

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
Union - Discipline – Travail

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Institut National Polytechnique

Félix HOUPHOUËT-BOIGNY de Yamoussoukro



Ecole Doctorale Polytechnique

THÈSE UNIQUE

Pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE FELIX HOUPHOUËT-BOIGNY

Mention : Sciences et Technologies

Spécialité : Génie Logiciel et Intelligence Artificielle

SUJET :

**MODELE D'AGENT WEB POUR LE TRAITEMENT DES
PREOCCUPATIONS DES APPRENANTS DANS UN
ENVIRONNEMENT D'ENSEIGNEMENT EN LIGNE.**

Présentée et soutenue publiquement le 29 novembre 2018 par

BAKOUAN Mamadou

JURY

M. BABRI Michel	Professeur Titulaire	INP-HB	Président
M. BEDJA Koffi-Sa	Professeur Titulaire	ENSI Lomé	Rapporteur
M. ADOU Kablan Jérôme	Professeur Titulaire	UFHB	Rapporteur
M. DIBY KADJO Ambroise	Maître de Conférences	UFHB	Examineur
M. OUMTANAGA Souleymane	Professeur Titulaire	INP-HB	Co-Directeur de Thèse
M. KONE Tiemoman	Maître de Recherche	UFHB	Co-Directeur de Thèse

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes parents.

Remerciements

Les péripéties furent nombreuses et sans l'aide et le soutien inconditionnel de certaines personnes, je n'y serais peut-être pas parvenu.

Mes remerciements personnels se dirigent donc tout naturellement vers :

- Le Professeur OUMTANAGA Souleymane et le Professeur KONE Tiemoman, pour nous avoir donné la chance de travailler dans ce domaine de recherche et la confiance qu'ils m'ont accordé ;
- M. YAO Benjamin, Professeur à l'Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY de Yamoussoukro et directeur de l'Ecole Doctorale Polytechnique pour ses conseils qui nous ont accompagnés tout au long de notre cursus à l'Ecole Doctorale Polytechnique ;
- M. BABRI Michel, Professeur à l'Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT-BOIGNY de Yamoussoukro et directeur du LARIT, qui a accepté de présider notre jury de thèse ;
- M. BEDJA Koffi-Sa, Professeur de l'Université de Lomé et de l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs du Togo, et M. ADOU Kablan Jérôme, Professeur Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan Côte d'Ivoire, les rapporteurs de cette thèse pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail ;
- M. DIBY K. Ambroise, Maître de Conférences à l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan Côte d'Ivoire, pour avoir accepté d'examiner notre travail ;
- Au Président du Conseil Scientifique du LARIT, Professeur Georges LOUM ainsi qu'à tous les encadreurs du laboratoire qui nous ont fait bénéficier de leur sage conseil ;
- Mon père et ma mère Monsieur et Madame BAKOUAN pour leur soutien tant moral que financier et pour la confiance qu'ils m'ont accordé jusqu'à ce jour ;
- Les docteurs KAMAGATE Beman, ADEPO Joël, COULIBALY Tiekoura, ANOH Georges, TRAORE Issa et Monsieur KIMENYI Philippe pour leurs conseils et leur aide tout au long de la rédaction de ce mémoire. Nous les remercions pour la familiarité dont ils nous ont fait part, et le soutien moral, quand nous en avons le plus besoin ;
- Enfin, que toutes les personnes n'ayant pu être citées trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Résumé

Nous présentons dans cette thèse, un modèle d'agent virtuel susceptible de répondre automatiquement aux préoccupations des apprenants sur une plateforme de formation en ligne. Le défi dans ce modèle pédagogique intégrant un agent virtuel est de comprendre la question posée. Le modèle d'agent virtuel proposé s'appuie sur un nouvel algorithme de traitement de questions. Cet algorithme permet à l'agent web de sélectionner la meilleure question pré-enregistrée correspondant à une question posée à partir d'un nouvel indice de similarité et d'une ontologie des mots clés de chaque domaine. La première phase du processus permet de sélectionner les k préoccupations préalablement stockées par l'enseignant dans une base de connaissances et qui sont les plus proches de celles posées par l'apprenant. La seconde phase consiste à sélectionner parmi ces k préoccupations, la plus appropriée. Cela se fait à partir du nouvel indice de similarité des mots clés du domaine et d'une ontologie prenant en compte le sens des termes d'un domaine. L'expérimentation du prototype de l'agent virtuel permet de trouver les réponses adéquates. L'hybridation de l'agent virtuel avec l'agent humain vient enrichir la base de connaissances initiale de l'agent virtuel. Les résultats obtenus avec le concept des mots-clés du domaine sont encourageants. Le taux de compréhension des préoccupations de l'apprenant est supérieur à 50% lorsqu'on applique le concept de mots-clés du domaine alors que le taux de compréhension des préoccupations est inférieur à 50% en appliquant uniquement l'indice de Dice.

Mots clés : métadonnées, ontologies, similarité sémantique, langage naturel, web sémantique, chatbot.

Summary

In this thesis, we present a virtual agent model that can automatically respond to learners' concerns on an online training platform. The challenge in this pedagogical model integrating a virtual agent is to understand the question asked. The proposed virtual agent model builds a new issue processing algorithm. This algorithm allows the web agent to select the best pre-recorded question corresponding to a question asked from a new similarity index and a keyword ontology of each domain. The first phase of the process allows to select the k concerns previously stored by the teacher in a knowledge base and which are closest to those posed by the learner. The second phase consists in selecting among these k concerns, the most appropriate. This is done from the new index of similarity of the keywords of the domain and from an ontology taking into account the sense of the terms of a domain. Experimenting with the prototype of the virtual agent can find the right answers. Hybridization of the virtual agent with the human agent enriches the initial knowledge base of the virtual agent. The results obtained with the concept of domain keywords are encouraging. The learners' comprehension rate is greater than 50% when applying the domain keyword concept while the understanding rate of the concerns is less than 50% applying only the Dice index.

Key words: *metadata, ontologies, semantic similarity, natural language, semantic web, chatbot.*

Table des matières

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé.....	iii
Summary.....	iv
Table des matières.....	v
Liste de figures.....	ix
Liste de tableaux.....	xi
Liste des acronymes.....	xii
Introduction générale.....	1
1 Contexte.....	1
2 Problématique.....	1
3 Contributions.....	2
4 Plan du manuscrit.....	2
Chapitre 1 – Technologies associées à l’enseignement en ligne.....	3
1.1 Introduction.....	4
1.2 Définition de l’enseignement en ligne.....	5
1.2.1 Historique et évolution de l’enseignement en ligne.....	6
1.2.2 Attributs de l’enseignement en ligne : La flexibilité.....	7
1.2.3 Apprentissage centré sur l’apprenant.....	8
1.2.4 Le rôle des enseignants.....	9
1.2.5 Difficultés de communication dans l’enseignement en ligne.....	10
1.3 Technologies Web sémantique.....	11
1.3.1 World Wide Web Consortium (W3C).....	13
1.3.1 Web de données liées.....	17
1.3.2 Vocabulaire du Web sémantique.....	17
1.3.3 Requête dans le contexte Web sémantique.....	18
1.3.4 Inférence dans le Web sémantique.....	19
1.3.5 Applications verticales dans le Web sémantique.....	20
1.4 Langages du Web sémantique.....	20
1.4.1 Le langage XML.....	22

1.4.2	Les liens et les balises d'entête de XML	22
1.4.3	Le langage RDF	23
1.5	Ontologie	25
1.5.1	Définition formelle de l'ontologie	25
1.5.2	Composants de l'ontologie.....	26
1.5.3	Construction de l'ontologie	27
1.5.4	Langages d'ontologie.....	29
1.5.5	Langage d'ontologie Web (OWL).....	29
1.5.6	Editeurs d'ontologies.....	30
1.5.7	Rôle de l'ontologie dans le Web sémantique.....	31
1.6	Mesure de similarité entre phrases.....	33
1.6.1	Similarité basée sur le corpus.....	33
1.6.2	Rôle de la similarité dans le traitement automatique du texte	35
1.7	Le modèle TF-IDF	37
1.8	Le principe de TF-IDF	38
1.9	Conclusion partielle	38
Chapitre 2 – Etat de l'art sur les agents virtuels		39
2.1	Introduction	39
2.2	Les Agents web et l'enseignement en ligne	40
2.2.1	Différents types d'apprentissage en ligne	41
2.2.2	L'apprentissage mixte.....	43
2.3	Catégories de technologies d'apprentissage en ligne	44
2.4	Catégories d'agents web	46
2.4.1	Les aspects conversationnels	47
2.4.2	Stratégie de gestion du dialogue.....	49
2.4.3	Stratégies d'interaction	49
2.4.4	Stratégies de confirmation	50
2.5	Modèle de maturité des agents web.....	51
2.5.1	Acquisition de connaissances.....	54
2.6	Conclusion partielle	56
Chapitre 3 – Algorithme de traitement de questions par similarité entre phrase.....		57

