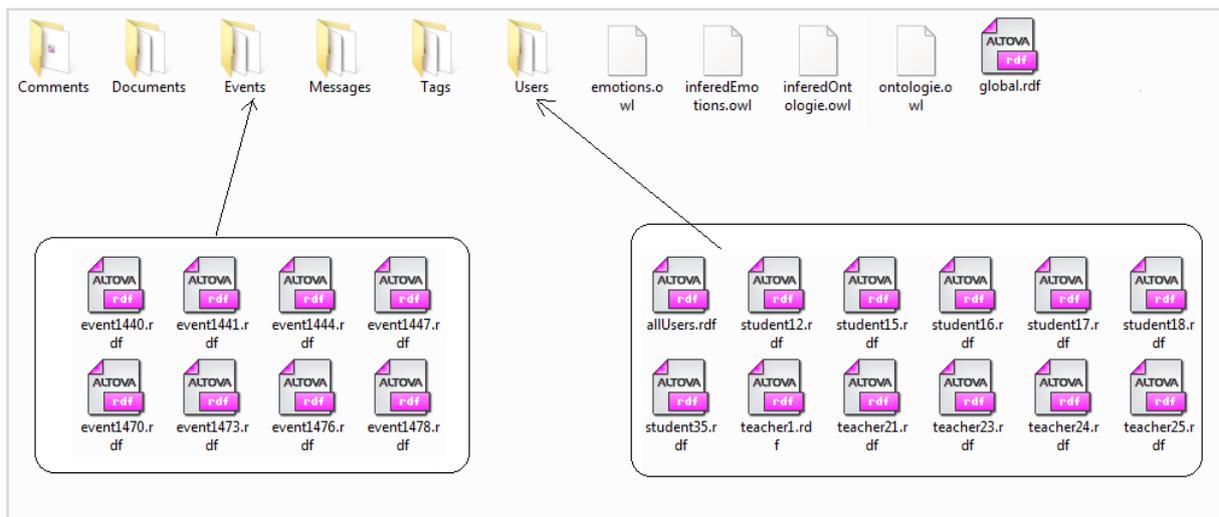


Figure. 54. Les Fichiers générés après l'utilisation du système.

La figure 55 montre un fichier RDF d'un utilisateur et d'un événement.

```

16 <rdf:Description rdf:about="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#student18">
17   <pl:hasFamilyName rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Ali</pl:hasFamilyName>
18   <pl:hasFirstName rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Salim</pl:hasFirstName>
19   <pl:hasEMail rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">ali.salim@live.fr</pl:hasEMail>
20   <pl:studiesIn rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">08 mai 1945 -Guelma-</pl:studiesIn>
21   <pl:hasLevel rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">L1</pl:hasLevel>
22   <pl:wantToLearn rdf:resource="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#Pascal"/>
23   <pl:receive rdf:resource="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#Event1440"/>
24   <pl:friendOf rdf:resource="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#teacher1"/>
25   <pl:publish rdf:resource="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#Book43"/>
26   <pl:doEvent rdf:resource="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#Event1022"/>
27   <pl:doEvent rdf:resource="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#Event1024"/>
28   <pl:putTag rdf:resource="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#Tag86"/>
29   <pl:use rdf:resource="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#Algorithmea"/>
30   </rdf:Description>
31 </rdf:Description>

```

```

15 <rdf:Description rdf:about="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#Event1440">
16   <plhasValue rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">a ajouté un interet</plhasValue>
17   <platTime rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime">2013-09-06 19:09:37</platTime>
18   <pldoneBy rdf:resource="http://www.solearn.net/resources/LearningObjects#student28"/>
19 </rdf:Description>

```

Figure. 55. Fichier RDF d'un utilisateur et d'un Evénement.

### I.5. Présentation de système

Dans cette partie nous allons donner une démonstration des différentes fonctionnalités de notre système suivant un scénario d'utilisation.

La première chose à faire avant d'utiliser le système SoLearn est l'inscription.



Figure. 56. La page d'accueil de SoLearn.

Si un utilisateur possède déjà un compte alors il peut connecter directement utilisant son identifiant (Adresse électronique, pseudo ou numéro de téléphone) et son mot de passe, sinon

l'utilisateur peut facilement créer son compte. La première étape consiste à remplir le formulaire de la page d'accueil, après le système demande de l'utilisateur de donner des informations additionnelles comme le domaine de recherche, le niveau d'étude, la personnalisation de confidentialité, etc.



Figure. 57. Procédure d'inscription sur SoLearn.

La deuxième chose à faire après l'inscription est de rechercher les collaborateurs, SoLearn propose un moteur de recherche simple et facile à utiliser. D'un autre côté le système recommande automatiquement autres utilisateurs en prenant en compte plusieurs facteurs comme le niveau d'étude, les domaines d'apprentissage, l'appartenance à la même communauté sociale, etc.

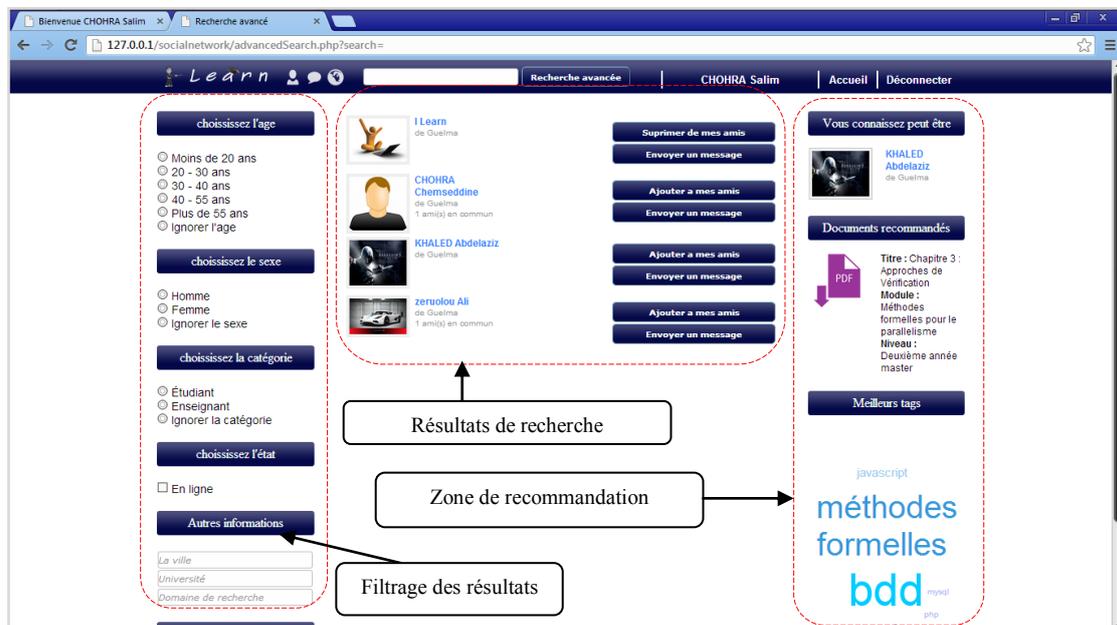


Figure. 58. Recherche des utilisateurs.

Après la construction de son réseau social (Réseau d'amitié et réseau d'intérêt), l'utilisateur va accéder aux autres fonctionnalités de système comme la génération de contenu, et l'accès aux ressources pédagogiques, les services de communication, etc.

### 1.5.1. Services de communication

Le système SoLearn offre deux sortes de services de communication entre les utilisateurs, soit par échange des messages ou bien à travers le service de discussion instantanée. Le service de messagerie propose à l'utilisateur d'échanger des messages texte qui peuvent être envoyés à un seul utilisateur ou bien distribués et peuvent même contenir des pièces jointes.

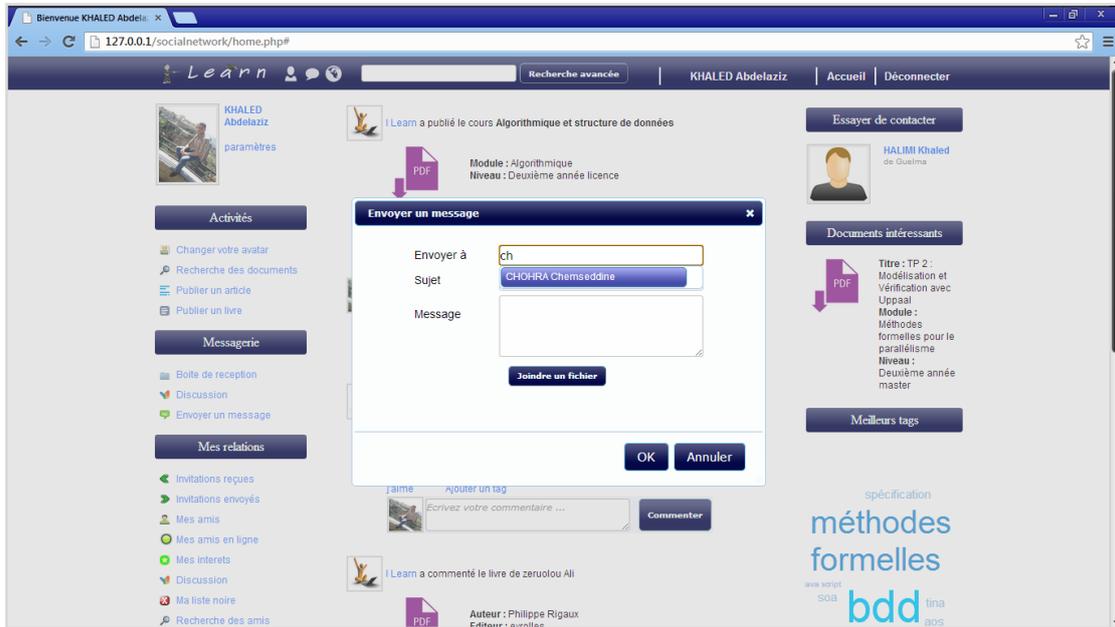


Figure. 59. Envoyer un message.

La discussion instantanée est une sorte de communication entre les collaborateurs en ligne par échange des messages en temps réel.

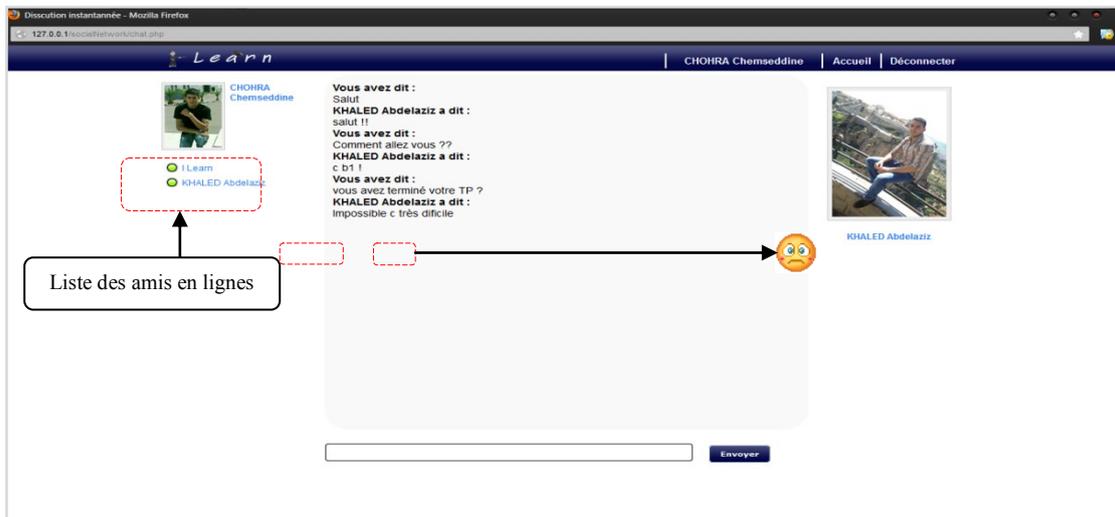


Figure. 60. Discussion instantanée.

### 1.5.2. Génération et accès au contenu

Un autre service de notre système est la gestion de contenu pédagogique, comme il peut rechercher et télécharger des documents, l'apprenant peut aussi créer son propre contenu.

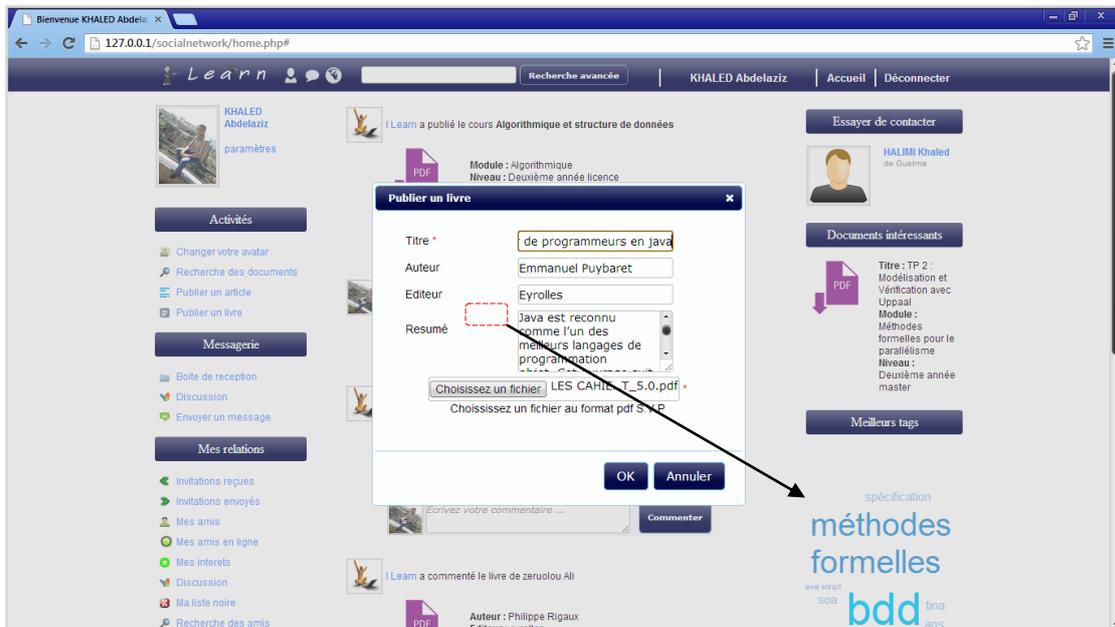


Figure. 61. Publication des documents.

Le service de recherche des documents donne à l'utilisateur la possibilité d'accéder au contenu pédagogique à n'importe quel moment, en plus notre moteur de recherche offre une grande réactivité avec l'utilisateur, parce que l'ontologie fournit au système la possibilité de comprendre facilement les besoins et les différents domaines de l'apprenant.

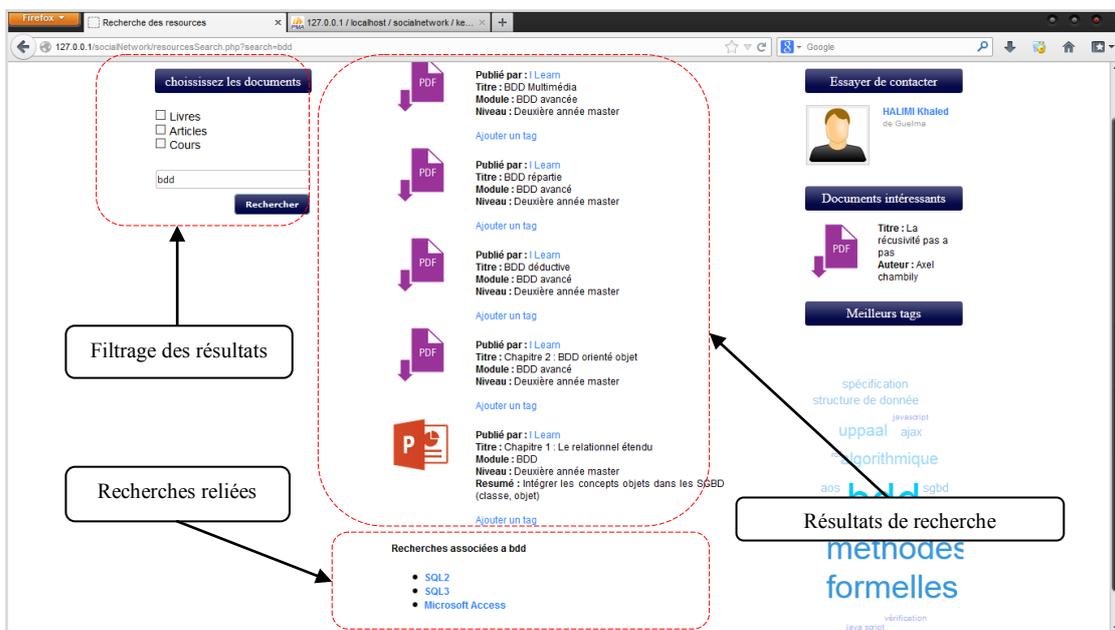


Figure. 62. Recherche des ressources.