3.1	Introduction	57
3.2	Nouvel indice de similarité de phrases.....	58
3.2.1	Sélection d'un ensemble de meilleures questions.....	58
3.2.2	Processus de sélection de la meilleure question.....	59
3.2.3	Description du processus de recherche de la meilleure question	60
3.3	Algorithme de traitement de questions	61
3.3.1.	Description de l'algorithme	61
3.4	Fonctionnement global de l'agent virtuel	65
3.4.1	Description des composants du schéma du fonctionnement global de l'agent virtuel.....	66
3.5	Evaluation de l'algorithme proposé	67
3.5.1.	Description de l'environnement	67
3.5.2.	Métriques d'évaluation.....	72
3.5.3	Résultats.....	72
3.6	Conclusion partielle	75
Chapitre 4 – Intégration de l'agent virtuel dans une plateforme pédagogique et évaluation		76
4.1	Introduction.....	76
4.2	Plateforme pédagogique de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire.....	77
4.3	Intégration de l'agent virtuel dans la plateforme pédagogique.....	80
4.4	Représentation de la base de connaissance.....	82
4.5	Schéma de l'intégration de l'agent virtuel	83
4.6	Evaluation de la satisfaction des apprenants	86
4.6.1	Les apprenants ayant participé à l'évaluation de la satisfaction.....	87
4.6.2	Amélioration des interactions avec l'agent virtuel.....	88
4.6.3	Satisfait du délai (temps) de réponse aux préoccupations des apprenants	89
4.6.4	Satisfait du niveau de correspondance des réponses aux préoccupations des apprenants....	90
4.6.5	Satisfait des réponses données aux préoccupations des apprenants par l'agent virtuel	91
4.6.6	Evaluer l'agent virtuel (Note sur 20)	93
4.7	Conclusion partielle	94
Conclusion générale et perspectives.....		95
Conclusion générale.....		95
Perspectives		96

Articles publiés	97
Bibliographie	98
Annexe.....	110

Liste de figures

Figure 1 : Développement du Web sémantique	12
Figure 2 : Schéma du Web sémantique.....	14
Figure 3 : Technologies Web sémantique	16
Figure 4 : Architecture du Web sémantique	21
Figure 5 : Schéma de construction d'une ontologie.....	28
Figure 6 : Modèle TF-IDF	37
Figure 7 : Agent virtuel IKEA.....	47
Figure 8 : Les aspects conversationnels [140].....	50
Figure 9 : Schéma de l'ontologie	59
Figure 10 : Processus de nettoyage des stopwords.....	62
Figure 11 : Processus de lemmatisation des termes.....	62
Figure 12 : Processus d'analyse des termes communs	63
Figure 13 : Mesure de similarité basée sur les mots clés du domaine.....	64
Figure 14 : Principe de fonction de l'agent virtuel.....	65
Figure 15 : Fenêtre permettant à l'apprenant de soumettre sa préoccupation à l'agent virtuel.....	69
Figure 16 : Proposition de question après l'analyse de la préoccupation de l'apprenant.....	69
Figure 17 : L'apprenant confirme la proposition de question.....	70
Figure 18 : La proposition de question ne correspond pas à la préoccupation de l'apprenant	71
Figure 19 : Représentation du taux de compréhension des questions basé sur l'indice de Dice et le concept de mots clés du domaine	74
Figure 20 : Page d'accueil de la plateforme pédagogique de l'UVCI.....	77
Figure 21 : Espace d'authentification des utilisateurs	78
Figure 22 : Tableau de bord de la plateforme pédagogique de l'UVCI	78
Figure 23 : Espace de cours en ligne	79
Figure 24 : Cours d'architecture des ordinateurs.....	80
Figure 25 : Architecture du service Web	81
Figure 26 : Architecture de la base de connaissance de l'agent virtuel.....	82
Figure 27 : Processus d'authentification de l'apprenant	84
Figure 28 : processus d'échange avec l'agent virtuel.....	84
Figure 29 : L'enseignant reçoit la préoccupation de l'étudiant envoyée par le tuteur virtuel	85

Figure 30 : Réponse de l'enseignant à la préoccupation de l'apprenant.....	85
Figure 31 : Les spécialités de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire	87
Figure 32 : Amélioration des interactions avec l'agent virtuel	89
Figure 33 : délai (temps) de réponse aux préoccupations des apprenants	90
Figure 34 : niveau de correspondance des réponses aux préoccupations des apprenants.....	91
Figure 35 : satisfait des réponses données aux préoccupations par l'agent virtuel	92
Figure 36 : Evaluer l'agent virtuel (Note sur 20)	93

Liste de tableaux

Tableau 1: Principe de calcul du taux de compréhension des questions avec l'indice de Dice	73
Tableau 2: Principe de calcul du taux de compréhension des questions avec le concept de mots clés du domaine	73
Tableau 3 : Taux de compréhension des questions base sur l'indice de Dice et le concept de mots clés du domaine	74
Tableau 4 : Durée de réponse lorsqu'une question est soumise au système pour la première fois (Durée en secondes)	75
Tableau 5 : Durée de réponse lorsqu'une question est soumise au système pour une seconde fois (Durée en secondes).....	75
Tableau 6 : Questionnaire de satisfaction	87
Tableau 7: Résultat de l'enquête sur l'amélioration des interactions avec l'agent virtuel.....	88
Tableau 8: Résultat da la satisfaction du délai (temps) de réponse aux préoccupations des apprenants ...	90
Tableau 9: Résultat de satisfaction du niveau de correspondance des réponses aux préoccupations des apprenants	91
Tableau 10: Résultat de satisfaction des réponses données aux préoccupations des apprenants par l'agent virtuel	92
Tableau 11: Résultat de l'évaluer de l'agent virtuel (Note sur 20)	93

Liste des acronymes

BAC	Baccalauréat
TIC	Technologies de l'Information et de la communication
UVCI	Université Virtuelle de Côte d'Ivoire
OWL	Ontology Web Language
HTML	Hypertext Markup Language
W3C	World Wide Web Consortium
XML	Extensible Markup Language
RDF	Resource Description Framework
SPARQL	Standard query language and protocol for Linked Open Data on the web or for semantic graph databases
RDFS	Resource Description Framework Schema
SQL	Structured Query Language
URI	Uniform Resource Identifier
DAML	Darpa Agent Markup Language
OIL	Ontology Inference Layer
DL	Logique de description
SWRL	Semantic Web Rule Language
TALN	Traitement Automatique de la Langue Naturelle
TF-IDF	Term Frequency-Inverse Document Frequency
JEX	Jefferson Education Exchange
SOAP	Simple Object Access Protocol
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
WSDL	Web Services Description Language

Introduction générale

SOMMAIRE

1	Contexte.....	1
2	Problématique.....	1
3	Contributions.....	2
4	Plan du manuscrit.....	2

1 Contexte

Le nombre élevé de bacheliers constitue un défi pour le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique [1]. Les universités et grandes écoles publiques ne peuvent absorber qu'un tiers des nouveaux bacheliers. Pour faire face à ce défi, l'Etat s'oriente vers les nouvelles technologies à travers la mise en place de l'enseignement en ligne [2]. Il s'agit d'un espace d'apprentissage interactif avec des activités d'apprentissage conçues pour impliquer les apprenants et pour permettre un travail collaboratif dans une formation centrée sur l'apprenant. Dans le modèle de l'enseignement en ligne, le tuteur physique joue le rôle d'encadreur [3]. Le tuteur physique étant débordé ne parvient pas à donner satisfaction à certaines préoccupations des apprenants. D'où l'introduction des agents Web dans l'environnement d'enseignement en ligne. Les agents virtuels sont des personnages virtuels interactifs qui ont pour mission de fournir de l'assistance à un utilisateur dans des environnements médiatisés. Des précédents travaux de recherche ont montré que cette technologie semble avoir une influence positive sur l'apprentissage [4]. En outre, la présence des agents virtuels interactifs également appelés Chatbot, en prenant le rôle de tuteur [5], semble avoir des effets positifs sur l'engagement des étudiants [6] et sur l'efficacité de l'enseignement [7].

2 Problématique

Le tuteur physique étant débordé ne parvient pas à donner satisfaction à certaines préoccupations des apprenants. Il ne peut pas ajuster le niveau d'enseignement aux besoins de chaque apprenant. Cela suscite parfois le sentiment d'abandon chez certains apprenants. Pour y remédier, nous proposons un agent virtuel qui contribue à la prise en charge des préoccupations des apprenants de façon permanente. Il s'agit d'alléger la tâche des

enseignants et des tuteurs en contribuant à l'encadrement et à la prise en charge efficace des préoccupations des étudiants.

3 Contributions

Les études réalisées dans le cadre de cette thèse permettent de répondre à la problématique énumérée dans le paragraphe précédent. Notre contribution se décline principalement en deux résultats :

- **Mise au point de mécanismes utilisés par l'agent virtuel pour comprendre les préoccupations des apprenants.**

Nous proposons un nouvel indice de similarité de phrase. Cet indice est une adaptation de l'indice de Dice pour calculer la similarité entre phrases, il est basé sur une estimation de la mesure de similarité des mots clés du domaine.

- **Nouvelle architecture de l'intégration de l'agent virtuel dans un environnement d'enseignement en ligne.**

Dans le fonctionnement de la nouvelle architecture de l'agent virtuel, le processus est déclenché lorsque l'apprenant soumet une préoccupation. Ensuite, la préoccupation est traitée, il s'agit de trouver la réponse adaptée à la préoccupation de l'apprenant. Enfin, une réponse est proposée à l'apprenant, qui nécessite une confirmation. Lorsque l'agent virtuel ne trouve pas la réponse adaptée, il fait recours à l'agent humain (Enseignants, Tuteurs). L'agent humain est amené à répondre à la préoccupation de l'apprenant.

4 Plan du manuscrit

Ce manuscrit est organisé en quatre (04) chapitres comportant une introduction générale et une conclusion générale. L'introduction générale présente le contexte, la problématique de la thèse ainsi que les objectifs visés. Dans le chapitre 1, nous présentons les technologies associées à l'enseignement en ligne. Le chapitre 2 porte sur les agents virtuels également appelés chatbot. Le chapitre 3 présente les algorithmes de traitement de questions par similarité entre phrases et le processus d'évaluation de la performance du système. Dans le chapitre 4, nous décrivons le processus d'intégration de l'agent virtuel dans la plateforme d'enseignement en ligne de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire. Enfin, nous présentons les critères d'évaluation de la satisfaction des apprenants.

En conclusion, nous présentons une synthèse de nos contributions ainsi que les perspectives pour la suite de ce travail de recherche.

Chapitre 1 – Technologies associées à l'enseignement en ligne

SOMMAIRE

1.1	Introduction.....	4
1.2	Définition de l'enseignement en ligne.....	5
1.2.1	Historique et évolution de l'enseignement en ligne.....	6
1.2.2	Attributs de l'enseignement en ligne : La flexibilité.....	7
1.2.3	Apprentissage centré sur l'apprenant.....	8
1.2.4	Le rôle des enseignants.....	9
1.2.5	Difficultés de communication dans l'enseignement en ligne.....	10
1.3	Technologies Web sémantique.....	11
1.3.1	World Wide Web Consortium (W3C).....	13
1.3.1	Web de données liées.....	17
1.3.2	Vocabulaire du Web sémantique.....	17
1.3.3	Requête dans le contexte Web sémantique.....	18
1.3.4	Inférence dans le Web sémantique.....	19
1.3.5	Applications verticales dans le Web sémantique.....	20
1.4	Langages du Web sémantique.....	20
1.4.1	Le langage XML.....	22
1.4.2	Les liens et les balises d'entête de XML.....	22
1.4.3	Le langage RDF.....	23
1.5	Ontologie.....	25
1.5.1	Définition formelle de l'ontologie.....	25
1.5.2	Composants de l'ontologie.....	26
1.5.3	Construction de l'ontologie.....	27
1.5.4	Langages d'ontologie.....	29
1.5.5	Langage d'ontologie Web (OWL).....	29
1.5.6	Editeurs d'ontologies.....	30
1.5.7	Rôle de l'ontologie dans le Web sémantique.....	31
1.6	Mesure de similarité entre phrases.....	33

1.6.1	Similarité basée sur le corpus.....	33
1.6.2	Rôle de la similarité dans le traitement automatique du texte	35
1.7	Le modèle TF-IDF	37
1.8	Le principe de TF-IDF	38
1.9	Conclusion partielle.....	38

1.1 Introduction

L'enseignement en ligne se distingue de l'enseignement traditionnel par les médias et les outils utilisés pour enseigner. Clark et Yates affirment que les différents types de médias fournissent simplement des instructions sans influencer le processus d'apprentissage, mais le but de l'enseignement reste le même. Les médias et la technologie ne sont que des moyens pour véhiculer l'enseignement et ils n'affectent pas directement l'apprentissage [8]. Ce qui compte, c'est le contenu et la stratégie pédagogique qui s'appuie sur les outils d'apprentissage [9].

Garrison et Anderson estiment toutefois que l'innovation technologique a eu un impact considérable sur l'apprentissage. La technologie Web a transformé l'expérience d'enseignement et d'apprentissage [10]. La technologie a changé ce que nous devons savoir, [11] tout comme avec la révolution de Gutenberg, l'invention du type mobile a permis de préserver et de diffuser les connaissances à l'aide de textes écrits, plutôt que de simples moyens oraux. Un système informatique interactif offre une nouvelle forme de représentation des connaissances différente du mode d'écriture [12]. L'enseignement en ligne diffère donc intrinsèquement de l'enseignement en face à face. Comme Garrison et Anderson le soutiennent, «la technologie Web affecte directement l'affichage, l'interaction, le coût et la conception des résultats éducatifs » [9].

Bien qu'il y ait des conflits sur l'utilité de l'enseignement en ligne, en général, l'enseignement en ligne est perçu positivement par les enseignants et les apprenants [13]. Si la technologie est intégrée dans le processus d'enseignement, l'enseignement en ligne peut être un excellent moyen de renforcement du dispositif d'enseignement. Il est considéré comme un moyen rentable de diffuser des connaissances, à la fois pour les apprenants, les universités et les autres établissements d'enseignement [14]. Dans la suite de ce chapitre, nous expliquerons le fonctionnement de l'enseignement en ligne et les technologies Web utilisées pour l'enseignement en ligne.

1.2 Définition de l'enseignement en ligne

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, l'enseignement en ligne est défini comme « l'utilisation des technologies, des ressources et des supports pédagogiques spécifiques pour faciliter l'apprentissage et l'enseignement entre apprenants et enseignants séparés par le temps ou le lieu ». Aux États-Unis, la loi sur l'enseignement supérieur promulguée par le ministère définit l'enseignement en ligne comme « l'utilisation d'une ou de plusieurs technologies pour dispenser un enseignement aux apprenants séparés de l'enseignant, de manière synchrone ou asynchrone » [15]. Les deux définitions mettent l'accent sur la séparation physique entre l'apprenant et l'enseignant dans le temps et / ou l'espace. En d'autres termes, au sens large, le terme d'enseignement en ligne peut être utilisé pour décrire de nombreuses situations pédagogiques [16].

De toute évidence, les deux définitions sont encore trop larges et vagues car l'enseignement en ligne qui emploie des services Internet sont tous caractérisés par des caractéristiques différentes et les parties impliquées interagissent différemment. En outre, l'enseignement en ligne est répandu non seulement dans les universités, mais il est également utilisé dans les entreprises pour former les employés. L'enseignement en ligne est utilisé par des personnes d'horizons très divers, en fonction de l'âge, de la culture, de l'histoire de l'éducation et du statut social. Différents cours en ligne employés dans des situations diverses offrent aux individus qui les utilisent des expériences très divergentes. En outre, des termes similaires, tels que l'apprentissage virtuel, l'apprentissage en ligne, sont souvent utilisés de manière interchangeable sans définitions explicites. Cette utilisation de la terminologie « enseignement en ligne » ne permet pas aux chercheurs de mener des études croisées et de s'appuyer sur des études antérieures [17].

Il est donc nécessaire de définir clairement le terme « enseignement en ligne » tel qu'il est utilisé dans cette thèse. La définition de l'enseignement en ligne décrite dans cette thèse est empruntée à la définition de l'e-learning de Garrison et Anderson et se réfère à « la communication asynchrone et synchrone pour construire les ressources d'apprentissage ». « La technologie de l'e-learning telles que Internet et les technologies de communication associées sont utilisées pour diffuser les connaissances » [9].