Aussi pour rester en contact avec les collaborateurs et renseigné des actualités dans la zone d'intérêt, le système SoLearn offre à l'utilisateur un fil d'actualités pour afficher les événements récents de ses collaborateurs.

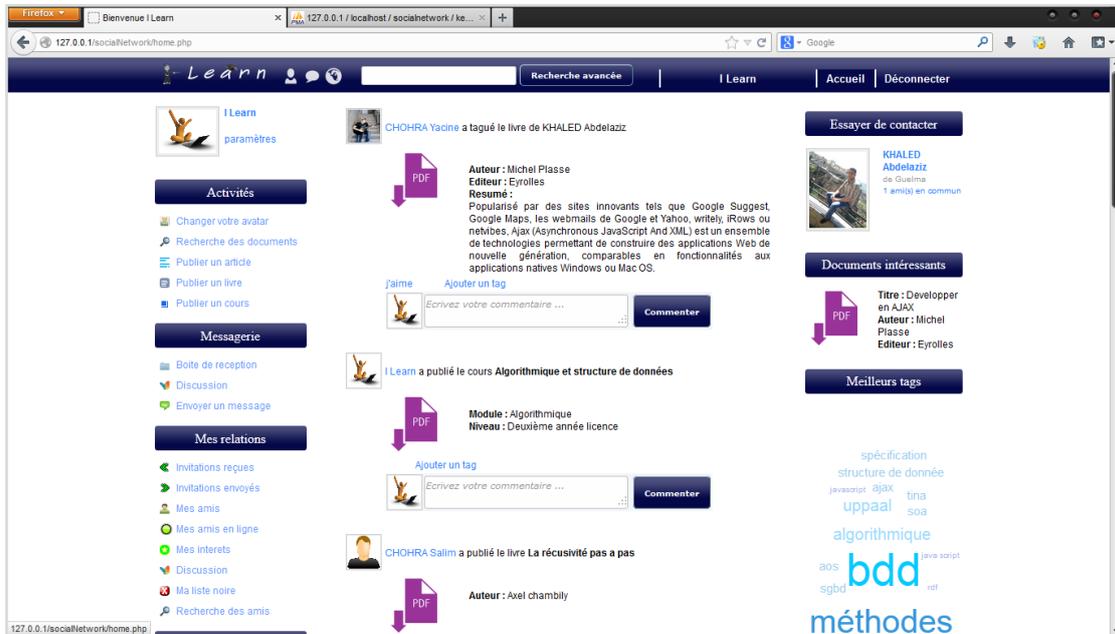


Figure. 63. Fil d'actualités.

### 1.5.3. Le profil utilisateur

Pour bien connaître ses collaborateurs, l'utilisateur peut visiter les différents profils (si les paramètres de confidentialité lui permettent), dans un profil utilisateur nous pouvons trouver les coordonnées personnelles (nom, prénom, etc.), les activités et aussi les relations sociales.

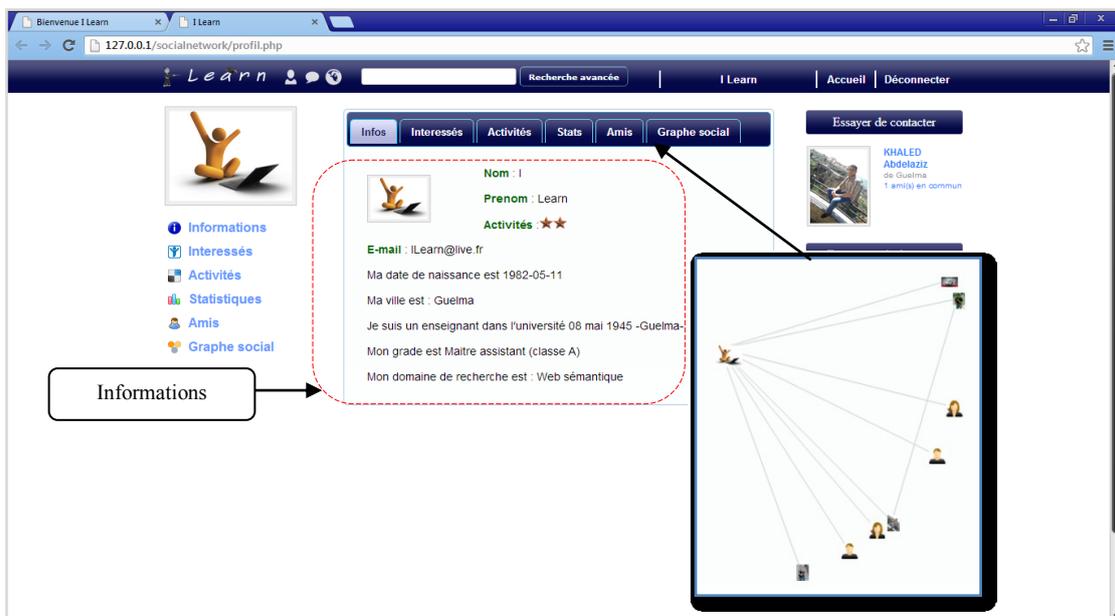


Figure. 64. Profil d'un utilisateur.

Sur l'onglet « Statistiques » nous trouverons les statistiques des activités d'un utilisateur (publications, tags, messages, etc.) et nous trouverons aussi des statistiques sur les domaines d'apprentissage qui l'intéressent.

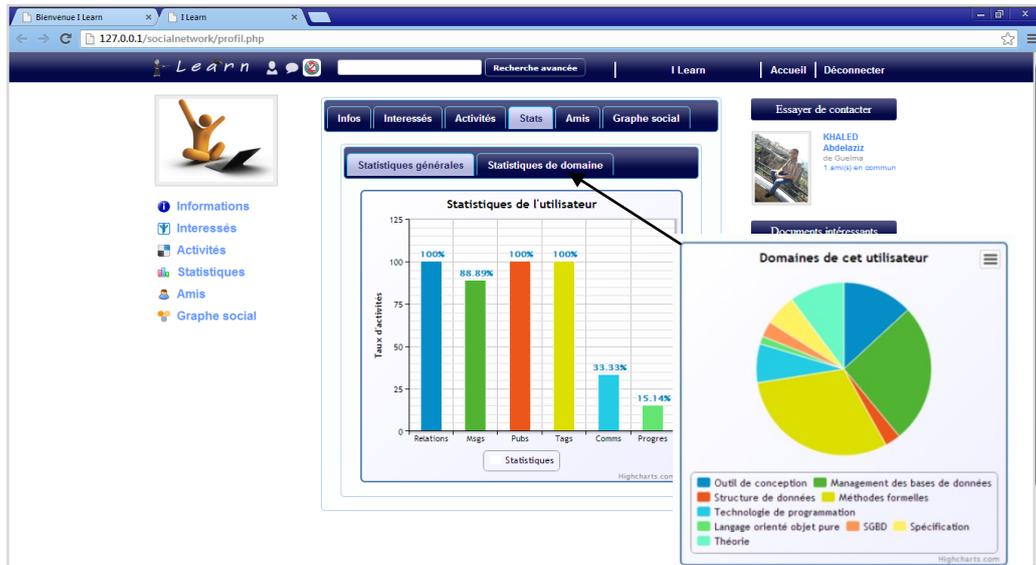


Figure. 65. Statistiques d'un utilisateur.

#### I.5.4. Analyse de réseau d'apprentissage

L'analyse de réseau d'apprentissage est une fonctionnalité très importante dans notre système. Afin de faire l'analyse du réseau, nous utilisons les algorithmes et les formules de calcul (Calcul de centralité et détection de communauté) pour voir les résultats d'application sur notre réseau.

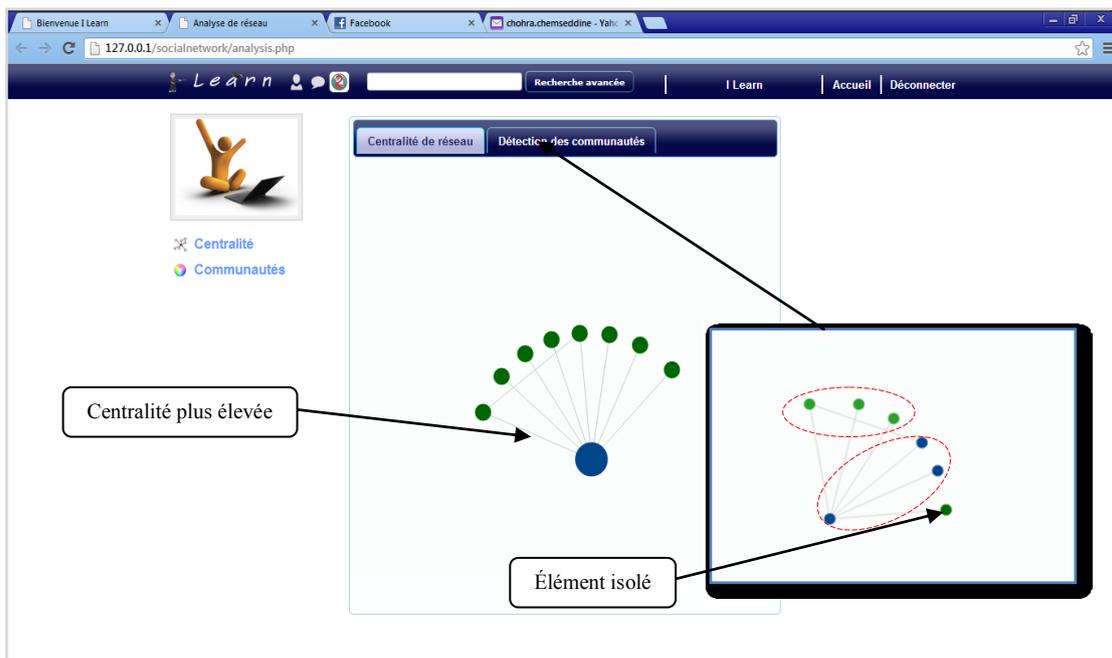


Figure. 66. Analyse de réseau.

## I.6. Les valeurs et les fonctionnalités ajoutées de SoLearn

Dans cette section, nous présentons comment SoLearn avec l'intégration des technologies du web social et sémantique offre des améliorations pour le processus de personnalisation, tout en mettant les apprenants en contrôle de leur processus d'apprentissage:

- Accès rapide aux ressources d'apprentissage, grâce au mur du système: le mur de SoLearn est une métaphore de la salle de classe où les enseignants et les apprenants peuvent publier les objets d'apprentissage, poser des questions, commenter et échanger des idées sur les cours. Dans cet espace, les apprenants peuvent trouver et télécharger des cours publiés par les enseignants et les autres apprenants, être avertis immédiatement sur toutes les mises à jour, ajouter des statuts, commenter les autres membres et également ajouter des tags.
- Le partage et la réutilisation des ressources, grâce à la représentation sémantique de connaissances.
- Le Tagging collaboratif.
- La possibilité de se regrouper sur des réseaux sociaux d'apprentissage.
- La recherche sémantique: améliore la précision de la recherche par la compréhension de l'intention de l'utilisateur et la signification contextuelle des termes.
- L'approche de l'évaluation de l'apprenant fournie par SoLearn donne un grand soutien pour les enseignants, car ils définissent facilement –avec de simples clics– le modèle d'évaluation qui est basé sur une représentation sémantique, alors le système va automatiquement compléter le processus et prend le contrôle les apprenants. L'approche d'évaluation est plus efficace parce qu'elle reflète une compréhension de l'apprentissage, il implique non seulement ce que les apprenants savent, mais aussi ce qu'ils peuvent faire avec ce qu'ils savent; elle implique non seulement des connaissances et des capacités, mais aussi les valeurs, les attitudes et les habitudes de réflexion.
- La prédiction du comportement des utilisateurs dans SoLearn va certainement donner un grand soutien pour les étudiants et les guider dans leurs processus d'apprentissage (par des recommandations intelligentes), ils ne se sentent pas seuls et isolés, ils vont être motivés à participer et à collaborer.
- Les relations symétriques: SoLearn transmet le rôle des apprenants des consommateurs passifs à des créateurs actifs de la connaissance, à la fois les enseignants et les apprenants peuvent créer la connaissance et de la partager.
- L'estimation automatique des styles d'apprentissage, qui permet de fournir à l'apprenant les meilleurs parcours d'apprentissage et la meilleure personnalisation.

## I.7. Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre quelques fonctionnalités de notre environnement SoLearn, produit de l'alliance du web sémantique et le web social pour un objectif de la personnalisation de l'apprentissage, où nous avons présenté quelques services tels que: la représentation de connaissance par protégé, l'intégration et l'utilisation du moteur d'inférence RAP, etc. Nous avons présenté aussi un service de recommandation des objets d'apprentissage, des outils de collaboration (chat, messagerie, etc.).

Le prototype développé utilise les avantages de la technologie du Web sémantique telle que : la réutilisation, où il est possible d'incorporer facilement les ressources d'apprentissage développées ailleurs. Il n'y a aucun besoin pour modifier l'environnement, c'est très important puisqu'il y a plusieurs environnements d'apprentissage qui ont des objectifs particuliers, autour de ça, l'un ou l'autre ne peut pas ou ne permet pas le changement pour être intégré dans une plateforme d'apprentissage uniforme.

Nous avons rencontré plusieurs problèmes et plusieurs difficultés durant le développement de ce prototype. La première des choses que nous devons signaler ici est que le l'apprentissage personnalisé et la technologie du web sémantique sont vraiment deux domaines différents et complètement distincts. Le fait de dégager les services d'un environnement d'apprentissage personnalisé qui exploitent et bénéficient des avantages du web sémantique est un défi majeur qui délimite le chemin pour le développement de ce type de systèmes. En outre, la complexité de l'intégration des règles d'inférence sémantique automatiquement dans le processus de personnalisation a été l'un des principaux obstacles qui a empêché nous à développer le reste de services.

---

## - Chapitre 6 -

# Evaluation et Retour d'Expérience

“ *C'est par l'expérience que progressent la science et l'art* ”

*Aristote*

# I. Evaluation et retour d'expérience

---

I.1. INTRODUCTION .....	175
I.2. EXPERIENCE 1 : TEST D'UTILISABILITE .....	175
I.3. EXPERIENCE 2: LE WEB SOCIAL SEMANTIQUE ET LA PERSONNALISATION .....	180
I.4. EXPERIENCE 3: LE COMPORTEMENT ET LES STYLES D'APPRENTISSAGE .....	181
I.5. CONCLUSION .....	187

---

## I.1. Introduction

Nous avons effectué une étude expérimentale au sein département d'informatique de l'Université de Guelma (Algérie) avec un ensemble d'apprenants et d'enseignants. Nous présentons dans ce chapitre trois expérimentations. La première expérience présente le test d'utilisabilité de SoLearn. La deuxième consiste à utiliser les aspects du web sémantique social pour améliorer la personnalisation d'apprentissage, c'est à dire pour voir si elles vont affecter positivement (ou non) la qualité du processus de personnalisation. Tandis que, l'objectif de la troisième expérience est de déterminer s'il ya une relation entre le style d'apprentissage et le comportement de l'apprenant (analysé par les techniques de WSS, à savoir: le score obtenu, le nombre de demandes d'aides, le nombre des erreurs faites, le temps de travail, l'ajout de ressources, de commentaires, de tags, etc.). Où nous présentons une évaluation de la précision de l'approche en comparant le style d'apprentissage détecté par le système avec le style d'apprentissage obtenu par le test MBTI. Un prototype de SoLearn (en test alpha) est accessible via cette URL: <http://solearn.labstic.com>

## I.2. Expérience 1 : Test d'utilisabilité

Lors de l'implémentation de SoLearn, nous avons appliqué quelques recommandations pour faciliter au maximum son utilisation, où nous avons insisté sur :

- La création d'une interface utilisateur simple et claire, sans multitudes d'options supplémentaires.
- La création d'une interface utilisateur plus visuelle que possible sans graphiques exagérés.
- La création d'une interface familière aux utilisateurs, similaire aux interfaces des réseaux sociaux.
- Le positionnement des outils de navigation dans des positions particulières et clairement définies.
- La simplification du langage et les explications utilisées.

L'utilisabilité est un facteur important pour l'évaluation des systèmes d'e-learning. Malgré les progrès récents des technologies utilisées dans la conception des systèmes d'e-learning, une méthode d'évaluation consolidée pour les applications d'e-learning n'est pas disponible (Ardito et al., 2006). Pour l'utilisateur d'un logiciel interactif, l'utilisabilité est l'un des principaux aspects du système.

L'utilisabilité est un attribut de la qualité qui évalue la facilité de l'utilisation de l'interface utilisateur. Le mot "utilisabilité" se réfère également à des méthodes pour améliorer la facilité d'utilisation au cours du processus de conception.

Selon la norme ISO 9241-11 l'utilisabilité est définie comme suit : "*Un système est utilisable lorsqu'il permet à l'utilisateur de réaliser sa tâche avec efficacité, efficience et satisfaction dans le contexte d'utilisation spécifié*". En d'autres termes, nous considérons qu'un logiciel est utilisable lorsque l'utilisateur peut réaliser facilement ses tâches (efficacité), quand il utilise le minimum de ressources pour le faire (efficience) et quand il est satisfait lors de l'utilisation du système (satisfaction) (Jokela, 2003). Tester l'utilisabilité d'un système consiste alors de valider les trois critères suivants:

- L'efficacité : pour vérifier si l'utilisateur atteint ses objectifs.
- L'efficience: pour mesurer les ressources nécessaires pour atteindre les objectifs.
- Satisfaction : pour déterminer si le système est agréable à utiliser ou non.

Selon Nielsen (Nielsen, 1994) l'utilisabilité est définie avec cinq composants de qualité:

- L'Apprenabilité: facilité avec laquelle l'utilisateur peut prendre en main le logiciel et découvrir ses fonctionnalités
- L'Efficacité: pour mesurer la précision et le degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés, comment peuvent-ils rapidement effectuer des tâches?
- La Mémorabilité: comment les utilisateurs peuvent facilement rétablir la compétence après une période de non utilisation du logiciel?
- Les Erreurs: Combien d'erreurs les utilisateurs font? Quelle est la gravité de ces erreurs? Et comment peuvent-ils facilement se remettre des erreurs?
- La Satisfaction: Comment est-il agréable d'utiliser le système?

Pour tester les critères décrits ci-dessus nous avons travaillé avec 24 apprenants qui préparent le diplôme de licence en Informatique à l'université de Guelma (Algérie). Le test d'utilisabilité se passe dans une salle de travaux pratiques équipée par des postes de travail connecté à Internet. Chaque apprenant est affecté à un poste de travail sur lequel il peut se connecter au SoLearn.

### I.2.1. Déroulement de test

Le test de l'utilisabilité s'est déroulé comme présenté dans le tableau 18.

Tableau. 18. Déroulement du test d'utilisabilité.

Critère à évaluer	Déroulement du test
<b>L'Apprenabilité</b>	L'instructeur explique aux apprenants les grandes lignes de la plupart des fonctionnalités de SoLearn sans entrer dans le détail, ensuite il les laisse travailler librement pour apprendre seule comment utiliser chaque fonctionnalité séparément.
<b>La Mémorabilité</b>	<p>-Le test se fait sur deux séances :</p> <p>Séance 1 : les apprenants sont invités à participer à une séance d'explication des fonctionnalités du SoLearn, surtout les nouvelles fonctionnalités, à savoir : le tagging, la recherche à travers la folksonomie, la recherche sémantique, comment se regrouper dans des réseaux sociaux, etc. la séance est animée par un instructeur qualifié.</p> <p>Séance 2 : Après une période de temps assez loin de la première séance, les apprenants sont invités à passer un test de mémorisation des concepts pris dans la première séance, l'instructeur donne les instructions aux apprenants et ces derniers doivent effectuer l'action dans les délais bien précisés par l'instructeur. Après chaque action, il passe et enregistre des notes sur chaque feuille d'observation des apprenants. Par exemple : l'instructeur demande aux apprenants de :</p>

	Ajouter une ressource d'apprentissage dans 1 minute ; puis ajouter des membres à son réseau social dans 2 minutes ; ensuite, commenter les recommandations dans 30 secondes, etc.
<b>L'Efficacité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Présentation de l'environnement graphique et de l'intérêt du système SoLearn par l'instructeur ;</li> <li>- Les apprenants explorent les différentes fonctionnalités ;</li> <li>- Les apprenants sont invités à : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajouter des ressources d'apprentissage ;</li> <li>- Chercher des collaborateurs potentiels ;</li> <li>- Envoyer les invitations de collaboration ;</li> <li>- Envoyer des messages ;</li> <li>- Alimenter la folksonomie par des nouveaux tags ;</li> <li>- Commenter, taguer et faire des j'aime sur les ressources et sur les commentaires des autres;</li> <li>-</li> </ul> </li> </ul>
<b>La Satisfaction</b>	<p>Les apprenants sont invités à :</p> <p><b>Etape 01 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trouver des collaborateurs aléatoires par le moteur de recherche ;</li> <li>- Consulter les intérêts des collaborateurs trouvés ;</li> </ul> <p><b>Etape 02 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser le maximum des fonctionnalités de SoLearn ;</li> <li>- Consulter leurs intérêts détectés automatiquement par le système ;</li> <li>- Consulter la liste des collaborateurs recommandés automatiquement par le système ;</li> <li>- Consulter les intérêts des collaborateurs recommandés ;</li> </ul> <p><b>Etape 03 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparer leurs intérêts avec ceux des collaborateurs trouvés après la recherche simple, ensuite avec les collaborateurs recommandés par le système.</li> <li>- Tirer des conclusions.</li> </ul>

### I.2.2. Résultats du questionnaire et discussion

Dans le tableau 19 nous présentons les réponses des élèves (n = 24) aux questions du questionnaire.

Tableau. 19. Synthèse des résultats du questionnaire

Nom:.....		Evaluation		
	Questions	Beaucoup	Pas trop	Pas du tout
1	Appréciez-vous le mur de SoLearn?	17	7	0
2	L'interaction était facile au début?	18	6	0
3	Pensez-vous que le mur est une bonne idée de travailler en collaboration?	21	2	1
4	Est-il intéressant de trouver des objets d'apprentissage et des utilisateurs en fonction des tags ?	11	8	5
5	Est-ce que la folksonomie vous donne une vue réelle sur ce qui se passe dans le système?	8	9	7
6	Avez-vous utilisé le nuage de tag ?	13	6	5

7	Pensez-vous que l'apprentissage avec votre propre réseau est une bonne idée?	16	8	0
8	Préférez-vous à ne voir que les mises à jour de votre réseau? Sans voir les mises à jour entières du système?	9	6	9
9	Est-il intéressant d'être au courant de tout ce qui se passe dans le système?	12	7	5
10	Afficher vos intérêts est-il une sorte d'espionnage ou une violation de la vie privée?	5	7	12
11	Est-il intéressant de montrer vos statistiques dans votre profil?	14	3	7
12	Avez-vous appréciez les notifications du système?	21	3	0
13	Avez-vous aimé l'apprentissage dans un contexte social?	17	5	2
14	Pensez-vous que le système fournit des recommandations utiles ?	19	4	1
15	Avez-vous marqué (tagué) un objet d'apprentissage ?	14	7	3
16	Avez vous cliquez sur "j'aime" pour objet d'apprentissage ?	23	1	0
17	Avez-vous suivi un profil ?	09	10	5
18	Avez-vous fait des commentaires sur un objet d'apprentissage ou sur un autre commentaire?	9	11	4
19	Pensez-vous que les commentaires sont une bonne idée pour améliorer l'apprentissage et la collaboration?	8	11	5
20	Est-il facile de trouver toutes les actions effectuées par un utilisateur?	17	5	2
21	Avez-vous senti isolé dans certains moments?	7	9	8
22	Comment évaluez-vous la recommandation des utilisateurs?	17	7	0
23	Comment évaluez-vous la recommandation des ressources?	17	6	1
24	Pensez-vous que les utilisateurs recommandés sont vraiment semblables à vous?	14	8	2
25	Pensez-vous que les ressources recommandées sont conformes aux vos besoins?	9	13	2
26	Comment trouvez-vous le moteur de recherche sémantique?	17	6	1
27	Est-ce que les nouveaux concepts inférés sont proches de votre première requête?	18	6	0
28	Sentez-vous à l'aise avec les recommandations?	16	7	1
29	Avez-vous apprécié les recommandations du système?	14	7	0
30	Pensez-vous que le système est personnalisé en fonction de vos besoins et vos préférences?	13	7	3

Il ya un accord générale que l'un des plus gros problèmes des environnements d'e-learning est le problème de *technicité* (qui fait référence à la nécessité de compétences techniques) qui rend difficile l'utilisation des systèmes d'apprentissage pour les enseignants et les étudiants, ce qui signifie que les utilisateurs de ces systèmes vont se concentrer sur la façon d'apprendre comment utiliser le système et de ne pas se concentrer sur la façon d'utilisation du système pour apprendre, c.-à-d. sur le processus d'apprentissage lui-même; de sorte que, pour réduire l'effet négatif de ce problème, nous avons proposé de mettre en œuvre un système qui ressemble à un réseau social (beaucoup plus précisément à Facebook), sur la base que les apprenants de l'ère numérique ont grandi avec l'internet et qu'ils participent massivement aux

réseaux sociaux, et sur la base des statistiques fournies sur le site Facebook (Utilisateurs actifs mensuels: 1,441 milliards, Temps passé sur Facebook : 6h45 par mois en moyenne, Connexions entre amis : 150 milliards, etc.) ("Facebook", n.d.). A partir de ces statistiques, nous avons constaté qu'un très grand nombre de personnes sont familiers avec l'utilisation de la plupart des fonctionnalités de Facebook, donc nous avons supposé également que l'utilisateur de notre système peuvent facilement utiliser la plupart de ses fonctionnalités, et ce c'est qui a été effectivement, après deux semaines d'utilisation du système et après l'analyse des résultats du questionnaire, il a été établi que d'une part, les apprenants ont apprécié le premier prototype de système. En outre, les apprenants ont montré une grande concentration lors de l'utilisation du système. La majorité des apprenants ont également apprécié l'idée de mettre en place un environnement d'apprentissage qui ressemble à un réseau social (Facebook), ils ont utilisé le système facilement, même ils ont demandé d'implémenter d'autres options qui n'existent pas sur SoLearn, ils trouvent se familiariser avec l'utilisation de la plupart des fonctionnalités de SoLearn, ils trouvent aucun problème pour retenir comment utiliser les différentes fonctionnalités, et ils ont montré une grande efficacité lors de la réalisation des différentes tâches. Donc, à certaines mesures l'apprenabilité, la mémorabilité et l'efficacité de SoLearn étaient largement acceptées par la majorité des apprenants (Halimi, et al., 2011).

Une autre caractéristique intéressante admirée par les apprenants était la possibilité de se regrouper dans un réseau social et de choisir librement les collaborateurs qu'ils aiment apprendre avec eux, ils ont bien également trouvé très intéressant d'être au courant de tout ce qui se passe dans le système. D'un autre côté, les enseignants ont apprécié tant l'idée du «Mur», ils approuvent que d'avoir des "commentaires" immédiats des apprenants et autres enseignants est une fonctionnalité innovante, où ils ont trouvé une simulation pour une vraie classe, où les enseignants et les apprenants peuvent discuter, débattre et poser des questions juste-à-temps sur les cours, ils ont aimé aussi :les recommandations précises de collaborateurs et les ressources d'apprentissage, la recherche sémantique, la possibilité de mettre les tags et les commentaires, etc. ils ont convenu que le système fournit un apprentissage assez personnalisé. D'un autre côté, les enseignants ont apprécié les idées de: l'inférence sémantique, l'évaluation des élèves en fonction de tags, le moteur de recherche sémantique, etc. ils ont convenu que le fait de déduire de nouvelles connaissances et de recommander des ressources liées vont certainement améliorer l'apprentissage et réduire "le sentiment d'isolement" des apprenants qui conduit à les motiver à participer et collaborer au cours du processus d'apprentissage. Donc, la plupart des utilisateurs de SoLearn ont été satisfaits de son utilisabilité.

Pour la question «Est-il intéressant de trouver des objets d'apprentissage et les utilisateurs en fonction des tags?» Les réponses ont été partagées, parce que les apprenants ne sont pas familiers avec ces concepts de l'étiquetage social et les folksonomies, puis ils n'arrivent pas à déterminer les résultats qu'ils attendaient du système. Pour la question «Afficher votre interaction est-il une sorte d'espionnage ou de la vie privée violation?» 50% des réponses des apprenants ont été positives, parce que la majorité d'entre eux considèrent que le fait de montrer leurs interactions avec le reste de la communauté où ils appartiennent est exactement

comme l'interaction dans une vraie salle de classe, où tout le monde peut voir, entendre et sentir les actions des autres, leurs gestes, leurs indices des échanges et leurs réflexions.

### I.3. Expérience 2: Le web social sémantique et la personnalisation

#### I.3.1. Méthodologie

Après deux mois du premier contact des apprenants avec le système ; nous avons invité vingt-quatre apprenants ( $n = 24$ ) pour participer à la deuxième expérimentation (nous avons utilisé un échantillonnage aléatoire simple où nous avons choisi au hasard 24 apprenants de 50 qu'ils représentent la totalité de la promotion de 3<sup>ème</sup> Licence Informatique. Les Sujets pris représentent des concepts généraux sur l'informatique. Depuis plus de deux mois, nous avons mené l'expérience sur deux étapes; la première a été faite sans l'intégration du web sémantique social dans les fonctionnalités du système, tandis que la deuxième étape a été réalisée avec l'utilisation des aspects du web sémantique social.

#### I.3.2. Vérification de l'hypothèse

Afin de montrer l'efficacité de notre approche dans le terme de l'amélioration de la personnalisation d'apprentissage, nous proposons de tester l'hypothèse suivante:

*Hypothèse nulle H0: l'utilisation du web sémantique social n'a pas d'effet sur l'amélioration de la personnalisation du système.*

Pour vérifier cette hypothèse et après avoir rassemblé toutes les questions du questionnaire distribué aux apprenants, nous avons comparé les moyennes des deux paires de valeurs (en situation avant et après) où les deux observations sont tirées des mêmes participants. Pour déterminer si la différence entre les deux moyennes est supérieure à zéro, nous avons utilisé le t-test le fait que la taille de l'échantillon est inférieure à 30. Après l'utilisation de package d'analyse d'Excel qui est gratuit et est livré avec Excel, nous avons obtenu les résultats suivants avec un niveau de confiance de 95%:

D'après les résultats du tableau 20, où  $t_{0,95} = \pm 2,33$ , la moyenne ( $M = 5,41$ , écart-type = 5,51,  $N = 24$ ) était significativement supérieure à zéro.  $t(23) = 4,81$ ,  $P_{\text{valeur}} = 0,00007$ , fournir la preuve que le web social sémantique est efficace dans l'amélioration de la personnalisation, un 95% IC sur la moyenne est (3,09; 7,75). Par conséquent, l'hypothèse nulle H0 est rejetée en faveur de l'hypothèse alternative.

Tableau. 20. Résultats de t-test (Halimi et al., 2014).