1.2.1 Historique et évolution de l'enseignement en ligne

Le processus d'enseignement en ligne n'est pas nouveau pour la communauté éducative. Il est difficile de dire exactement quand l'apprentissage à distance a commencé [18]. Tifflin et Rajasingham [19] ont décrit les épîtres de Paul l'apôtre comme une forme d'éducation à la correspondance religieuse. Des lettres écrites sur des papyrus par des scribes ont été livrées par des messagers aux premières communautés chrétiennes pour promulguer et expliquer le dogme religieux. Bien que cela puisse sembler être une partie du raisonnable, il s'agissait essentiellement d'un programme d'apprentissage à distance.

Des programmes de correspondance formelle ont été lancés en Europe. Holmberg [20] a retracé le développement des cours par correspondance dès les années 1830 en Suède, en Allemagne et en Grande-Bretagne. Picciano [18] attribue à Isaac Pitman l'établissement d'un programme de correspondance réussi en Grande-Bretagne en 1840. Il a également reconnu des programmes au Skerry's College à Édimbourg en 1878 et à la Correspondance universitaire.

Au début des années 1700, des cours de courrier et de correspondance complétés par des conférences publiques dans des salles de lycée existaient en Amérique [21]. L'éducation à distance n'est ni une nouvelle méthode de conception et de prestation éducative, ni une nouvelle idée ou un nouveau concept. Selon Jayroe [22], l'enseignement en ligne a évolué au début des années 1700 sous la forme d'une correspondance postale. L'enseignement en ligne a connu une croissance sans précédent dans la conception, la livraison et le nombre de cours. Au moment d'écrire ces lignes, les possibilités futures de l'enseignement en ligne semblaient illimitées et devraient avoir un impact continu et profond sur la manière dont les individus communiquent et apprennent [23].

La controverse sur l'enseignement en ligne aux États-Unis remonte à la fin des années 1890. William Rainey Harper, fondateur de l'Université de Chicago, a lancé un programme d'enseignement en ligne lors de l'ouverture de l'université. Deux des étoiles les plus brillantes qu'il avait recrutées comme doyens de la nouvelle université ont menacé de démissionner en entendant qu'il avait l'intention de lancer des études par correspondance. Cet incident annonçait une série d'arguments interminables à l'Université de Chicago, qui ont finalement pris fin en 1963, lorsque l'université a vendu ses cours à l'Université du Wisconsin [24].

Depuis plus de 100 ans, l'enseignement en ligne constitue une méthode alternative pour dispenser des cours théoriques aux étudiants qui ne peuvent pas suivre les cours traditionnels

sur campus. Le format de l'enseignement en ligne a varié d'un cours par correspondance à des cours basés sur la technologie utilisant Internet. L'enseignement en ligne a offert aux étudiants des avantages considérables, notamment un accès accru à l'apprentissage, des possibilités d'apprentissage tout au long de la vie et la commodité du temps et du lieu des études [25]. L'enseignement en ligne peut être essentiel pour les apprenants qui sont vraiment confinés à la maison en raison de facteurs tels que l'emploi, les exigences en matière de garde d'enfants, le handicap ou l'éloignement du lieu où ils vivent [26].

Depuis les dernières décennies du XXe siècle, l'environnement d'enseignement et d'apprentissage dans les collèges et les universités s'est considérablement étendu au-delà des limites des classes traditionnelles [27]. Outre les possibilités d'apprentissage en ligne et à distance, de nombreux étudiants ont participé à un apprentissage expérientiel structuré qui leur a permis de tester les bases académiques et les connaissances auxquelles ils sont exposés dans des classes bien au-delà des murs de la classe.

La satisfaction des étudiants et le succès éventuel d'un programme d'apprentissage à distance peuvent être favorisés en fournissant un cadre pédagogique qui favorise l'apprentissage. L'enseignement en ligne s'appuie sur les méthodes d'apprentissage traditionnelles, tout en élargissant les lieux d'apprentissage pour soutenir les objectifs d'apprentissage « partout et à tout moment ».

1.2.2 Attributs de l'enseignement en ligne : La flexibilité

Par rapport à l'enseignement en classe, l'attribut le plus évident de l'enseignement en ligne est la flexibilité. Avec un équipement approprié, les apprenants peuvent accéder aux informations sur les cours sans contraintes de temps ou limites géographiques. La flexibilité est généralement considérée comme le plus grand avantage de l'enseignement en ligne. L'idée de base de l'enseignement en ligne est que les enseignants et les étudiants sont dans des lieux différents la plupart du temps [28]. Selon Holmberg, la commodité, la flexibilité et l'adaptabilité des cours à distance sont les principales raisons pour lesquelles les apprenants choisissent ce mode d'enseignement plutôt que des cours sur le campus [20]. Ceci est particulièrement important pour les apprenants adultes qui le choisissent de manière à pouvoir équilibrer les responsabilités familiales, professionnelles et communautaires [14].

En outre, comme le dit Laurillard, «la flexibilité » fait généralement référence à la logistique, permettant aux apprenants d'étudier où et quand est le mieux pour eux, et au choix du programme [29]. La flexibilité ne consiste pas seulement à apprendre à des moments et dans

des espaces préférés, mais aussi à apprendre à son propre rythme. Cela aide certains apprenants à créer des expériences d'apprentissage plus approfondies et leur permet de consacrer moins de temps aux informations qu'ils connaissent déjà, afin qu'ils puissent se concentrer sur ce qu'ils ne savent pas [14].

Pour les enseignants, la flexibilité consiste à préparer les supports de cours quand et où cela leur convient le mieux. Les enseignants peuvent mettre à jour les documents et permettre aux apprenants de voir les changements immédiatement [30]. Il est également plus facile pour les enseignants d'orienter les apprenants vers des informations appropriées sur Internet en fonction de leurs besoins [30]. De plus, grâce à un système de gestion de l'apprentissage bien conçu, les enseignants peuvent évaluer les besoins des apprenants et leur niveau actuel d'expertise, puis assigner des tâches appropriées aux apprenants pour atteindre les résultats d'apprentissage souhaités [30].

1.2.3 Apprentissage centré sur l'apprenant

Dans l'enseignement contemporain, on s'est tourné vers des approches plus centrées sur l'apprenant. De nombreux chercheurs de l'enseignement en ligne se concentrent désormais sur les approches centrées sur l'apprenant afin de répondre aux besoins d'un monde en mutation [31]. Garrison et Anderson soutiennent que l'enseignement en ligne n'est pas plus centré sur l'apprenant que ne l'est l'enseignement traditionnel, car l'enseignement est la transaction entre et parmi les enseignants et les apprenants, quel que soit le type d'enseignement [32]. Néanmoins, l'enseignement en ligne favorise un environnement d'apprentissage centré sur l'apprenant plus facilement. Comme Smaldino et al, expliquent : « L'approche centrée sur l'apprenant en matière d'apprentissage s'intègre bien dans les environnements d'enseignement en ligne. De par sa nature même, l'enseignement en ligne exige que les étudiants participent au processus d'apprentissage » [14]. Puisque les étudiants décident quand, où et à quel rythme ils apprendront, ils sont et doivent être plus activement impliqués dans le processus d'apprentissage.

Par conséquent, l'efficacité et la satisfaction de l'apprentissage dépendent fortement de l'apprenant lui-même. Tous les étudiants ne sont pas adaptés à ce type d'enseignement. Par exemple, la connaissance des ordinateurs influence grandement leur expérience éducative. Les études suggèrent un lien entre des compétences informatiques plus élevées et un plus grand plaisir des cours en ligne [33]. Par ailleurs, une connaissance et une sensibilisation insuffisantes ou incomplètes de l'ordinateur compromettent la qualité et la pertinence du cours

[33]. Pour réussir dans les cours en ligne, les apprenants doivent posséder certaines aptitudes et caractéristiques [16]. Ils doivent s'entraîner consciemment pour être disciplinés en termes d'études [17].

En outre, les caractéristiques de la personnalité étudiante influent considérablement sur les acquis de l'apprentissage dans un environnement d'enseignement en ligne basé sur le Web [34]. Wherry a noté que « centré sur l'apprenant » signifie trop souvent que les supports de cours sont simplement mis à disposition et que l'étudiant doit les comprendre [35]. Smaldino et al, passent en revue les études précédentes sur les attributs de l'apprenant dans l'enseignement en ligne et conclut que plusieurs caractéristiques influent sur la réussite de l'apprenant dans l'environnement de l'enseignement en ligne. Les étudiants qui sont jeunes et ont un niveau d'études plus élevé sont plus susceptibles de suivre des cours en ligne. De plus, la motivation et une attitude positive envers l'enseignant sont également des facteurs essentiels qui contribuent au succès des apprenants éloignés [14].