Situation	N	Moyenne	Ecart-type	T <sub>score</sub>	P <sub>valeur</sub>
Avant	24	9,29	5.51	4.81	0,00007
Après	24	14,70			

## I.4. Expérience 3: Le comportement et les styles d'apprentissage

### I.4.1. Méthodologie

Dans cette étape de l'expérimentation qui cherche à déterminer s'il y a une relation entre le style d'apprentissage et le comportement de l'apprenant, nous avons invité cinquante-quatre apprenants (n = 54) pour participer à l'expérimentation (nous avons utilisé un échantillonnage aléatoire simple où nous avons choisi au hasard 54 apprenants à partir de 100 apprenants (de la promotion Licence et Master). Nous considérons que l'échantillon est représentatif, car un groupe de 54 étudiants a été choisi aléatoirement qui représente 100 apprenants globalement, où chaque apprenant a une chance égale d'être choisi, avec un niveau de confiance de 95% et un intervalle de confiance de 9. Les sujets pris représentent des concepts généraux sur l'informatique. Nous avons réalisé l'expérience comme suit : nous avons demandé aux apprenants d'utiliser le système, en analysant leur comportement et en appliquant le modèle de Réseau Bayésien proposé, le système essaie de trouver le style d'apprentissage réel de chaque apprenant, par la suite, nous avons invité les apprenants à terminer le test MBTI (attentivement) afin de comparer les deux résultats.

### I.4.2. Procédure

Afin de réaliser l'objectif de cette expérience, nous avons travaillé de la manière suivante:

- 1 Collecter les préférences des utilisateurs (les objectifs, les stratégies, les médias, et les entités d'apprentissage, etc.).
- 2 Classifier les actions des utilisateurs selon le type de l'action (les commentaires, les messages, les invitations de collaboration, le nombre des erreurs, etc.).
- 3 Calculer le "degré de sociabilité " et "le degré de respect des règles" de chaque apprenant.
- 4 Evaluer les connaissances de l'apprenant et déterminer son niveau de maîtrise des différents domaines d'apprentissage.
- 5 Application du modèle de réseau bayésien proposé sur les résultats obtenus des étapes précédentes afin d'identifier le style d'apprentissage de chaque apprenant.
- 6 Comparer les résultats de l'approche proposée et les résultats obtenus par le test MBTI.

#### a) *Collecte des actions des utilisateurs*

Comme nous avons présenté précédemment, toutes les actions de l'apprenant sont stockées dans son modèle du profil (fichier RDF), où nous pouvons trouver son niveau de maîtrise des domaines, ses préférences (collaborateurs, le format préféré des ressources, etc.), ses objectifs d'apprentissage, etc.

#### b) *La classification des actions des utilisateurs*

Pour réaliser cette étape, nous avons besoin de classer les actions des utilisateurs et de calculer le taux de chaque action, à savoir lorsque l'apprenant utilise l'outil de commentaire, l'outil de messagerie, l'outil de demande des collaborations, l'outil de gestion des ressources, s'il travaille rapidement et s'il commet des erreurs, etc. Tableau 21, montre les actions de apprenants lors de l'utilisation du système, par exemple, il décrit combien de fois les

apprenants ont utilisé l'outil de commentaire, où 50% d'entre eux ont commenté 3 fois, 32% ont utilisé les commentaires deux fois, 8% ont commenté une fois et 2% n'ont jamais utilisé l'outil de commentaire, il indique également que près de 40% des apprenants ont ajouté des commentaires dans un premier temps et 60% d'entre eux ont commenté les commentaires des utilisateurs, ainsi de suite. Les figures [67, 68, 69, 70 et 71] montrent le pourcentage et le détail de chaque action.

Tableau. 21. Statistiques sur les actions des apprenants (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015).

Total des apprenants = 54			
Action	Nombre de fois	Pourcentage des apprenants qui effectuent l'action	Détail de l'Action
Commentaires	123	27[3]	50% des apprenants ont commenté 3 fois.
		17[2]	32% des apprenants ont commenté 2 fois.
		8[1]	13% des apprenants ont commenté 1 fois.
		2[0]	5% n'ont jamais commenté.
Messages	70	42[≥1]	77% des apprenants ont utilisé les messages plus d'une fois.
		12[0]	23% n'ont jamais utilisé les messages.
Invitations de Collaboration	57	38[1]	70% des apprenants ont utilisé les invitations de collaboration.
		16[0]	30% n'ont jamais utilisé les invitations de collaboration.
Ressources	147	27[4]	50% des apprenants ont traité avec les ressources 4 fois.
		16[2]	30% des apprenants ont traité avec les ressources 2 fois.
		7[1]	12% des apprenants ont traité avec les ressources 1 fois.
		4[0]	8% n'ont jamais traité avec les ressources
Temps de travail	54	19[oui]	35% des apprenants ont travaillé rapidement
		35[non]	65% des apprenants ont travaillé lentement.
Commètre les erreurs	54	36[non]	66% des apprenants n'ont pas commis des erreurs
		18[oui]	33% des apprenants ont commis des erreurs.

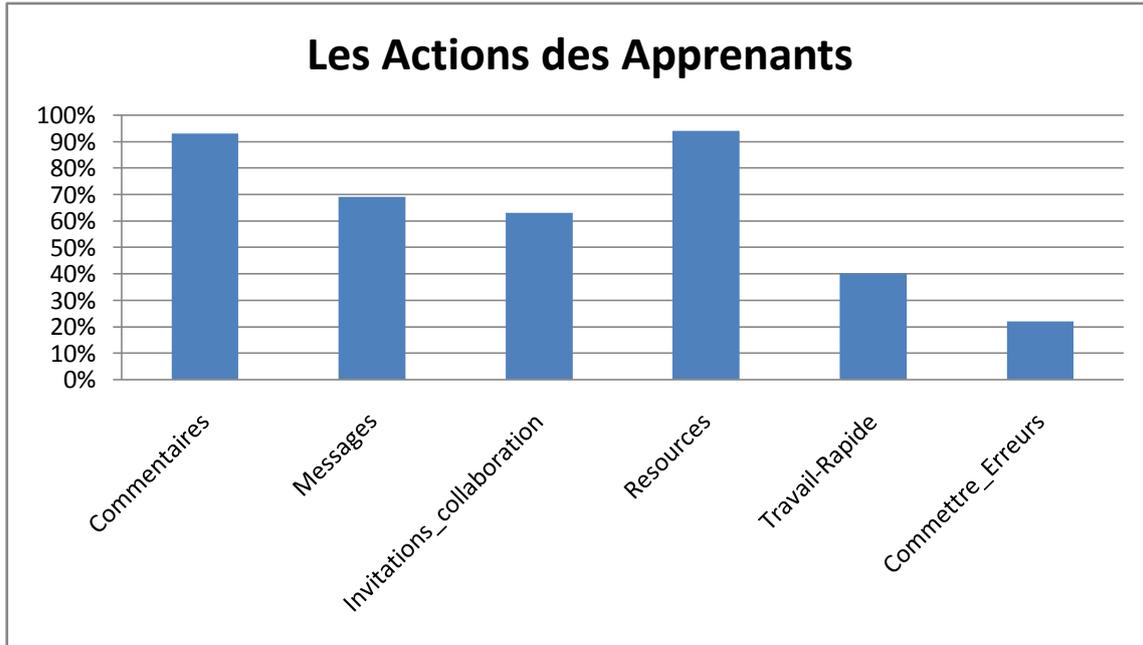


Figure. 67. Les actions des apprenants.

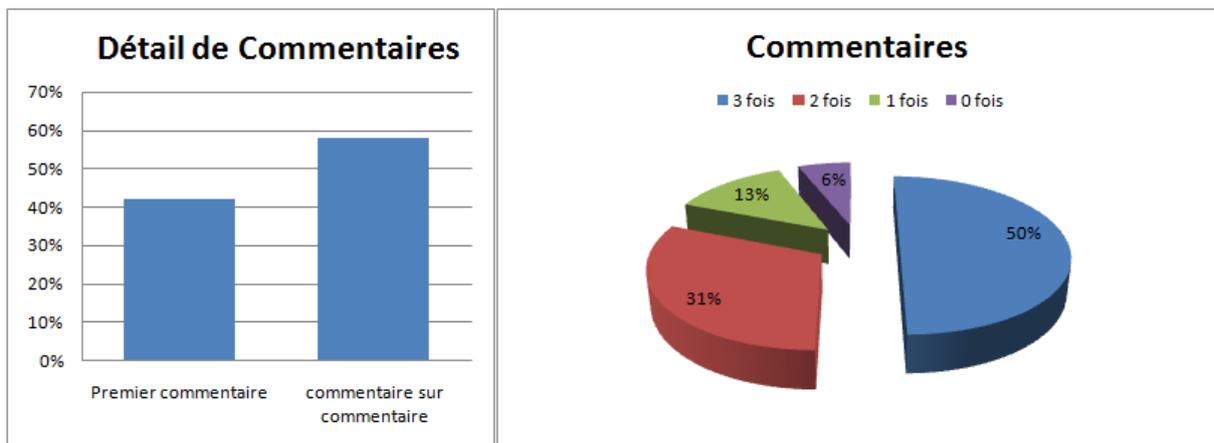


Figure. 68. L'utilisation des commentaires.

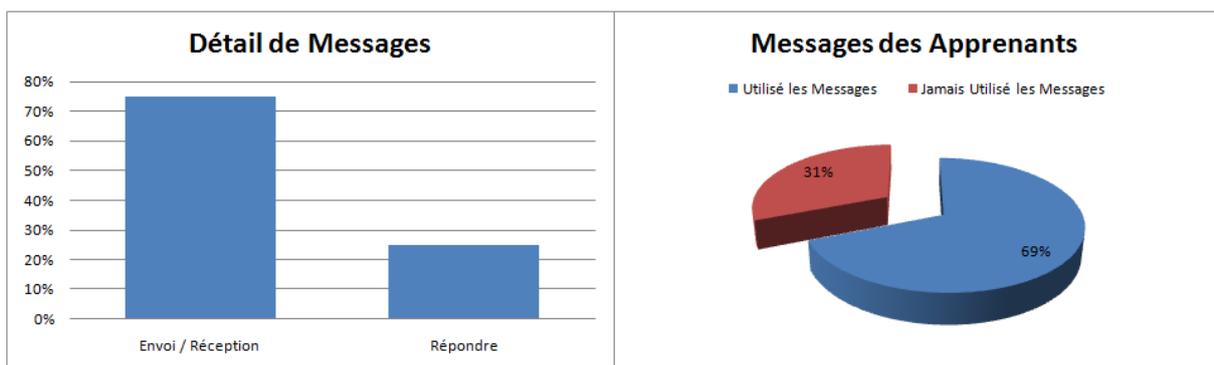


Figure. 69. L'utilisation des messages.

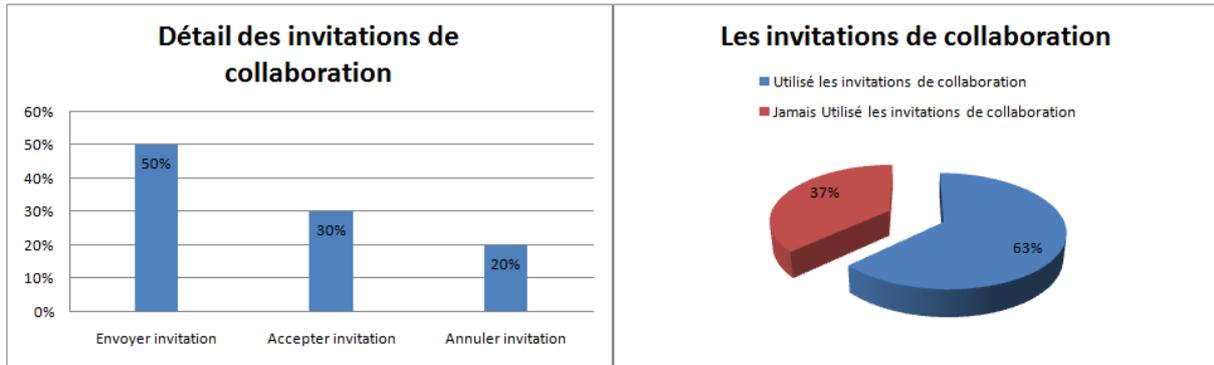


Figure. 70. L'utilisation des invitations de collaboration.

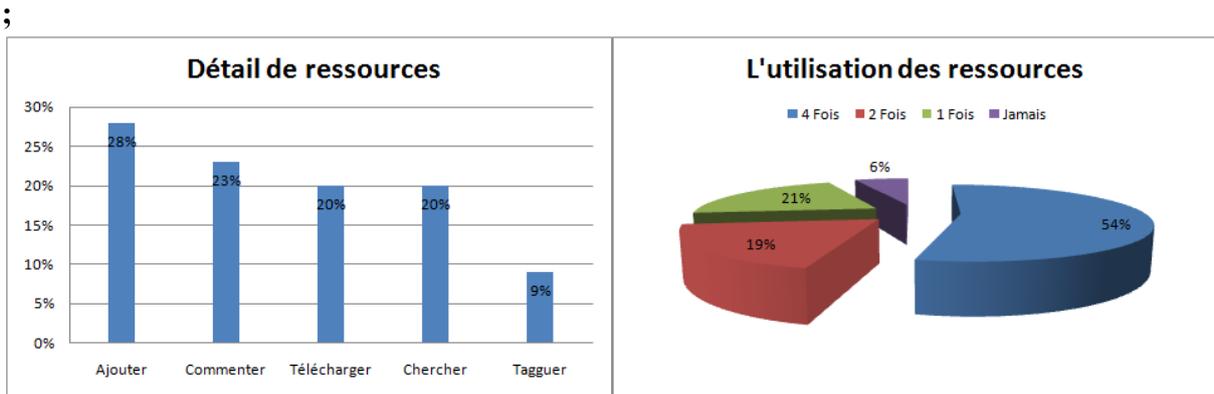


Figure. 71. L'utilisation des ressources.

c) *Calcul des variables*

c.1. Évaluation des connaissances de l'apprenant

Pour évaluer les connaissances de l'apprenant sur un objet d'apprentissage, il sera soumis à l'une des méthodes d'évaluation proposée par le système en fonction de son comportement primaire (un QCM par exemple), le score du test sera enregistré dans son profil (modèle de l'apprenant) avec ces valeurs possibles (élevé, moyen ou faible) comme présenté dans l'exemple suivant, interprété par le langage naturel comme suit: l'apprenant "Hanane" à un niveau "Elevé" sur "l'Exercice13".

```
[ ] <about> "Hanane".
[ ] a rdf:rdff ;
rdf:description [ a pl:hasScore ;
pl:hasScoreOn pl:exercice13 ;
rdf:parsetype "Resource" ;
pl:score "high" ] .
```

c.2. Calcul du degré de sociabilité et le respect des règles

Pour déterminer le degré de sociabilité de l'utilisateur  $U_i$ , nous devons calculer son taux d'interactions sociales par rapport aux actions des autres utilisateurs, c'est-à-dire, le nombre de fois que l'utilisateur effectue des actions sociales par rapport au nombre total d'actions

effectuées par tous les autres utilisateurs, par exemple, nous calculons le nombre de commentaires  $C$  d'un utilisateur  $U_i$  comme suit:

3. Nous récupérons le modèle RDF de l'utilisateur, comme présenté dans cet exemple :

```
pl:student1;
pl:putTag pl: PHP
pl:putComment pl: comment1
pl: friendOf pl: student3
pl: putComment pl: comment7
```

4. Nous utilisons la requête SPARQL suivante pour compter le nombre de commentaires de l'apprenant à partir de son modèle RDF.

```
SELECT DISTINCT ?comment
WHERE { ?x pl:putComment ?comment }
```

Pour calculer le degré de sociabilité, nous avons utilisé l'équation (6) comme suit :

$$DS(U_i) = \frac{E_i * 0.4 + A_i * 0.3 + J_i * 0.2 + C_i * 0.1}{\sum_{i=1}^n (E_i * 0.4 + A_i * 0.3 + J_i * 0.2 + C_i * 0.1)} \quad (\text{Eq. 6}).$$

Et pour calculer le degré de respect des règles de l'utilisateur  $U_i$ , nous avons utilisé l'équation (7) comme suit :

$$DRR(U_i) = \frac{AS * 0.5 + RT_1 * 0.3 + AR_1 * 0.2}{\sum_{i=1}^n (AS_i * 0.5 + RT_1 * 0.3 + AR_1 * 0.2)} \quad (\text{Eq. 7}).$$

#### d) *Estimation du style d'apprentissage*

Afin d'estimer le style d'apprentissage de l'apprenant, nous avons besoin de soumettre tous les résultats des étapes précédentes au modèle de réseau bayésien proposé, le modèle, détectera automatiquement le style d'apprentissage. Comme montré dans la figure 72, le score, les médias pédagogiques, le degré de respect des règles et le degré de sociabilité influencent le style d'apprentissage. Dans le cas où une croyance dans les probabilités de ces paramètres est mise en évidence le style d'apprentissage sera changé.

Tout d'abord, comme représenté sur la figure 72 et la figure 73, des valeurs égales pour les probabilités de nœuds indépendants sont données. Ensuite, les valeurs seront modifiées et mises à jour quand le système recueille plus d'informations sur le comportement et les connaissances de l'apprenant. Par conséquent, le modèle bayésien encore mis à jour le fait que de nouvelles informations sur le comportement de l'apprenant sont obtenues, jusqu'à ce que les valeurs de probabilité montrent une très légère modification. Les valeurs obtenues à ce niveau représentent le style de l'apprenant.

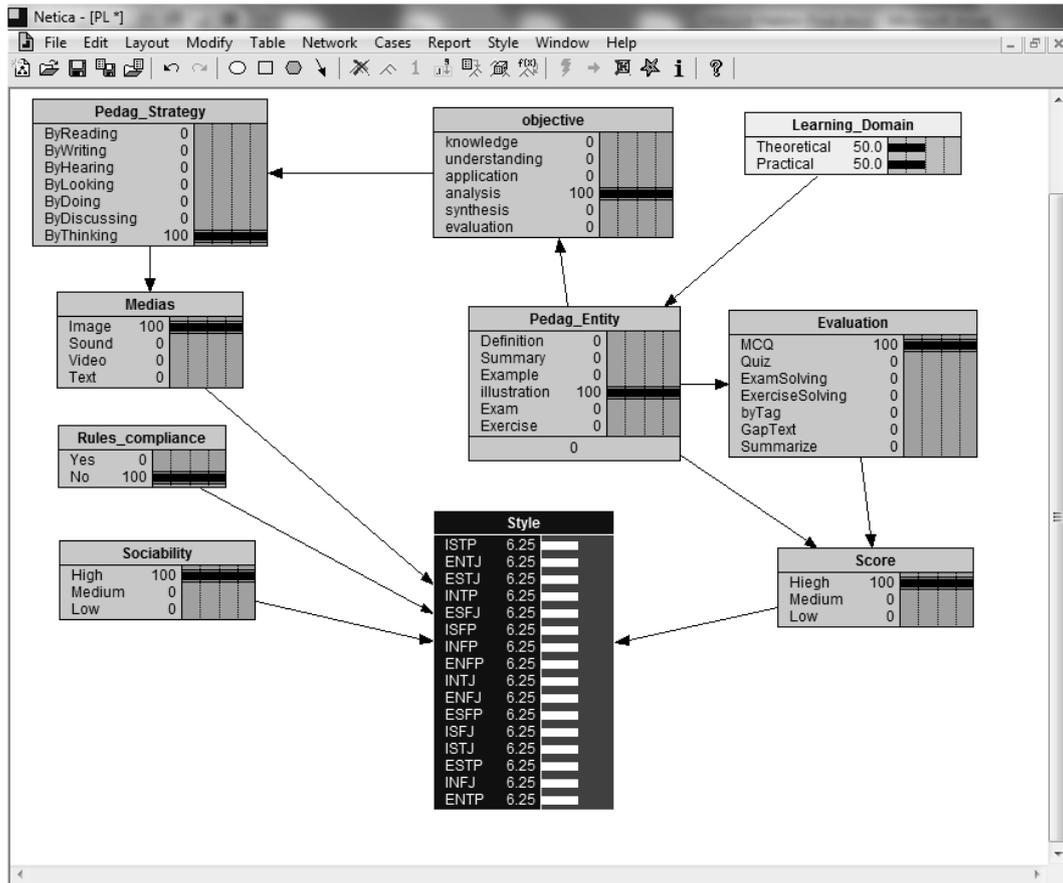


Figure. 72. Le modèle du Réseau Bayésien proposé.

Netica - [Style Table (in Bayes net PL)]

Node: Style

Chance % Probability

Sociability	Rules_co...	Score	Medias	ISTP	ENTJ	ESTJ	INTP	ESFJ
High	Yes	Hiegh	Image	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Hiegh	Sound	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Hiegh	Video	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Hiegh	Text	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Medium	Image	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Medium	Sound	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Medium	Video	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Medium	Text	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Low	Image	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Low	Sound	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Low	Video	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	Yes	Low	Text	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	No	Hiegh	Image	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	No	Hiegh	Sound	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	No	Hiegh	Video	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
High	No	Hiegh	Text	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25

Figure. 73. La table CPT des nœuds.

### e) *Comparaison des résultats*

Après l'application de l'approche proposée et après avoir invité les apprenants à effectuer le test MBTI en ligne, nous avons obtenu les résultats résumés dans le tableau 22. Comme présenté, notre approche de l'identification des styles d'apprentissage pour la personnalisation à travers l'analyse du comportement des apprenants (par l'utilisation des techniques du web social sémantique) nous a permis d'une part, de détecter quatre styles d'apprentissage corrects en conformité avec le test MBTI, mais sans le bon nombre d'apprenants. D'autre part, notre approche a donné deux faux styles par rapport aux résultats du test MBTI.

Nous attribuons ces erreurs au fait que soit les valeurs saisies dans les tables de variables CPT n'étaient pas appropriées ou bien les réponses des apprenants quand ils ont effectué le test MBTI sont juste choisies arbitrairement. Comme de nombreuses mesures sont effectuées avec l'utilisation continue du système et autant que possible nous ajustons les valeurs de la table CPT et nous améliorons l'ontologie et les règles d'inférence sémantique, nous croyons que les résultats seront plus précisés dans le futur.

**Tableau. 22. Comparaison des résultats (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2015).**

Résultats de test MBTI		Résultats de l'Approche		Nombre des Erreurs
<i>Style</i>	<i>Nombre</i>	<i>Style</i>	<i>Nombre</i>	
<b>ISTJ</b>	<b>16</b>	<b>ISTJ</b>	<b>11</b>	<b>-5</b>
<b>INTJ</b>	<b>13</b>	<b>INTJ</b>	<b>09</b>	<b>-4</b>
<b>ISTP</b>	<b>04</b>	<b>ENTP</b>	<b>11</b>	<b>Différent</b>
<b>ESFJ</b>	<b>09</b>	<b>ISFJ</b>	<b>08</b>	<b>Différent</b>
<b>ENFP</b>	<b>07</b>	<b>ENFP</b>	<b>10</b>	<b>+3</b>
<b>ESTP</b>	<b>05</b>	<b>ESTP</b>	<b>05</b>	<b>0</b>

## I.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats des expérimentations faites sur l'environnement d'apprentissage personnalisé et social SoLearn. D'une part, ces expérimentations avaient pour objectifs de tester l'utilisabilité de l'environnement SoLearn, où l'apprenabilité, la mémorabilité et l'efficacité de SoLearn étaient largement acceptées par la majorité des apprenants et la plupart d'eux ont été satisfaits de son utilisabilité. Et d'autre part, pour confirmer que les aspects du web sémantique social peuvent améliorer largement le processus de personnalisation et pour déterminer qu'il ya une forte relation entre le style d'apprentissage et le comportement de l'apprenant dans le système. Les résultats obtenus sont satisfaisants:

- Les apprenants ont montré une grande concentration lors de l'utilisation du système.
- Les apprenants ont apprécié beaucoup l'idée de mettre en place un environnement d'apprentissage qui ressemble à un réseau social.
- Les apprenants ont utilisé le système facilement.
- Les apprenants trouvent que la plupart des fonctionnalités de SoLearn sont familières.

- Les apprenants ne trouvent aucun problème pour retenir comment utiliser les différentes fonctionnalités.
- Les apprenants ont montré une grande efficacité lors de la réalisation des différentes tâches.
- Les apprenants ont apprécié beaucoup l'idée de se regrouper dans un réseau social et de choisir librement leurs collaborateurs.
- Les apprenants ont également trouvé très intéressant d'être au courant de tout ce qui se passe dans le système.
- Les enseignants ont apprécié beaucoup l'idée du «Mur», ils approuvent que d'avoir des "commentaires" immédiats des apprenants et autres enseignants est une fonctionnalité innovante, où ils ont trouvé une simulation pour une vraie classe.
- Les enseignants et les apprenants ont apprécié les idées de: l'inférence sémantique, l'évaluation des élèves sur la base de tags, le moteur de recherche sémantique, les recommandations, le tagging collaboratif, etc.

Pourtant, certaines lacunes ont été constatées :

- Les apprenants qui n'utilisent pas les réseaux sociaux ont trouvé quelques difficultés au début pour comprendre les fonctionnalités de SoLearn.
- Les apprenants ont trouvé des difficultés variables pour comprendre le principe du web sémantique et l'ontologie et ceci ce qui nous a obligé à intervenir de temps en temps pour enlever la confusion;
- Les étudiants au début –comme prévu– n'ont pas donné une grande importance pendant la réponse aux questions du questionnaire MBTI, nous les avons incités à plusieurs reprises pour passer le test soigneusement.

# **Conclusion Générale & Perspectives**

## I.1. Conclusion générale

Les systèmes d'apprentissage personnalisé tentent d'améliorer l'apprentissage par l'identification des différents traits individuels des apprenants et la personnalisation de contenu éducatif sur la base de ces différences. Cependant, dans la conception et le développement de ces systèmes, plusieurs défis et questions de recherche remarquables existent, incluant: quelle est la théorie de l'éducation pertinente avec lequel nous pouvons modéliser les traits individuels? Comment extraire les caractéristiques d'apprentissage pertinentes? Dans quelle manière l'environnement d'apprentissage doit être changé pour supporter les utilisateurs avec leurs caractéristiques différentes de l'apprentissage?

Cette thèse a décrit comment le système social d'apprentissage personnalisé SoLearn adresse ces défis afin de créer un environnement qui favorise l'apprentissage à travers la l'identification automatique des caractéristiques d'apprentissage et la personnalisation du contenu.

Tout d'abord, elle a décrit comment SoLearn utilise la théorie connectivisme, le fait qu'elle définit une nouvelle approche éducative qui corresponde aux nouvelles orientations de la formation en ligne. Elle représente le processus de l'apprentissage à l'âge digital et dans un univers connecté en réseaux en se basant sur les limites du behaviorisme, du cognitivisme, du constructivisme et du socio-constructivisme.

Deuxièmement, nous avons choisi de modéliser et représenter toutes les connaissances qui figurent sur le système par les modèles et les techniques du web sémantique, le fait que le web sémantique peut être considéré comme une structure adéquate pour satisfaire les besoins des systèmes d'apprentissage modernes, du moment qu'il fournit tous les moyens pour le développement des ontologies, l'annotation des ressources d'apprentissage, leur composition et leur livraison aux utilisateurs, etc. Pour notre cas, l'environnement d'apprentissage personnalisé comme d'autres services sur le Web peut grandement bénéficier des technologies du Web Sémantique. Ce dernier consiste à ajouter des métadonnées aux ressources Web qui décrivent leurs contenus et leurs fonctionnalités, ces métadonnées doivent se reposer sur des ontologies afin de pouvoir être partagées et munies d'interprétations pertinentes.

L'utilisation des ontologies constitue l'une des bases les plus importantes de l'approche de l'apprentissage en ligne basant sur le Web sémantique. L'état de l'art que nous avons présenté dans le chapitre 1 permet d'en cerner la définition ainsi que les langages et les techniques qui permettent de les concevoir. Au-delà de leur qualité pour la modélisation de la connaissance, les propriétés des ontologies favorisent le raisonnement sur les connaissances représentées.

A la différence de nombreux systèmes, notre modèle utilisateur se focalise sur la création automatique de profils utilisateurs basés sur des ontologies. L'ontologie nous renseigne sur les préférences et les connaissances de ce dernier. Les informations qui caractérisent un apprenant sont représentées dans un profil (en format RDF). Il contient toutes les informations sur les préférences et centres d'intérêt, le rôle, les connaissances, etc. L'ontologie représente aussi la connaissance sur un domaine particulier et offre des possibilités de raisonnements sur ces connaissances. Elle permet ainsi aux utilisateurs d'exprimer leurs centres d'intérêt de

façon à recevoir des informations ciblées qui contiennent des informations relatives à la gestion de la personnalisation. Dans le chapitre 2, nous avons mis en évidence comment peut s'exprimer la personnalisation. Nous avons ainsi présenté les différents types de personnalisation, les dimensions sur lesquelles peuvent porter les personnalisations (contenu, navigation, présentation) et souligné l'importance d'une représentation de l'utilisateur pour le processus de personnalisation.

Dans la deuxième partie de cette thèse, nous avons vu ainsi, le premier pas vers la construction d'un nouveau système capable de traiter les données en fonction des besoins et les préférences d'un utilisateur est le choix du service de personnalisation que ce système va fournir. Nous avons vu aussi comment SoLearn à travers l'utilisation d'un moteur d'inférence sémantique aide à la découverte des nouvelles relations entre instances pour améliorer la qualité de la personnalisation. C'est un processus de raisonnement qui s'appuie sur des connaissances acquises et qui s'articule autour de règles fondamentales pour permettre d'obtenir de nouvelles informations. Ces informations supplémentaires peuvent être définies via un vocabulaire, une ontologie ou encore un ensemble de règles.

Nous avons vu également comment SoLearn regroupe les apprenants ayant des intérêts similaires dans des communautés homogènes, partant de la conviction qu'un groupe homogène peut jouer un grand rôle dans l'amélioration de l'efficacité de la personnalisation, où les apprenants vont traiter uniquement avec les ressources qu'ils se sentent vraiment en besoin, car ils vont recevoir des recommandations d'utilisateurs qui partagent avec eux les mêmes pensées et les mêmes intérêts. La méthode est basée sur le regroupement des utilisateurs dans des communautés en fonction de leurs intérêts vis-à-vis aux différents domaines d'apprentissage à travers l'utilisation des techniques du web sémantique social.

Ensuite, nous avons identifié la relation entre le style d'apprentissage et les actions de l'apprenant qui le détermine. Les informations utilisées pour détecter le style sont obtenues en analysant le modèle de l'apprenant qui est un fichier RDF, ce fichier contient les enregistrements des tâches effectuées par l'apprenant dans le système et sa participation à des activités telles que : l'ajout de ressources, de tags, de commentaires, etc. Nous avons montré la relation entre les actions menées par l'apprenant et les caractéristiques d'apprentissage préférées qui déterminent le style d'apprentissage. Donc, nous avons pu estimer le style de l'apprenant en observant ses actions qui déterminent son comportement, c.-à-d. quand nous trouvons les actions qui caractérisent un style particulier dans le modèle d'un tel apprenant, nous pouvons savoir facilement quel style d'apprentissage est le plus dominant.

Finalement, pour générer des parcours d'apprentissage personnalisés, nous avons développé un module qui permet d'estimer automatiquement le style d'apprentissage pour décider la stratégie d'apprentissage la plus adéquate et le meilleur contenu à proposer à l'apprenant, nous avons proposé deux méthodes, la première est une méthode statique basée sur l'utilisation de la distance cosinus, alors que la deuxième est une méthode probabiliste basée sur l'utilisation d'un modèle de réseaux bayésien, noté que les deux méthodes sont soutenues par l'utilisation des règles d'inférence sémantique.

Le module bayésien est utilisé pour estimer les styles les plus dominants des apprenants. Il fonctionne sur des données d'entrée qui sont continuellement mises à jour et qui sont basées sur l'interaction des apprenants avec l'environnement d'apprentissage dynamique et peut donc faire des prédictions en ligne;

La tâche d'estimation sert à trouver le parcours d'apprentissage le plus préféré pour l'apprenant. Le module prédit quelle ressource l'apprenant devra utiliser en premier. La prédiction faite en analysant le comportement réel de l'apprenant. Les résultats suggèrent que les prédictions solides peuvent être faites à propos de la ressource préférée et qu'elle ne peut être déterminée, avec un degré relativement faible de probabilité. Les résultats suggèrent également que des prédictions sur la ressource préférée sont relativement stables, quand les apprenants utilisent seulement un sous-ensemble des ressources. Il convient également de noter que certains apprenants ne disposent pas des préférences distinctes et par conséquent il est impossible de modéliser leurs caractéristiques.