1.2.4 Le rôle des enseignants

L'importance de l'autonomie des étudiants ne signifie pas que les tuteurs ont moins de responsabilités. Il existe toutefois des divergences dans les études sur le temps consacré à l'enseignement en ligne [36].

Zhou et Nunamaker indiquent que le temps de préparation des enseignants a augmenté [37] et que les enseignants doivent concevoir et planifier des cours complètement avant de commencer [38]. Les supports de cours ne sont pas simplement mis en ligne. Ils doivent être organisés de manière adaptée à tous les apprenants. La présentation du contenu doit être intuitive pour les différents types d'étudiants susceptibles d'interagir avec elle [14]. Dans l'enseignement en ligne, le contenu du cours peut être sous différents formats, tels que le multimédia, la vidéo et le texte. Cela donne accès à un contenu d'apprentissage qui utilise tous les attributs des médias [32]. Par conséquent, l'enseignant doit prendre en compte les éléments technologiques et leurs effets sur les étudiants. Certains chercheurs suggèrent que la création d'un cours en ligne de qualité nécessite la coopération d'experts en la matière, de spécialistes des médias et de la technologie et de concepteurs pédagogiques [14]. Personne ne possède toutes les compétences nécessaires pour développer et dispenser un cours à distance.

En outre, les enseignants doivent non seulement se familiariser avec le matériel et le système de gestion de l'apprentissage requis pour les utiliser efficacement dans l'enseignement, mais ils doivent également se préoccuper des problèmes techniques rencontrés par les étudiants lors

de la connexion aux didacticiels [14]. L'enseignant est la personne que les apprenants contactent le plus fréquemment. Si les apprenants ont des questions sur le contenu éducatif ou les problèmes techniques, l'enseignant est généralement la première personne à rechercher de l'aide. De plus, à mesure que l'enseignement s'éloigne des classes habituelles, l'environnement en ligne devient souvent un défi pour les instructeurs [14]. De nombreuses compétences et techniques importantes dans les situations en face à face ne sont pas applicables en ligne et certains enseignants doivent apprendre de nouvelles méthodes d'enseignement et désapprendre certaines anciennes [38].

Par exemple, les enseignants utilisent souvent des indices visuels tels que les expressions faciales dans la communication auditive avec les étudiants après les cours pour évaluer et ajuster l'approche pédagogique d'un cours [35]. Dans un cours en ligne, tous ces indices visuels et auditifs sont éliminés et difficiles à déchiffrer. Les réactions immédiates, qu'elles proviennent de l'apprenant ou d'enseignants font également défaut dans l'enseignement en ligne asynchrone. Ainsi, les étudiants peuvent s'éloigner de la situation tout au long de leur processus d'apprentissage [35]. Dans un environnement textuel, les enseignants doivent modifier leur comportement en réponse aux nouvelles possibilités offertes par le support [39]. De nouveaux défis apparaissent pour les enseignants. Ils ne peuvent pas vraiment contrôler ce qui est posté et comment les autres apprenants y répondent [39].

1.2.5 Difficultés de communication dans l'enseignement en ligne

Il y a des avantages et des inconvénients à l'enseignement en ligne. En raison de la nature inhérente des cours en ligne, les possibilités d'interaction lors des activités d'apprentissage en ligne sont rares et irrégulières, même si leur importance a été soulignée [40].

La flexibilité dans le temps, le style d'apprentissage et le rythme sont autorisés, valorisés et même encouragés dans l'enseignement en ligne. L'environnement d'autoformation semble toutefois être en contradiction avec les efforts de collaboration. Par conséquent, ce type d'enseignement est souvent perçu et vécu comme une manière solitaire d'apprendre [32].

En outre, l'intérêt des étudiants peut diminuer en raison des retards dans les réponses asynchrones, ce qui peut également susciter des sentiments de frustration et de solitude. Des recherches antérieures ont montré que l'isolement est un problème majeur dans l'enseignement en ligne [40]. De plus, les médias textuels ne peuvent pas livrer pleinement le langage corporel et le ton de la voix [41] et ne permettent pas un échange facile, ce qui est crucial pour donner un sens clair [35]. Par conséquent, trouver des moyens de préserver les avantages

d'une liberté maximale des étudiants tout en soutenant les possibilités de développement communautaire et de soutien mutuel entre personnes de manière rentable sont devenu le plus grand défi de la communauté de l'enseignement en ligne pour certains chercheurs [32].

Un autre problème de communication dans l'enseignement en ligne est le manque d'interaction informelle. L'interaction informelle, définie comme « des interactions qui n'ont pas d'horaire ou de lieu défini, est spontanée, non planifiée et brève, où le sujet de la conversation peut changer au cours de l'interaction » [40], est un élément vital dans la construction de la communauté. L'interaction informelle peut aider les apprenants à apprendre les uns des autres et à valider leurs points de vue tout en étant exposés et en comprenant ceux d'autrui en partageant leurs points de vue personnels [41]. L'interaction informelle est également signalée par les apprenants en tant que composantes précieuses de l'expérience d'apprentissage totale [14].

Toutefois, les étudiants qui suivent des cours en ligne ont tendance à se « concentrer » sur leur propre apprentissage. Cela est également confirmé par Duffy et Kirkley, bien qu'ils y voient un avantage. Ils croient que dans la classe, le temps de discussion est gaspillé pour parler ou faire un projet, mais ne pas penser aux problèmes ou les apprenants ne participent tout simplement pas. Les étudiants en ligne peuvent se concentrer davantage sur les sujets dans une discussion centrée sur les problèmes et ajouter leur expérience personnelle et professionnelle pertinente aux discussions [42]. Le manque de communication et d'interaction qui en découle rend plus difficile la création de communautés dans l'enseignement en ligne que dans l'enseignement ordinaire. Après tout, comme l'expliquent Duffy et Kirkley, « faire partie d'une classe ne vient pas du fait de s'asseoir dans une pièce, mais de se parler. C'est la communication avec les pairs qui est considérée comme centrale dans l'environnement d'apprentissage à distance » [35]. L'enseignement en ligne se base sur une plateforme d'enseignement appelé aussi LMS (Learning Management System). Cette plateforme utilise certaines technologies du web pour son fonctionnement. Nous allons présenter dans la section suivante, quelques technologies utilisées.

1.3 Technologies Web sémantique

L'idée d'étendre le Web axé sur l'utilisateur final avec des descriptions des contenus traitables par un ordinateur a été formulée en 1996 par Tim Berners-Lee [43]. Depuis lors, le Web sémantique a été activement promu par le World Wide Web Consortium (W3C) qui est un organisme de standardisation chargé de promouvoir la compatibilité des technologies web

[44]. Cependant, les résultats d'autres domaines de l'Intelligence Artificielle ont également été utilisés pour soutenir le mouvement vers le Web sémantique [45]. Par exemple, le traitement du langage naturel et la recherche d'information ont été appliqués pour acquérir des connaissances à partir du Web [46]. Comme le Web sémantique est un champ d'investigation relativement nouveau et dynamique, il est difficile d'en délimiter précisément les contours. Les communautés du Web sémantique se définissent en incluant les chercheurs qui ont soumis des publications ou tenu un rôle d'organisation lors de l'une des précédentes Conférences « Web Semantic International », ou le « Semantic Web Working Symposium » [47]. La figure 1 montre le cycle de développement du Web sémantique. Cela permet de repérer, de préserver, de valoriser, de partager et d'actualiser les ressources au profit de la communauté du Web sémantique.