## 1.2. Les limites de l'approche

À la lumière de certains résultats de recherche intéressants, il faut reconnaître qu'il y a des limitations à l'importance de la recherche. Lors de l'examen de ces limites, il faut aussi se rappeler que les questions en jeu dans le développement des systèmes d'apprentissage personnalisé pour soutenir les différences de traits individuels des apprenants sont très complexes.

- Certains critiques font valoir qu'il n'y a aucune base empirique de la théorie de connectivisme et qu'elle est toujours en phase de développement.
- Le contenu a été développé uniquement pour un domaine de la science (l'informatique) et pour les étudiants de l'université. Pour généraliser les résultats empiriques, il serait nécessaire de développer un contenu pour les groupes de différents âges et pour différents domaines par différents auteurs de contenu.
- L'algorithme de Bayes a été choisi comme la base du moteur prédictif. Pour la tâche de prévoir les préférences d'apprentissage, cela fonctionne raisonnablement bien. Cependant, pour cette tâche de prédiction, il peut être trop complexe et il peut être plus simple de fonder des prédictions sur le dernier choix d'un apprenant fait. En outre, le moteur prédictif est également une valeur discutable pour les apprenants qui changent fréquemment leurs préférences.
- La population de l'échantillon était petite, avec seulement 100 étudiants participant à des expériences. Pour généraliser les résultats, il serait nécessaire de procéder à des expériences avec des groupes plus importants. En outre, l'étude a été menée dans une seule université. Un échantillon composé d'un éventail plus large d'écoles et d'étudiants permettrait que les résultats soient généralisés.
- Le pré-test est constitué des questions à choix multiples. Questions permettraient une évaluation plus approfondie de l'apprentissage des apprenants. Des questions similaires, mais différentes dans le post-test devraient également déterminer si les faits ont été tout simplement rappelés ou ont été compris à un niveau plus profond.

Les perspectives décrites dans la section suivante peuvent fournir la base empirique pour des résultats cohérents et valides qui peuvent être généralisés.

### I.3. Les Perspectives

Dans nos travaux futurs, nous allons :

- Améliorer l'analyse de réseau d'apprentissage en raisonnant sur son structure, sa représentation et son interprétation par une représentation visuelle et de comprendre les données à transmettre au module de l'analyse. En utilisant la méthode Net-Map pour les réseaux d'apprentissage formelle et informelles, afin d'élaborer des plans stratégiques de réseautage et de découvrir les relations cachées qui empêchent d'atteindre les objectifs d'apprentissage.
  - Améliorer l'efficacité du moteur de recherche sémantique en améliorant les règles d'inférences par l'implication du contexte. L'inférence par contexte est une conclusion de nouveaux faits à partir des faits et des connaissances déjà connus. La méthode d'inférence par contexte est largement divisée en deux types: le raisonnement à partir de cas et le raisonnement fondé sur les règles. Le raisonnement fondé sur les règles est une méthode qui exploite l'équipement est satisfaite indépendamment du lieu et de l'utilisateur. Contrairement à cela, le raisonnement par des cas est une méthode d'inférence sur la base des cas précédents. Comparé au raisonnement fondé sur des règles, il est facile à apprendre et facile à adapter aux règles exceptionnelles.
  - Développer un module permettant aux utilisateurs de formuler des questions en langage naturel, par exemple, «Montrez-moi l'apprenant le plus actif».
  - Ajouter un point final au DBpedia (la version RDF de Wikipedia) permettant aux utilisateurs de poser des requêtes sophistiquées sur Wikipedia et de lier d'autres ensembles de données sur le web pour les données du système.
  - Améliorer l'ontologie et les l'ensemble des règles sémantique.
  - Poursuivre des tests approfondis pour valider fermement l'approche de personnalisation proposée et l'efficacité de la méthode.
  - Appliquer l'approche sur d'autres modèles de styles d'apprentissage au lieu du modèle MBTI.
-

## BIBLIOGRAPHIE

- Abel, F., Frank, M., Henze, N., Krause, D., Plappert, D., and Siehndel, P. (2007). *GroupMe!-where semantic web meets web 2.0*. pp. 871-878. Springer Berlin Heidelberg.
- Aguzzoli, S., Avesani, P., and Massa, P. (2002). *Collaborative case-based recommender systems*. In *Advances in Case-Based Reasoning* .pp. 460-474. Springer Berlin Heidelberg.
- Alex, G. B., and Patterson, D. (2004). *Personalised E-Learning Opportunities-Call for a Pedagogical Domain Knowledge Model*. In null .pp. 410-414. IEEE.
- Allemang, D., and Hendler, J. (2011). *Semantic web for the working ontologist: effective modeling in RDFS and OWL*. Elsevier.
- Ally, M. (2002). *Designing and managing successful online distance education courses*. Workshop presented at the 2002 World Computer Congress, Montreal, Canada.
- Ally, M. (2004). *Foundations of educational theory for online learning*. *Theory and practice of online learning*, 2, 15-44.
- Al-Zoube, M. (2009). *E-Learning on the Cloud*. *Int. Arab J. e-Technol.*, 1(2), 58-64.
- Amardeilh, F. (2007). *Web Sémantique et Informatique Linguistique: propositions méthodologiques et réalisation d'une plateforme logicielle*. Doctoral dissertation, Université de Nanterre-Paris X, France.
- Anderson, T (2006) 'PLEs versus LMS: Are PLEs ready for prime time', [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. disponible à : <http://terrya.edublogs.org/2006/01/09/ples-versus-lms-are-ples-ready-for-prime-time/>
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., and Bloom, B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Allyn and Bacon.
- Anderson, T. (2008). *The Theory and Practice of Online Learning*, (ed.), Athabasca University Press, 2008.
- Anutariya, C., Wuwongse, V., Akama, K., and Wattanapailin, V. (2001). *Semantic Web modeling and programming with XDD*. *The Emerging Semantic Web, Series: Frontiers in Artificial Intelligence*, 75, 79-97.
- Ardito, C.; Costabile, M. F.; De Marsico, M.; Lanzilotti, R.; Levialdi, S.; Roselli, T.; Rossano, V. (2006): *An approach to usability evaluation of e-learning applications*, *Universal Access in the Information Society*, 4(3), 2006.
- Arroyo, I., and Woolf, B. P. (2005). *Inferring learning and attitudes from a Bayesian Network of log file data*. In *AIED* . 33-40.
- Arvidsson, F., and Flycht-Eriksson, A. (2008). *Ontologie i*. [en ligne, Consulté le 20/07/2015] disponible à : <http://www.ida.liu.se/janma/SemWeb/Slides/ontologies1.pdf/>
- Arpirez, J., Gómez-Pérez, A., Lozano, A., and Pinto, H. S. (1998). *2Agent: An ontology-based WWW broker to select ontologies*. In *Workshop on Applications of Ontologies and PSMs*, Brighton, England.
- Attwell, G. (2007). *E-portfolios – The DNA of the personal learning environment?* *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 3(2), 39–61.

- Auer, S., Dietzold, S., and Riechert, T. (2006). *OntoWiki—a tool for social, semantic collaboration*. In The Semantic Web-ISWC 2006. 736-749. Springer Berlin Heidelberg.
- Ausubel, D. P. (1974). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Baird, D. (2007). *Learning 3.0: Mobile, Mobile, Mobile, Barking Robot Blog*. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: [http://www.debaird.net/blendededunet/2007/02/learning\\_30\\_mob.html/](http://www.debaird.net/blendededunet/2007/02/learning_30_mob.html/)
- Balagué, C., and Fayon, D. (2012). *À quoi sert un réseau social ?* In. Facebook, Twitter et les autres...: intégrer les réseaux sociaux dans une stratégie d'entreprise. Pearson Education France.
- Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action: A Social-Cognitive Theory*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Bardach, E. (1998). *Getting agencies to work together: The practice and theory of managerial craftsmanship*. Brookings Institution Press.
- Basile, P., Gendarmi, D., Lanubile, F., and Semeraro, G. (2007). *Recommending smart tags in a social bookmarking system*. Bridging the Gep between Semantic Web and Web, 2, 22-29.
- Baziz M., Boughanem M., Aussenac-Gilles N., Chrisment C., (2005) *Semantic cores for representing documents in IR*, Proc. Of the 2005 ACM Symposium on applied computing, 2, USA, 2005, 1011-1017.
- Bazsalicza, M. et Naim, P. (2001). *Data Mining pour le Web*. Edition Eyrolles, Paris,
- Beckett, D., and McBride, B. (2004). *RDF/XML syntax specification (revised)*. W3C recommendation, 10.
- Berners-Lee, T., Fischetti, M., and Foreword By-Dertouzos, M. L. (2000). *Weaving the Web: The original design and ultimate destiny of the World Wide Web by its inventor*. Harper Information.
- Berners-Lee, T. and Fischetti, M. (2000), *Weaving the Web: the past, present and future of the World Wide Web by its inventor*, Londres, Texere, (ISBN 1-58799-018-0). 27.
- Berners-Lee. T, Hendler, J., and Lassila, O. (2001). *The Semantic Web*, Scientific American, 284(5), 34-43.
- Betbeder, M. L. (2003). *Symba: un environnement malléable support d'activités collectives en contexte d'apprentissage*. Doctoral dissertation, Université du Maine, France.
- Bishop-Clark, C., and Wheeler, D. D. (1994). *The Myers-Briggs personality type and its relationship to computer programming*. Journal of Research on Computing in Education, 26(3), 358-370.
- Bjork, E., Ottosson, S., and Thorsteinsdottir, S. (2008). *E-learning for all*. In A. R. L. a. S. P. Parsons (Ed.), *E-Learning: 21st Century Issues and Challenges*. pp. 22.Nova Science Publishers.
- Blom, J. (2000) '*Personalization-a taxonomy*', Extended Abstracts of the CHI 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems. 313 - 314, New York, USA.
- Blom, J.O., and Monk, A.F. (2003) '*Theory of Personalization of Appearance: Why Users Personalize Their PCs and Mobile Phones*', Human-Computer Interaction, 18. 193–228.
- Boroch, D., Fillpot, J., Hope, L., Johnstone, R., Mery, P., Serban, A., and Gabriner, R. S. (2007). *Basic skills as a foundation for student success*, Journal of Applied Research in the Community College, 15(1), 81–85.
- Boticario, J. G., Santos, O. C., and Van Rosmalen, P. (2010). *Issues in developing standard-based adaptive learning management systems*. In Paper for the EADTU 2005 Working Conference: Towards Lisbon, Portugal.

- Boustedt, J., Eckerdal, A., McCartney, R., Sanders, K., Thomas, L., and Zander, C. (2011). *Students' perceptions of the differences between formal and informal learning.* In Proceedings of the seventh international workshop on Computing education research (ICER '11). ACM, New York, NY, USA.
- Bradley, K., Rafter, R., and Smyth, B. (2000). *Case-based user profiling for content personalisation.* In Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems. 62-72. Springer Berlin Heidelberg.
- Braun, S., Schmidt, A., and Hentschel, C. (2007). *Semantic Desktop Systems for Context Awareness - Requirements and Architectural Implications.* In 1st Workshop on Architecture, Design, and Implementation of the Semantic Desktop, collocated with the 4th European Semantic Web Conference (ESWC2007), Innsbruck, Austria.
- Brickley, D., and Miller, L. (2012). *FOAF vocabulary specification 0.98.* Namespace document, 9.
- Bruen, C. (2002). *A development framework for re-useable learning resources for different learning styles and requirements.* in: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, 1238–1241.
- Bruffée, K. A. (1999). *Collaborative learning: Higher education, interdependence, and the authority of knowledge.* Johns Hopkins University Press, 2715 North Charles Street, Baltimore, MD 21218-4363.
- Brusilovsky P., (1997). *Efficient techniques for adaptive hypermedia..* In Nicholas C. and Mayfield J. (Eds.), Intelligent hypertext: Advanced techniques for the World Wide Web, LNCS 1326, Berlin, SpringerVerlag, 12-30.
- Brusilovsky, P. (2001). *Adaptive Hypermedia.* User Modeling and User-Adapted Instruction, 11(1-2), 87-110.
- Brusilovsky P., (1998), *Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia.* In Brusilovsky P., Kobsa A. and Vassileva J. (eds.), Adaptive Hypertext and Hypermedia, Kluwer Academic Publishers, 1-43.
- Brusilovsky, P., and Peylo, C. (2003). *Adaptive and intelligent web-based educational systems.* International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED), 13, 159-172.
- Caine, R., Caine, G. (1994). *Making Connections: Teaching and the Human Brain.* Addison-Wesley Longman.
- Campell, G. (2005). *There's something in the Air – Podcasting in Education.* Educause review, November/Dezember, 33-46.
- Cardon, D. (2011). *Réseaux sociaux de l'Internet.* Le Seuil. 88(1), 141-148.
- Carliner, S. (1999). *Overview of online learning.* Amherst, MA: Human Resource Development Press.
- Carmichael, P., and Martinez Garcia, A. (2009). *Semantic technologies to support teaching and learning with cases: Challenges and opportunities.*
- Castells, M. (1996). *The Information Age: Economy, society and culture: The rise of the networked society.* 1. Oxford, UK: Blackwell.
- Cha, H. J., Kim, Y. S., Park, S. H., Yoon, T. B., Jung, Y. M., and Lee, J. H. (2006). *Learning styles diagnosis based on user interface behaviors for the customization of learning interfaces in an intelligent tutoring system.* In Intelligent tutoring systems. 513-524. Springer Berlin Heidelberg.
- Chatti, A., Anggraeni, M., Jarke, M., Specht, M., and Maillet, K. (2010). *PLEM: a Web 2.0 driven Long Tail aggregator and filter for e-learning.* International Journal of Web Information Systems, 6(1), 5-23.
- Chen, C. (2008): *Intelligent web-based learning system with personalized learning path guidance.* Computers and Education. 51(2), 787–814.

- Chen, G., and Chiu, M. M. (2008). *Online discussion processes*. Computers and Education, 50, 678 – 692.
- Chevrier, J., Fortin, G., Théberge, M., and Leblanc, R. (2000). *Le style d'apprentissage: une perspective historique*. Le style d'apprentissage, 28(1).
- Chiu, M. M. (2000). *Group Problem-Solving Processes: Social Interactions and Individual Actions*. Journal for the theory of social behaviour, 30(1), 26-49.
- Clarke, C. (2009). *A resource list management tool for undergraduate students based on linked open data principles*. In The Semantic Web: Research and Applications. 697-707. Springer Berlin Heidelberg.
- Clarke, M. and Stewart, J. (1997). *Handling the Wicked Issues - A Challenge for Government Birmingham*: University of Birmingham, Institute of Local Government Studies.
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., and Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post 16 learning: a systematic and critical review*. The Learning and Skills Research Centre.
- Conati, C. Gertner A. and VanLehn, K. (2002), *Using Bayesian networks to manage uncertainty in student modelling*, Journal of User-Modelling and User-Adapted Interaction 12(4), 371–417.
- Cooper, P. A. (1993). *Paradigm shifts in designing instruction: From behaviorism to cognitivism to constructivism*. Educational Technology, 33(5), 12–19.
- Cosine distance. (n.d.). In Wikipedia. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cosine\\_distance/](http://en.wikipedia.org/wiki/Cosine_distance/)
- Cover Pages (2005), *XML Applications and Initiatives*, [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: <http://xml.coverpages.org/xmlApplications.html/>
- Craik, F. I. M., and Tulving, E. (1975). *Depth of processing and the retention of words in episodic memory*. Journal of Experimental Psychology: General, 104, 268–294.
- Cranefield, S. (2006). *Networked knowledge representation and exchange using UML and RDF*. Journal of Digital information, 1(8).
- Cross, J. (2011). *Informal learning: Rediscovering the natural pathways that inspire innovation and performance*. John Wiley and Sons.
- Curry, D., (2007), *Web 1.0 vs Web 2.0, the Difference*, [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: <http://www.sizlopedia.com/2007/08/18/web-10-vs-web-20-the-visual-difference/>
- D'Amour, D. (1997). *Structuration de la collaboration interprofessionnelle dans les services de santé de première ligne au Québec*. Thèse de doctorat en santé publique, Université de Montréal, Québec, Canada.
- D'Amour, D., and Oandasan, I. (2004). *Interdisciplinary Education for Collaborative, Patient-Centred Practice*. Ottawa : Santé Canada.
- D'Amour, D., Sicotte, C. et Lévy, R. (1999). *L'action collective au sein d'équipes interprofessionnelles dans les services de santé*. Sciences Sociales et Santé 17(3), 67-93.
- D'Andrea, A., Ferri, F., and Grifoni, P. (2010). *An Overview of Methods for Virtual Social Network Analysis*. In Abraham, Ajith et al. Computational Social Network Analysis: Trends, Tools and Research Advances. Springer. ISBN 978-1-84882-228-3
- D'Halluin, C., and Loonis, M. (1999). *Les formations ouvertes et à distance*. Revue internationale d'éducation de Sèvres, 23, 107-116.