Figure 1 : Développement du Web sémantique

1.3.1 World Wide Web Consortium (W3C)

La mission du W3C est de mener le World Wide Web à son plein potentiel en développant des protocoles et des directives qui assurent la croissance à long terme du Web. Ci-dessous des aspects importants de cette mission, qui contribuent tous à la vision du Web unique du W3C :

- **Web pour tous** : La valeur sociale du Web est qu'il permet à la communauté de partager les connaissances. L'un des principaux objectifs du W3C est de mettre ces avantages à la disposition de tous, quel que soit leur infrastructure réseau, culture et situation géographique.
- **Web sur tout** : Le nombre de différents types d'appareils pouvant accéder au Web a énormément augmenté. Les téléphones mobiles, les téléphones intelligents, les assistants numériques personnels, les systèmes de télévision interactive, les systèmes de réponse vocale, les kiosques et même certains appareils domestiques peuvent tous accéder au Web.
- **Web pour une interaction riche** : Le Web a été inventé comme un outil de communication destiné à permettre à n'importe qui, n'importe où, de partager des informations. Pendant de nombreuses années, le Web était un outil « en lecture seule » pour plusieurs utilisateurs. Les blogs et les wikis ont attiré davantage d'auteurs sur le Web, et les réseaux sociaux ont émergé du marché florissant du contenu et des expériences Web personnalisées. Les normes du W3C ont soutenu cette évolution grâce à une architecture et des principes de conception solides.
- **Web des données et services** : Certaines personnes considèrent le Web comme un dépôt géant de données liées, tandis que d'autres le considèrent comme un ensemble géant de services qui échangent des messages. Les deux vues sont complémentaires, et celle à utiliser dépend souvent de l'application.
- **Web de confiance** : Le Web a transformé notre façon de communiquer les uns avec les autres. Ce faisant, il a également modifié la nature de nos relations sociales. Les gens se rencontrent maintenant sur le Web et entretiennent des relations commerciales et personnelles, dans certains cas sans jamais se rencontrer en personne. Le W3C reconnaît que la confiance est un phénomène social, mais que la conception de la technologie peut favoriser la confiance. Comme plus d'activité se déplace en ligne, il

deviendra encore plus important de soutenir des interactions complexes entre les parties du monde entier.

Le Web sémantique contient des ressources correspondant non seulement à des objets multimédias (tels que des vidéos, des images, des fichiers audios, etc.) du Web actuel, mais aussi à des objets tels que des personnes, des lieux, des organisations et des événements. En outre, le Web sémantique ne contiendra pas seulement une sorte de relation (le lien hypertexte) entre les ressources, mais de nombreux types de relations différentes parmi les différents types de ressources [47]. La figure 2 montre l'évolution des technologies Web sémantique.

- 1980 – 1990 : L'ordinateur de bureau « L'ère du PC »
- 1990 – 2000 : Le Web « Web 1.0 »
- 2000 – 2010 : Le Web social « Web 2.0 »
- 2010 – 2020 : Le Web sémantique « Web 3.0 »

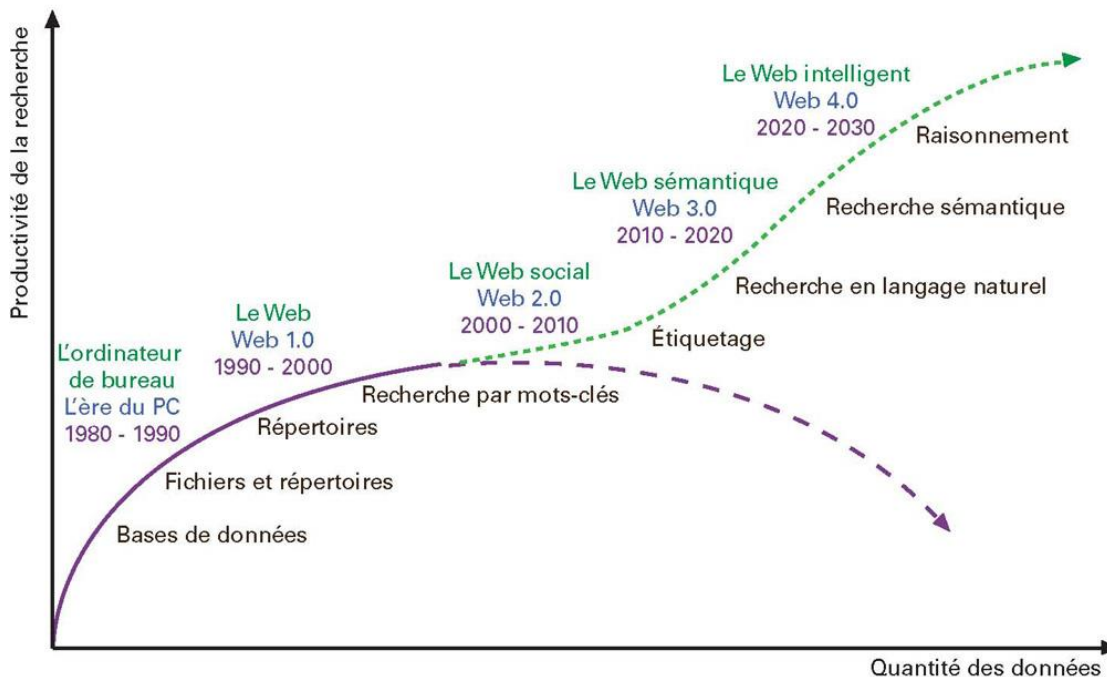


Figure 2 : Schéma du Web sémantique

Le Web sémantique intègre plusieurs langages et technologies. Le XML est un langage simple qui permet aux utilisateurs de créer leurs propres balises afin d'annoter des documents

Web. Il fournit une syntaxe élémentaire pour la structure du contenu dans les documents. La structure du XML permet de fournir et de restreindre la structure et le contenu des éléments contenus dans les documents XML. Lorsqu'il s'agit de représenter un modèle de données, le RDF (Resource Description Framework) est utilisé. Il est composé d'un ensemble de triplets. Chaque triple contient un sujet, un prédicat et un objet. Ces triplets peuvent être écrits en utilisant des balises XML. Le RDF est un langage simple pour exprimer des modèles de données, qui se réfèrent aux objets et à leurs relations. Un modèle basé sur RDF peut être représenté en syntaxe XML. Dans RDF, un document fait des assertions que les choses ont des propriétés, et c'est ainsi que la plupart des données peuvent être décrites et traitées par les ordinateurs. Le schéma RDF est un vocabulaire pour décrire les propriétés et les classes de ressources RDF [47]. XML et RDF sont deux technologies complémentaires utilisées pour construire un Web intelligent. Le modèle RDF utilise un vocabulaire défini par les termes de l'ontologie. La combinaison d'un modèle RDF et du XML associé donne suffisamment d'informations à l'ordinateur pour découvrir la signification des données. Les données sur d'autres données sont souvent appelées métadonnées [48]. XML et RDF traitent les métadonnées, c'est-à-dire qu'ils traitent de la description des informations disponibles sur le Web. Mais, si l'on souhaite que les machines interagissent entre elles ou partagent des données dans le vrai sens du terme, l'interopérabilité sémantique est essentielle. Pour cela, une spécification formelle est nécessaire pour définir explicitement divers termes et leurs relations. L'ontologie a donc été développée pour faciliter le partage et la réutilisation des connaissances, et peut être construite en utilisant XML et RDF [49]. Au cours des dernières années, de nombreux langages ontologiques tels que OWL ont été développés. La gestion des connaissances dans le domaine de l'Intelligence Artificielle fournit les moyens nécessaires pour combler le déficit de connaissances [50]. Les informations difficiles d'accès pour nos machines peuvent être rendues accessibles en utilisant une ontologie. Les ontologies jouent un rôle majeur dans le soutien des processus d'échange d'informations sur le Web sémantique. La figure 3 permet de mettre en évidence les aspects dynamique, statique, syntaxique et sémantique des technologies Web sémantique.

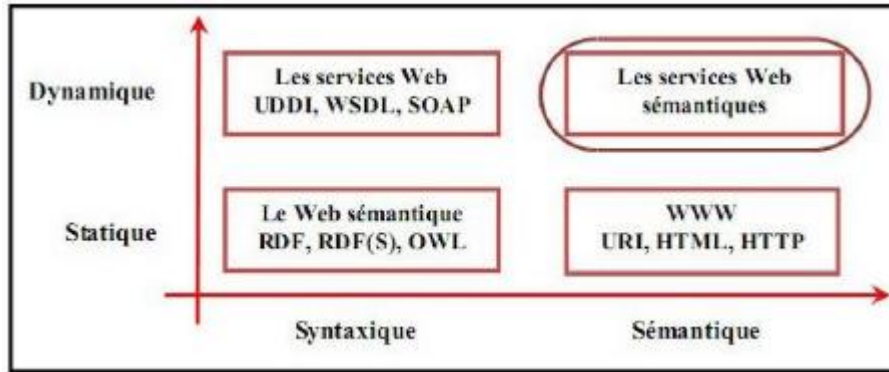


Figure 3 : Technologies Web sémantique

En plus du classique « Web des documents », W3C aide à construire une pile technologique pour soutenir un « Web de données » qui est le type de données que vous trouvez dans les bases de données. Le but ultime du Web de données est de permettre aux ordinateurs de faire plus de travail utile et de développer des systèmes capables de prendre en charge des interactions sécurisées sur le réseau. Le terme « Web sémantique » fait référence à la vision du Web des données liées du W3C. Les technologies du Web sémantique permettent aux utilisateurs de créer des banques de données sur le Web, de créer des vocabulaires et d'écrire des règles pour le traitement des données. Les données liées sont renforcées par des technologies telles que RDF, SPARQL, OWL et SKOS.