- De Bra, P., Aerts, A., Berden, B., De Lange, B., Rousseau, B., Santic, T., and Stash, N. (2003). *AHA! The adaptive hypermedia architecture*. In Proceedings of the fourteenth ACM conference on Hypertext and hypermedia. 81-84. ACM.
- Della-Dora, D., and Blanchard, L. J. (Eds.). (1979). *Moving toward self-directed learning*. Association for Supervision and Curriculum Devel.
- Dillenbourg, P. (1999a). *What do you mean by collaborative learning?*. In P. Dillenbourg (Ed.) Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches. Elsevier.
- Dillenbourg, P. (1999b). *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. Advances in Learning and Instruction Series. New York, NY: Elsevier Science, Inc.
- Ding, L., Finin, T., Joshi, A., Pan, R., Cost, R. S., Peng, Y., and Sachs, J. (2004). *Swoogle: a search and metadata engine for the semantic web*. In Proceedings of the thirteenth ACM international conference on Information and knowledge management. 652-659. ACM.
- Dinucci., D (1999). *Fragmented Future*. Print 53 (4), 32.
- Doise, W. and Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. InterEditions .1. Paris.
- Downes, S (2005). *What connectivism is?* [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: <http://halfanhour.blogspot.com/2007/02/what-connectivism-is.html/>
- Downes, S. (2007a). *An Introduction to Connective Knowledge*. In Hug, Theo (ed.): Media, Knowledge and Education - Exploring new Spaces, Relations and Dynamics in Digital Media Ecologies. Proceedings of the International Conference held on June, 25-26, Nov 27, 2007.
- Downes, S. (2007b). *Learning Networks in Practice*. Emerging technologies for learning, 2.
- rotar, D. (2002). *Reflections on interdisciplinary collaboration in the new millennium: perspectives and challenges*. Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 23(3), 175-180.
- Duplâa, E. and Talaat, N. (2012). *Connectivisme et formation en ligne*. Distances et savoirs, 9(4), 541-564.
- Dzbor, M., Stutt, A., Motta, E., and Collins, T. (2007). *Representations for semantic learning webs: Semantic web technology in learning support*, Journal of Computer Assisted Learning, 23(1), P 69–82.
- Ebner, M. (2007). *E-Learning 2.0= e-Learning 1.0+ Web 2.0?*. In Availability, Reliability and Security, 2007. ARES 2007. The Second International Conference on. pp. 1235-1239. IEEE.
- Ebner, M., Schön, S., Taraghi, B., Drachslar, H., and Tsang, P. (2011). *First steps towards an integration of a Personal Learning Environment at university level*. In R. Kwan et al. (Eds.), ICT 2011, CCIS 177. 22–36, Springer-Verlag Berlin: Heidelberg.
- Ecludian distance. (n.d.). In Wikipedia. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: [http://en.wikipedia.org/wiki/Euclidean\\_distance/](http://en.wikipedia.org/wiki/Euclidean_distance/)
- El Bachari, E., Abdelwahed, E. H., and El Adnani, M. (2010). *Design of an Adaptive E-Learning Model Based on Learner's Personality*. Ubiquitous Computing and Communication Journal, 5(3), 1-8.
- Ellison, N. B. (2007). *Social network sites: Definition, history, and scholarship*. Journal of Computer-Mediated Communication, 13(1), 210-230.
- Erétéo, G., Buffa, M., Gandon, F., and Corby, O. (2009). *Analysis of a real online social network using semantic web frameworks*. Springer Berlin Heidelberg. 180-195.

- Erétéo, G., Limpens, F., Gandon, F., Corby, O., Buffa, M., Leitzelman, M., and Sander, P. (2010). *Semantic social network analysis, a concrete case*. Handbook of Research on Methods and Techniques for Studying Virtual Communities: Paradigms and Phenomena, 122-156.
- Facebook. (n.d.). In Wikipedia. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Facebook/>
- Felder, R. M., and Silverman, L. K. (1988). *Learning and teaching styles in engineering education*. Engineering education, 78(7), 674-681.
- Felder, R. M., and Spurlin, J. (2005). *Applications, reliability and validity of the index of learning styles*. International journal of engineering education, 21(1), 103-112.
- Fennell, P (2013). *Extremes of XML*. XML London 2013: 80–86. doi:10.14337/XMLLondon13. Fennell01. ISBN 978-0-9926471-0-0
- Fiedler, S., and Våljataga, T. (2010). *Personal learning environments: concept or technology?* Proceedings of PLE conference, Barcelona, July 6–8, 2010.
- Flat Education. (2011). *Web 1.0 vs Web 2.0 vs Web 3.0 vs Web 4.0 vs Web 5.0 – A bird’s eye on the evolution and definition* [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à : <https://flatworldbusiness.wordpress.com/flat-education/previously/web-1-0-vs-web-2-0-vs-web-3-0-a-bird-eye-on-the-definition/>
- Fortunato, S. (2010). *Community detection in graphs*. Physics Reports, 486(3), 75-174.
- Fouss, F. (2010). *Introduction to recommender systems*. In: Pascal Francq, *Collaborative search and communities of interest [electronic resource] : trends in knowledge sharing and assessment*, 2010. 9781615208425. doi:10.4018/978-1-61520-841-8. <http://hdl.handle.net/2078.1/151976>.
- Frasincar F. and Houben G-J, (2002), *Hypermedia Presentation Adaptation on the Semantic Web*, in de Bra P., Brusilovsky P. and Conejo R., (Eds.), Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH 2002), Malaga, Spain, May 29 - 31, 2002, LNCS 2347, 2002,. 133-142.
- Frasincar F., Houben G-J. and Vdovjak R., (2001), *An RMM-Based Methodology for Hypermedia Presentation Design*, Proceedings of the 5th East European Conference on Advances in Databases and Information Systems (ADBIS 2001), LNCS 2151, Vilnius, Lithuania, September 25-28, 2001, 323-337.
- Freeman, L. C. (2004). *The development of social network analysis: a study in the sociology of science*. Vancouver, B. C.: Empirical Press.
- García, P., Amandi, A., Schiaffino, S., and Campo, M. (2007). *Evaluating Bayesian networks’ precision for detecting students’ learning styles*. Computers and Education, 49(3), 794-808.
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Basic books.
- Garrett, J. J. (2005). *Ajax: A new approach to web applications*. 1-6
- Garshol, L. M. (2004). *Metadata? Thesauri? Taxonomies? Topic maps! Making sense of it all*. Journal of information science, 30(4), 378-391.
- Ghidini, C., Pammer, V., Scheir, P., Serafini, L. and Lindstaedt, S. (2007). *APOSDLE: Learn@work with semantic web technology*, In Proceedings of The Innovation Conference for Knowledge Management, New Media Technologies and Semantic Technologies (I-Know '07).262-269 Graz, Austria.

- Gilbert, J. E., and Han, C. Y. (1999). *Arthur: An adaptive instruction system based on learning styles*. In International Conference on Mathematics/Science Education and Technology. 1999(1). 100-105.
- Gordon D. T.( 2003). *Digital Classroom*, Harvard Education Press,
- Granovetter, M. (1973). *The strength of weak ties*. American Journal of Sociology 78 (6). 1360–1380.
- Gray, B. (1989).*Collaborating: Finding Common Ground for Multiparty Problems*, Jossey-Bass: San Francisco.
- Gruber, T. (2008). *Collective Knowledge Systems: Where the Social Web meets the Semantic Web*, Journal of Web Semantics. 6(1).
- Gruber, T.R. (1993). *A Translation Approach to Portable Ontology Specification*. Knowledge Acquisition. 5. 199-220.
- Guité, F. (2004). *Le connectivisme (néo socioconstructivisme)*. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à : <http://www.francoisguite.com/2004/12/le-connectivisme-neo-socioconstructivisme/>
- Halimi, K., Seridi, H., & Faron-Zucker, C. (2011). Solearn: A social learning network. In Computational Aspects of Social Networks (CASoN), 2011 International Conference on (pp. 130-135). IEEE.
- Halimi, K., Seridi-Bouchelaghem, H., and Faron-Zucker, C. (2014). *An enhanced personal learning environment using social semantic web technologies*. Interactive Learning Environments, 22(2), 165-187. Taylor and Francis.
- Halimi, K., and Seridi-Bouchelaghem, H. (2015). *Semantic web based learning styles identification for social learning environments personalization*. Web Intelligence 13(1), 3-29. IOS Press.
- Hayman, S. (2007). *Folksonomies and tagging: New developments in social bookmarking*. In Ark Group Conference: Developing and Improving Classification Schemes.
- Hebeler, J., Fisher, M., Blace, R., and Perez-Lopez, A. (2011). *Semantic web programming*. John Wiley and Sons.
- Heckerman, D. Mamdani A. and Wellman, M.P. (1995), *Real-world applications of Bayesian networks*, Communications of the ACM .38(3), 24–26.
- Heflin, J., and Hendler, J. A. (2001). *Portrait of the Semantic Web in Action*. IEEE Intelligent Systems,16(2),54-59.
- Henneman, E. A, Lee J. L. and Cohen, J. I. (1995). *Collaboration: a concept analysis*. Journal of Advanced Nursing, 1095(21), 103-109.
- Henze, N. (2005). *Personalization services for e-learning in the semantic web*, in Proceedings of second international workshop on adaptive systems for web-based education: Tools and reusability, Amsterdam, The Netherlands.
- Henze, N., and Herrlich, M. (2004). *The Personal Reader: A Framework for Enabling Personalization Services on the Semantic Web*. In LWA. 25-32.
- Honey, P. and Mumford, A. (1992). *The Manual of Learning Styles*, P. Honey and L. Mumford, eds, 1992.
- Honey, P., and Mumford, A. (1986). *Using your Learning Styles*: Peter Honey, Maidenhead.
- Honey, P., and Mumford, A. (2006). *The learning styles questionnaire: 80-item version*. Peter Honey Publications Limited.

- Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Tabet, S., Grosz, B., and Dean, M. (2004). *SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML*. W3C Member submission, 21, 79.
- Hunt, D. E. (1979). *Learning Style and Student Needs: An Introduction to Conceptual Level*. In James W. Keefe (éd.), *Student Learning Styles: Diagnosing and Prescribing Programs* (p. 27-38). Reston, VA: National Association of Secondary School Principals (NASSP)
- Hussain, F. (2012). *E-Learning 3.0= E-Learning 2.0+ Web 3.0?*. International Association for Development of the Information Society.
- Inaba, A., Supnithi, T., Ikeda, M., Mizoguchi, R., and Toyoda, J. I. (2000). *An overview of" learning goal ontology*. In Proc. of ECAI2000 Workshop on Analysis and Modelling of Collaborative Learning Interactions. 23-30.
- Janowski, W. and Sarner, A., (2001). *personalization: Process vs. Technology*, Gartner, 27 Feb. 2001.
- Jensen, F. (1996), *An Introduction to Bayesian Networks*, UCL Press, London, 210.
- Jeremic, Z., Jovanovic, J. and Gasevic, D. (2009). *Semantic Web Technologies for the Integration of Learning Tools and Context-aware Educational Services*. In Proceedings of the 8th International Semantic Web Conference (ISWC 2009), Semantic Web in Use Track, 860-875, Washington, DC, USA.
- Jokela, T., Iivari, N., Matero, J., and Karukka, M. (2003). *The standard of user-centered design and the standard definition of usability: analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11*. In Proceedings of the Latin American conference on Human-computer interaction. 53-60. ACM.
- JQuery. (n.d.). In Wikipedia. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: <https://fr.wikipedia.org/wiki/JQuery/>
- K-means clustering. (n.d.). In Wikipedia. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: [http://en.wikipedia.org/wiki/K\\_means/](http://en.wikipedia.org/wiki/K_means/)
- Kaldoudi, E., Dovrolis, N., Giordano, D., and Dietze, S. (2011). *Educational resources as social objects in semantic social networks*. Proceedings of the Linked Learning, 1.
- Kaur, M. (2011). *Using online forums in language learning and education*. Student Pulse, 3(03).
- Kautz, H., Selman, B., and Shah, M. (1997). *Referral Web: combining social networks and collaborative filtering*. Communications of the ACM, 40(3), 63-65.
- Keefe, J. W. (1987). *Learning Style Theory and Practice*. National Association of Secondary School Principals, 1904 Association Dr., Reston, VA 22091.
- Kelly, K. T. (2004). *Learning theory and epistemology*. In I. Niiniluoto, M. Sintonen, and J. Smolenski, (Eds.), *Handbook of epistemology*. 183–204. Dordrecht: Kluwer.
- Khan, B. (1997). *Web-based instruction: What is it and why is it?* In B. H. Khan (Ed.), *Web-based instruction*. 5-18. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Kiley., M. and Cannon, R. (2000) 'Leap into lifelong learning, Centre for Learning and Professional Development (CLPD)', The University of Adelaide, Australia.
- Klyne G., and Carroll J. J., (2004). *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax*. URL: <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>

- Koch N., (2000). *Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems – Reference Model, Modelling Techniques and Development Process*, Ph.D Thesis, Fakultät der Mathematik und Informatik, LudwigMaximilians-Universität München, December 2000.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT Press.
- Kolb, A.Y. and Kolb, D.A. (2005), *Learning styles and learning spaces: enhancing experiential learning in higher education*. *Academy of Management Learning and Education* 4(2), 193–212.
- Kop, R. (2011). *The challenges to connectivist learning on open online networks: Learning experiences during a massive open online course*. *The International Review Of Research In Open And Distributed Learning*, 12(3), 19-38.
- Koshmann, T. (1996) ‘*CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm*’, Mahwah, NJ, USA, Lawrence Erlbaum.
- Kostadinov, D. (2007). *Data Personalization: an approach for profile management and query reformulation (Doctoral dissertation, PhD thesis, University of Versailles, France)*.
- Kim, K. S., and Moore, J. (2005). *Web-based learning: Factors affecting students’ satisfaction and learning experience*. *First Monday*, 10(11).
- Laffi, Y. (2007). *SACA: un Système d’Apprentissage Collaboratif*. PhD Thesis, Computer science department, University of Annaba, Algeria.
- Lambiotte, R., and Ausloos, M. (2006). *Collaborative tagging as a tripartite network*. In *Computational Science–ICCS .2006* . 1114-1117. Springer Berlin Heidelberg.
- Lamere, P. (2008). *Social tagging and music information retrieval*. *Journal of New Music Research*, 37(2), 101-114.
- Lindeke, L. L. and Block, D. E. (1998). *Maintaining professional integrity in the midst of interdisciplinary collaboration*. *Nursing Outlook*, 46, 213-218.
- Lohmann, S., and Díaz, P. (2012). *Representing and visualizing folksonomies as graphs: a reference model*. In *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*. 729-732. ACM.
- Logan, K. and Thomas, P. (2002). *Learning style in distance education students learning to program*. in: *Fourteenth Workshop of the Psychology of Programming Interest Group*, Brunel University. 29–44.
- Malcuit, G., Pomerleau, A., and Maurice, P. (1995). *Psychologie de l’apprentissage. Termes et concepts*. Québec : EDISEM, MALOINE.
- Mariano, C. (1989). *The case for interdisciplinary collaboration*. *Nursing Outlook*, 37, 285-288.
- MBTI, n.d. *La théorie dynamique des 8 fonctions cognitives*, [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: <http://www.16-types.fr/modele/modele-MBTI-6-dynamique.html>
- McGuinness, D. L., and Van Harmelen, F. (2004). *OWL web ontology language overview*. W3C recommendation, 10(10), 2004.
- Melis, E., Gogvadze, G., Libbrecht, P., and Ullrich, C. (2009). *Activemath—a learning platform with semantic web features*. *The Future of Learning*, 159.
- Mercklé, P. (2011). *Sociologie des réseaux sociaux*. La découverte– 24 février 2011.