1.3.1 Web de données liées

Le Web Sémantique est un Web de données liées. La collection de technologies du Web sémantique (RDF, OWL, SKOS, SPARQL, etc.) fournit un environnement où l'application peut interroger ces données, faire des inférences en utilisant des vocabulaires, etc. Cependant, pour que le Web de données devienne réalité, il est important de disposer d'énorme quantité de données sur le Web dans un format standard, accessible et gérable par les outils Web sémantique. En outre, non seulement le Web sémantique doit avoir accès aux données, mais les relations entre les données doivent également être mises à disposition pour créer un Web de données (par opposition à une simple collection d'ensembles de données). Cette collection d'ensembles de données interdépendants sur le Web peut également être appelée Données liées. Pour réaliser et créer des données liées, ces technologies doivent être disponibles pour un format commun (RDF), afin d'effectuer une conversion ou un accès à la volée aux bases de données existantes (relationnelles, XML, HTML, etc.). Il est également important de pouvoir configurer des points de terminaison de requête pour accéder plus facilement à ces données. W3C fournit une palette de technologies (RDF, GRDDL, POWDER, RDFa, le prochain R2RML, RIF, SPARQL) pour accéder aux données.

1.3.2 Vocabulaire du Web sémantique

Sur le Web sémantique, les vocabulaires définissent les concepts et les relations (également appelés « termes ») utilisés pour décrire et représenter un sujet de préoccupation. Les vocabulaires sont utilisés pour classer les termes qui peuvent être utilisés dans une application particulière, caractériser les relations possibles et définir les contraintes possibles sur l'utilisation de ces termes. En pratique, les vocabulaires peuvent être très complexes (plusieurs milliers de termes) ou très simples (décrire un ou deux concepts seulement). Il n'y a pas de division claire entre ce que l'on appelle les « vocabulaires » et les « ontologies ». La tendance est d'utiliser le mot « ontologie » pour une collection de termes plus complexe, et peut-être assez formelle, tandis que le « vocabulaire » est utilisé lorsqu'un formalisme aussi strict n'est pas nécessairement utilisé ou seulement dans un sens très lâche. Les vocabulaires sont les éléments de base pour les techniques d'inférence sur le Web sémantique.

À quoi servent les vocabulaires : Le rôle des vocabulaires sur le Web sémantique est d'aider à l'intégration des données lorsque, par exemple, des ambiguïtés peuvent exister sur les termes utilisés dans les différents ensembles de données, ou lorsqu'un peu de connaissance supplémentaire peut conduire à la découverte de nouvelles relations. Considérons, par

exemple, l'application des ontologies dans le domaine des soins de santé. Les professionnels de la santé les utilisent pour représenter les connaissances sur les symptômes, les maladies et les traitements. Les sociétés pharmaceutiques les utilisent pour représenter des informations sur les médicaments, les dosages et les allergies. La combinaison de ces connaissances des communautés médicales et pharmaceutiques avec les données des patients permet d'utiliser toute une gamme d'applications intelligentes telles que les outils d'aide à la décision qui recherchent des traitements possibles ; les systèmes qui surveillent l'efficacité des médicaments et les effets secondaires possibles ; et des outils qui soutiennent la recherche épidémiologique. Un autre type d'exemple consiste à utiliser des vocabulaires pour organiser les connaissances. Les bibliothèques, musées, journaux, portails gouvernementaux, entreprises, applications de réseautage social et autres communautés qui gèrent de grandes collections de livres, d'artefacts historiques, de bulletins de nouvelles, de glossaires, de blogues et d'autres éléments peuvent maintenant utiliser des vocabulaires et tirer parti de la puissance des données liées. Cela dépend de l'application de la complexité des vocabulaires qu'ils utilisent. Certaines applications peuvent décider de ne pas utiliser même de petits vocabulaires et s'appuyer sur la logique du programme d'application. Certaines applications peuvent choisir d'utiliser des vocabulaires très simples et laisser un environnement Web sémantique général utiliser ces informations supplémentaires pour faire l'identification des termes. Certaines applications nécessitent un accord sur des terminologies communes, sans aucune rigueur imposée par un système logique. Enfin, certaines applications peuvent avoir besoin d'ontologies plus complexes avec des procédures de raisonnement complexes. Tout dépend des exigences et des objectifs des applications.

1.3.3 Requête dans le contexte Web sémantique

Une "Requête" dans le contexte Web sémantique signifie des technologies et des protocoles qui peuvent récupérer par programme des informations à partir du Web de données. Cependant, tout comme les bases de données relationnelles ou XML qui requièrent des langages de requête spécifiques (respectivement SQL et XQuery), le Web de données, généralement représenté par RDF comme format de données, a besoin de son propre langage de requête RDF. Cela est fourni par le langage SPARQLquery et les protocoles associés. SPARQL permet d'envoyer des requêtes et de recevoir des résultats, par exemple via HTTP ou SOAP. Techniquement, les requêtes SPARQL sont basées sur des modèles (triples : sujet, prédicat, objet). Le langage RDF peut être vu comme un ensemble de relations entre des ressources (c'est-à-dire des triplets RDF : sujet, prédicat, objet) ; Les requêtes SPARQL

fournissent un ou plusieurs modèles à ces relations. Ces triplets sont similaires aux triplets RDF (sujet, prédicat, objet), mais une ou plusieurs des références de ressources constituantes sont des variables. Un moteur SPARQL renvoie les ressources pour tous les triplets correspondant à ces modèles. En utilisant SPARQL, les consommateurs du Web de données peuvent extraire des informations éventuellement complexes (c'est-à-dire des références de ressources existantes et leurs relations) qui sont renvoyées, par exemple, dans un format de table. Cette table peut être incorporée dans une autre page Web, SPARQL fournit un outil puissant pour construire, par exemple, des sites complexes ou des moteurs de recherche qui incluent des données provenant du Web Sémantique.

1.3.4 Inférence dans le Web sémantique

L'inférence dans le Web sémantique est l'un des outils de choix pour améliorer la qualité de l'intégration des données sur le Web, en découvrant de nouvelles relations, en analysant automatiquement le contenu des données ou en gérant les connaissances sur le Web en général. Les techniques basées sur l'inférence sont également importantes pour découvrir d'éventuelles incohérences dans les données (intégrées). D'une manière générale, l'inférence dans le Web sémantique peut être caractérisée par la découverte de nouvelles relations. Dans le Web sémantique, les données sont modélisées comme un ensemble de relations (nommées) entre les ressources. L'Inférence signifie que les procédures automatiques peuvent générer de nouvelles relations sur la base des données de certaines informations supplémentaires sous la forme d'un vocabulaire ou d'un ensemble de règles. La question de savoir si les nouvelles relations sont explicitement ajoutées à l'ensemble de données ou renvoyées au moment de la requête est un problème d'implémentation. Dans le Web sémantique, la source de ces informations supplémentaires peut être définie via des vocabulaires ou des jeux de règles. Ces deux approches s'appuient sur des techniques de représentation des connaissances. L'inférence dans le Web sémantique et les ontologies sont complémentaires. En général, les ontologies se concentrent sur les méthodes de classification. Elles mettent l'accent sur la définition des « classes », des « sous-classes » et sur la façon dont les ressources individuelles peuvent être associées à de telles classes et caractérisent les relations entre les classes et leurs instances. Les règles se concentrent sur la définition d'un mécanisme général de découverte et de génération de nouvelles relations basées sur celles existantes, tout comme les programmes logiques, comme Prolog. Dans la famille des recommandations du W3C liées au Web sémantique, RDFS, OWL ou SKOS sont les outils de choix pour définir les ontologies, tandis que RIF a été développé pour couvrir les approches basées sur des règles.

1.3.5 Applications verticales dans le Web sémantique

Les applications verticales sont le terme utilisé au W3C pour désigner des domaines d'application génériques, des communautés spécifiques, etc. qui explorent comment les technologies W3C (par exemple, les technologies Web sémantique) peuvent aider leurs opérations, améliorer leur efficacité, fournir de meilleures expériences utilisateur, etc. de ces domaines d'application peuvent décider de former un groupe au W3C pour coopérer avec d'autres membres du W3C afin d'explorer ces possibilités plus avant. Les exemples d'applications verticales qui ont des contacts avec le W3C à différents niveaux sont les soins de santé et les sciences de la vie, les espaces sociaux, les bibliothèques numériques, les services financiers, l'exploration pétrolière et gazière ou l'administration électronique. Mis à part les avantages inhérents à un domaine d'application vertical particulier pour mieux se familiariser avec une technologie W3C particulière, ces groupes fournissent également des informations précieuses sur les technologies elles-mêmes. Les applications verticales peuvent présenter des cas d'utilisation spécifiques et parfois non triviaux, des exigences en termes, disons, d'expressivité du vocabulaire ou des langages de requête, des considérations d'efficacité pour les inférences.