- Middleton, S. E., Shadbolt, N. R., and De Roure, D. C. (2004). *Ontological user profiling in recommender systems*. ACM Transactions on Information Systems (TOIS), 22(1), 54-88.
- Mielnikoff, M. (2005). *Qu'est-ce que l' E-Learning ?* [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à : <http://ressources.cfadf.com/coursfad/moodle/EAD/elearning.pdf>
- Mikroyannidis, A. (2007). *Toward a Social Semantic Web*, Computer, 40(11), 113-115.
- Minier, P. (2003). *Ancrage historique et développement des courants de pensée de l'apprentissage*. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à : <http://www.uqac.ca/pminier/act1/graph1.htm/>
- Motik, B., Sattler, U., and Studer, R. (2005). *Query answering for OWL-DL with rules*. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 3(1), 41-60.
- Naïm, P. Wuillemin, P.H. Leray, P. Pourret O.and Becker, A. (2011). Réseaux Bayésiens, Eds Eyrolles,
- Nielsen, J.( 1994). *Usability Engineering*, Morgan Kaufmann, San Francisco, USA.
- Nilsson, M., Palmr, M., and Naeve, A. (2002). *Semantic web metadata for e-learning -some architectural guidelines*. In 11th conference on the world wide web (WWW'02), Honolulu, USA.
- Nolan, M. (1995). *Towards an ethos of interdisciplinary practice*. *British Journal of Medicine*, 311, 305-307.
- Nolte, J., and Tremblay, M. (2005). *Enhancing interdisciplinary collaboration in primary health care in Canada*. *Enhancing Interdisciplinary Collaboration in Primary Health Care*.
- Noy, N. F., and McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. Stanford Medical Informatics Technical Report, SMI-2001-0880.
- O'Reilly, T. (2005). *Web 2.0: compact definition*. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à : [http://radar.oreilly.com/archives/2005/10/web\\_20\\_compact\\_definition.html/](http://radar.oreilly.com/archives/2005/10/web_20_compact_definition.html/)
- O'reilly, T. (2007). *What is Web 2.0: Design patterns and business models for the next generation of software*. *Communications and strategies*, (1), 17.
- Otte, E., and Rousseau, R. (2002). *Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences*. *Journal of Information Science* 28(6): 441-453.
- Oufaïda, H., and Nouali, O. (2009). *Le filtrage collaboratif et le web 2.0*. *Document numérique*, 11(1), 13-35.
- Opsahl, T., Agneessens, F., and Skvoretz, J. (2010). *Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths*. *Social Networks*, 32(3), 245-251.
- Parent, O., and Eustache, J. (2007). *Les réseaux bayésiens A la recherche de la vérité*. Cours Cognition et connaissance Université Claude Bernard Lyon 1. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à : [http://liris.cnrs.fr/amille/enseignements/master\\_ia/rapports\\_2006/Reseau%20Bayesien%20SYNTHESE%20ECRITE.pdf](http://liris.cnrs.fr/amille/enseignements/master_ia/rapports_2006/Reseau%20Bayesien%20SYNTHESE%20ECRITE.pdf)
- Parsiaa, B., Sirinb, E., Graua, B. C., Ruckhousa, E., and Hewlett, D. (2005). *Cautiously approaching SWRL*. University of Maryland, Tech. Rep.
- Passant, A. (2009). *Technologies du Web Sémantique pour l'Entreprise 2.0*. Doctoral dissertation, PhD thesis, Université Paris IV-Sorbonne, France.
- Passin, T. B. (2004). *Explorer's guide to the semantic web*. pp. 141-169. Greenwich: Manning.
- Pavlov, I. P., and Anrep, G. V. (2003). *Conditioned reflexes* (Vol. 614). Courier Corporation.

- Peters, I. (2009). *Folksonomies: indexing and retrieval*. In Web 2.0. 1. Walter de Gruyter.
- Pham, Q.D. and Florea, A.M. (2013). *A method for detection of learning styles in learning management systems*. UPB Scientific Bulletin, Series C. 75(4). 3–12.
- Phases de l'apprentissage. (n.d.). In Wikipedia. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: [https://fr.wikipedia.org/wiki/Phases\\_de\\_l%27apprentissage/](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phases_de_l%27apprentissage/)
- Pinheiro, C. A. R. ( 2011). *Social Network Analysis in Telecommunications*. John Wiley and Sons. 4. ISBN 978-1-118-01094-5.
- Plumbaum, T., Lommatzsch, A., De Luca, E. W., and Albayrak, S. (2012). *Serum: collecting semantic user behavior for improved news recommendations*. In Advances in User Modeling 402-405. Springer Berlin Heidelberg.
- Porteneuve, C. (2007). *Prototype and script. aculo. us*. Pragmatic Bookshelf.
- Prié, Y., and Garlatti, S. (2003). *Annotations et Méta-données dans le Web sémantique*. Revue I3 Information–Interaction–Intelligence, numéro Hors-série Web Sémantique, 24.
- Prud'Hommeaux, E., and Seaborne, A. (2008). *SPARQL query language for RDF*. W3C recommendation, 15.
- Raad H. and Causse B., (2002). *Modelling of an Adaptive Hypermedia System Based on Active Rules*, in Cerri S.A., Gouardères G. and Paraguaçu F. (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 2002), Biarritz, France and San Sebastian, Spain, June 2-7, 2002, LNCS 2363, 2002, pp. 149-157.
- Rainie, L. (2007). *28% of online americans have used the internet to tag content*. Pew Internet and American Life Project.
- Rasmussen, K. L. (1998). *Hypermedia and learning styles: Can performance be influenced?* Journal of Multimedia and Hypermedia, 7(4).
- Reed, M., Evely, A. C., Cundill, G., Fazey, I. R. A., Glass, J., Laing, A., and Stringer, L. (2010). *What is social learning?*. Ecology and Society. 15 (4).
- Rego, H. (2011). *AHKME eLearning Information System: A 3.0 Approach*. PhD thesis at University of Salamanca, Spain.
- Rego, H. Moreira, T., Morales, E. and Garcia. F. J. (2010). *Metadata and Knowledge Management driven Web-based Learning Information System towards Web/e-Learning 3.0*. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 5(2):36–44.
- Reigeluth, C. M. (1996). *A new paradigm of ISD?* Educational Technology and Society, 36(3), 13-20.
- Ricci, F., Rokach, L., and Shapira, B. (2011). *Introduction to recommender systems handbook* . 1-35. Springer US.
- Riding, R., and Rayner, S. (1998). *Cognitive Styles and learning strategies*. London: David Fulton Publishers.
- Robidoux, M. (2007). *Cadre de référence sur la collaboration interprofessionnelle*. Sherbrooke: École de Chantier. Université de Sherbrooke, Canada.
- Roschelle, J. and Teasley, S. D. (1995). *The construction of shared knowledge in collaborative problem solving*. In C. O'Malley (Ed.), Computer Supported Collaborative Learning.69-97. Berlin: Springer.

- Rosenberg, M. J. (2001). *E-learning. Strategies for delivering knowledge in the digital age*. 3. New York: McGraw-Hill.
- Rubens, N., Kaplan, D., and Okamoto, T. (2011). *E-Learning 3.0: anyone, anywhere, anytime, and AI*. In International Workshop on Social and Personal Computing for Web- Supported Learning Communities (SPeL 2011)
- Sabidussi, G. (1966). *The centrality index of a graph*. Psychometrika, 31(4), 581-603.
- Santally, M. I., and Senteni, A. (2005). *A learning object approach to personalized web-based instruction*. European Journal of Open, Distance and E-Learning, 1, 1-16.
- Schaffert, S., and Hilzensauer, W. (2008). *On the way towards Personal Learning Environments: Seven crucial aspects*. Elearning papers, 9(2).
- Schiaffino, S. and Amandi, A. (2009). *Intelligent user profiling*. In: Artificial Intelligence, An International Perspective, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 193–216.
- Schickel-Zuber, V., and Faltings, B. (2006). *Inferring user's preferences using ontologies*. In AAAI. 2006, pp. 1413-1418.
- Slater, N. (2008). *Web 2.0, personal learning environments, and the future of learning management systems*. Research Bulletin, 13(13), 1-13.
- Seeley, B. J., and Adler, R. (2008). *Minds on Fire: Open Education, the Long Tail, and Learning*. Educause review, no January/February, 16–32 [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ERM0811.pdf>
- Semantic Community (2014), *Ontology for Big Data*, [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: <http://semanticcommunity.info/@api/deki/files/29279/AndreaWesterinen05162013Slide7.PNG/>
- Severance, C., Hardin, J., and Whyte, A. (2008). *The coming functionality mash-up in Personal Learning Environments*. Interactive Learning Environments, 16(1), 47-62.
- Shang, Y., Shi, H., and Chen, S. S. (2001). *An intelligent distributed environment for active learning*. Journal on Educational Resources in Computing (JERIC), 1(2), 4.
- Shannon, V. (2006). *A'more revolutionary'Web*. International Herald Tribune, 24.
- Sharma, M. (2008). *Elgg social networking*. Packt Publishing Ltd.
- Siemens, G (2004). *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*. elearnspace. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm/>
- Siemens, G. (2005). *Connectivism: A learning theory for the digital age*. International journal of instructional technology and distance learning, 2(1), 3-10.
- Sillamy, N. (1999) *Dictionnaire de Psychologie*, Paris : Larousse
- Sinclair, J., and Cardew-Hall, M. (2008). *The folksonomy tag cloud: when is it useful?.* Journal of Information Science, 34(1), 15-29.
- Sinha, R. R., and Swearingen, K. (2001). *Comparing Recommendations Made by Online Systems and Friends*. In DELOS workshop: personalisation and recommender systems in digital libraries. 1.
- Skinner, B. F. (1974). *About behaviorism*. New York: Knopf.

- Smith, M. A., Shneiderman, B., Milic-Frayling, N., Mendes Rodrigues, E., Barash, V., Dunne, C., and Gleave, E. (2009). *Analyzing (social media) networks with NodeXL*. In Proceedings of the fourth international conference on Communities and technologies. 255-264. ACM.
- Snow, R.E. (1991), *Aptitude-treatment interaction as a framework for research on individual differences in learning*, Journal of Consulting and Clinical Psychology 59(2) 205.
- Specht, M., and Oppermann, R. (1998). *ACE: Adaptive CourseWare Environment*. New Review of HyperMedia and MultiMedia, 4, 141-161.
- Stern, M., and Woolf, B. (2000). *Adaptive Content in an Online lecture system*. Paper presented at the First International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web Based Systems. AH'2000, Trento, Italy, 227-238.
- Sullivan, H., Williams, P., Marchington, M., and Knight, L. (2013). *Collaborative futures: discursive realignments in austere times*. Public Money and Management, 33(2), 123-130.
- Szomszor, M., Cattuto, C., Alani, H., O'Hara, K., Baldassarri, A., Loreto, V., and Servedio, V. D. (2007). Folksonomies, the semantic web, and movie recommendation.
- Tabesh Y., (2008). *Competitive Learning: A Model*, Sharif University of Technology (SUT) Press.
- Tavangarian D., Leybold M., Nölting K. and Röser M., (2004). *Is e-learning the Solution for Individual Learning?* Journal of e-learning, 2004.
- Thorndike, E. L. (1913). *Educational psychology: The psychology of learning*. New York: Teachers College Press.
- Torloting, P. (2006). *Enjeux et perspectives des réseaux sociaux*. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: [http://www.phive-online.com/divers/reseau\\_social/Memoire\\_Reseaux\\_Sociaux\\_Philippe\\_Torloting.pdf](http://www.phive-online.com/divers/reseau_social/Memoire_Reseaux_Sociaux_Philippe_Torloting.pdf)
- Torniai, C., Jovanovic, J., Gasevic, D., Bateman, S., and Hatala, M. (2008). *E-learning meets the social semantic web*, in Proceedings of the 2008 eighth IEEE International conference on advanced learning technologies, Washington, USA, 389-393.
- Trousse, B. (2001), *Présentation des travaux de recherche relatifs à Gestion des connaissances pour l'aide à la conception coopérative de l'Action AID*. Rapport d'activité INRIA 2001. Sophia Antipolis, France. URL: <http://raweb.inria.fr/rapportsactivite/RA2001/aid/aid.pdf>
- Tso-Sutter, K. H., Marinho, L. B., and Schmidt-Thieme, L. (2008). *Tag-aware recommender systems by fusion of collaborative filtering algorithms*. In Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing (pp. 1995-1999). ACM.
- Tuomi, I. (2005). *The future of learning in the knowledge society: Disruptive changes for Europe by 2020*. In Y. Punie and M. Cabrera (Eds.), *The future of ICT and learning in the knowledge society: Report on a joint DG JRC–DG EAC workshop held in Seville, 20–21 October* (pp. 47–85). Luxembourg: European Commission.
- Uschold, M. and Gruninger, M. (1996). *Ontologies: Principles, Methods and Applications*. Knowledge Engineering Review 11(2).
- Villanova-Oliver, M. (2002). *Adaptabilité dans les systèmes d'information sur le Web: modélisation et mise en oeuvre de l'accès progressif*. Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Grenoble-INPG.
- W3C Consortium. (2008). *Extensible Markup Language (XML) 1.0* (fifth edition).

- Wal, T. V (2005). *Explaining and showing broad and narrow folksonomies*. online posting, Feb, 21.
- Wal, T. V. (2009). *Folksonomy coinage and definition*, 2007. Acessado em, 3.
- Wasserman, S., and Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. (Vol. 8). Cambridge university press.
- Weiss, R. E, Knowlton, D.S. and Morrison, G. R. (2002). *Principles for using animation in computer-based instruction: theoretical heuristics for effective design*, Computers in Human Behavior, 18, 4, 465-477.
- Wells, M. (2000). *Office clutter of meaningful personal displays: The role of office personalization in employee and organizational well-being*, Journal of Environmental Psychology, 20, 239 - 255.
- Westerski, A., Kruk, S. R., Samp, K., Woroniecki, T., Czaja, F., and O'Nuallain, C. (2006). E-learning based on the social semantic information sources.
- Wheeler, S. (2009). *e-Learning 3.0 | Learning with 'e's*. [en ligne, Consulté le 20/07/2015]. Disponible à: <http://steviewheeler.blogspot.com/2009/04/learning-30.html#!/2009/04/learning-30.html>
- Williams, P.M. and Sullivan, H. (2007). *Working in Collaboration: Learning from Theory and Practice*. Cardiff: NLIAH
- Wilson, B. G.(1997). *Reflections on constructivism and instructional design*. In C. R. Dills and A. J. Romiszowski (Eds.), *Instructional development paradigms*. 63–80. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Xu, G., Zhang, Y., and Li, L. (2010). *Web mining and social networking: techniques and applications*. 6. Springer Science and Business Media.
- Yessad, A. (2009). *Construction d'un Environnement Pédagogique Adaptatif basé sur les Modèles et Techniques du Web Sémantique*. Doctorat thesis, Badji-Mokhtar University, Annaba, Algeria.
- Zablith., F, Fernandez., M. and Rowe, M. (2011). *The OU Linked Open Data: production and consumption*, In Proceedings of Linked Learning 2011: 1st International Workshop on eLearning Approaches for the Linked Data Age, Proceeding 8th Ex-tended Semantic Web Conference (ESWC2011), CEUR 717, Heraklion, Greece.
- Zhang, D. S., and Adipat, B. (2005). *Challenges, methodologies, and issues in the usability testing of mobile applications*. International Journal of Human-Computer Interaction, 18(3), 293-308.
- Ziegler C.-N., Schmidt- Thieme L. and Lausen G, (2004). *Exploiting semantic product descriptions for recommender systems*, ACM SIGIR Semantic and Information Retrieval Workshop, 2004.