1.4 Langages du Web sémantique

La plupart des langages normalisés par le W3C dans le cadre du Web sémantique sont des dialectes XML, c'est le cas du RDF et RDFS que nous utiliserons dans ce chapitre. Le RDFS fournit des éléments de base pour la définition d'ontologies ou vocabulaires destinés à structurer des ressources RDF [51] et [52]. Le langage SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) est un langage de requêtes pour RDF. A l'instar de SQL pour les bases de données relationnelles ou Xpath et XQuery pour les documents XML, ce langage permet d'extraire des informations dans les documents RDF. Plus concrètement, le Web sémantique repose sur une architecture appelée Semantic Web Stack (Gâteau du Web sémantique). Il s'agit essentiellement d'une illustration de la hiérarchie des langages (XML, RDF, RDFS, OWL, etc.) utilisés dans le Web sémantique [53]. Le web sémantique est structuré en couches. Ces couches correspondent à différentes catégories de formalismes regroupés en trois niveaux. Il s'agit du niveau nommage/adressage, le niveau syntaxique et le niveau sémantique (Fig. 4).

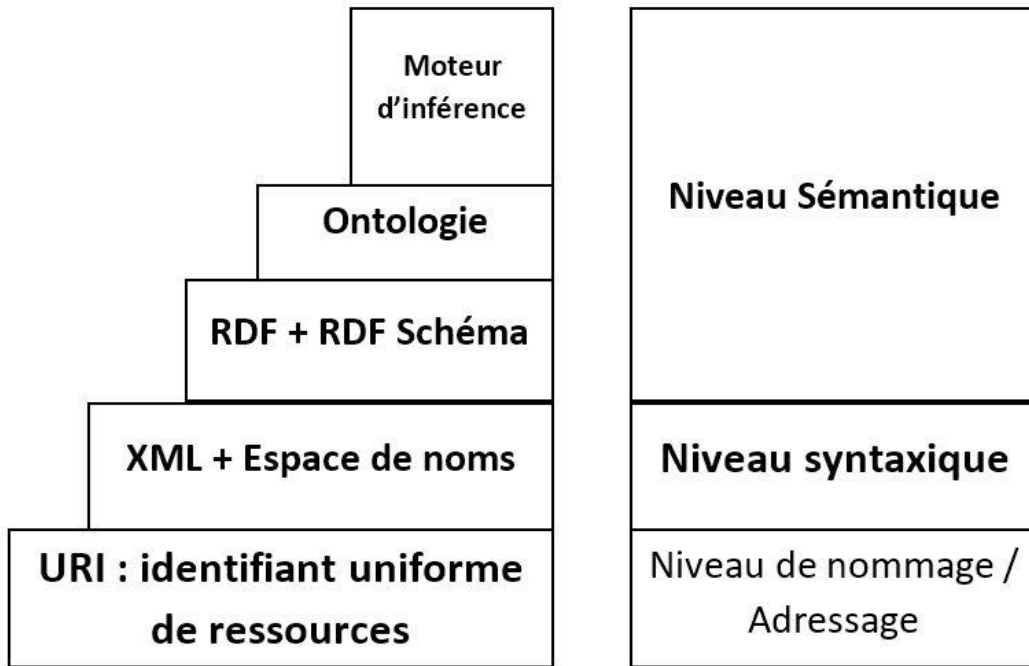


Figure 4 : Architecture du Web sémantique

Niveau nommage/adressage

Le point central des URIs (Uniform Resource Identifier) est l'URL (Uniform Resource Locator) traditionnellement utilisée pour définir les liens du Web. URI (Uniform Resource Identifier), tout le monde peut compléter la description d'une ressource sans avoir besoin de lui assigner un nouvel identifiant. Nous avons aussi le concept d'URN (Uniform Resource Name) qui utilise l'URI (Uniform Resource Identifier) pour identifier une ressource sur Internet par son nom dans un espace de nom indépendamment de sa localisation. Un espace de nom permet de lever l'ambiguïté dans le nommage des ressources en indiquant précisément le contexte ou cadre dans lequel le nom utilisé doit être considéré. Une variante d'URI (Uniform Resource Identifier) est IRI (Identificateurs de Ressource Internationalisés), qui permet d'utiliser les caractères Unicode dans l'identification pour laquelle un mapping à l'URI (Uniform Resource Identifier) est défini.

Niveau syntaxique

Le langage XML (eXtensible Markup Language) est un langage informatique de balisage générique. Ce langage est qualifié d'extensible car il permet à l'utilisateur de définir les balises des éléments. Le langage XML (eXtensible Markup Language) peut être considéré comme un métalangage parce qu'il permet de définir d'autres langages en multipliant les espaces de nommage de balises. Le langage XML (eXtensible Markup Language) est utilisé sur le Web

car il permet la description de documents électroniques par l'intermédiaire d'une DTD (Document Type Definition). La DTD (Document Type Definition) peut être considérée comme une grammaire qui vérifie la conformité de la définition d'un document avec une syntaxe particulière.

Niveau sémantique

Le niveau sémantique permet de rendre les données et les ressources exploitables par la machine. Cela permet d'ajouter une description sémantique à la description syntaxique. En plus, les symboles et la structure du langage font référence à un modèle sémantique. Ce sens sera représenté en utilisant les métadonnées et les ontologies au travers des concepts et des relations.

Il est important de noter que toutes ces technologies ont été normalisées dans les dix dernières années par le consortium W3C afin de permettre le passage à l'échelle du Web Sémantique. On remarque également que du bas de la pile jusqu'au niveau ontologie tous ces langages ont été acceptés et standardisés. La construction d'une ontologie nécessite un consensus afin d'éviter les ambiguïtés lexicales due aux hyperonymies et polysémies. L'ontologie légère construite en RDF est un graphe orienté dans lequel les inférences sont exploitées [54].

1.4.1 Le langage XML

Le XML est issu du langage SGML, il s'agit d'un « métalangage » permettant d'échanger de l'information, principalement sur le Web. Il a été conçu par Tim Bray, Jon Bosak et de nombreux autres collaborateurs, entre 1996 et 1999. On dit que c'est un « métalangage » parce qu'il est une façon pratique de créer de nouveaux langages pour échanger des informations, mais qu'il ne constitue pas un langage en soi. Le XML est très présent sur le Web et les documents XML peuvent être affichés par certains navigateurs récents, comme Internet Explorer et Mozilla Firefox. On échange aussi le XML entre des logiciels et des serveurs sur le Web, et il est de plus en plus utilisé en bureautique comme format pour les traitements de texte.

1.4.2 Les liens et les balises d'entête de XML

Le XML décrit, la structure, stocke, transporte et échange des données. Outre les ordinateurs, le XML se veut adapter aux terminaux mobiles. Le langage XML impose des règles de syntaxe très spécifiques par rapport au HTML. En outre, on retrouvera ces mêmes règles de syntaxe dans tous les langages dérivés du XML comme le XHTML ou le WML. Le DTD (Document Type Definition) est une forme de grammaire du XML, relativement ancienne car

issue de l'univers SGML (Standard Generalized Markup Language). Le DTD est l'ensemble des règles et des propriétés que doit suivre le document XML. Ces règles définissent généralement le nom et le contenu de chaque balise et le contexte dans lequel elles doivent exister. Cette formalisation des éléments est particulièrement utile lorsqu'on utilise de façon récurrente des balises dans un document XML. Dans la littérature relative au XML, on distingue un document "bien formé" d'un document valide. Un document valide est dit d'un document qui respecte les règles spécifiques de son DTD. Un document "bien formé" est, un document qui respecte les règles générales de syntaxe du XML. Un objet de données est un document XML, s'il est bien formé, c'est-à-dire s'il remplit les conditions suivantes :

- La syntaxe des balises est respectée ;
- Les éléments qu'il contient sont bien imbriqués les uns dans les autres (et forment donc un arbre).

En plus des conditions ci-dessus un document XML doit respecter les contraintes imposées par sa DTD pour être un document XML valide. Un processeur XML qui teste la validité d'un document est un validateur XML. Son rôle est de vérifier si un document XML est valide et bien formé. Dès que le document est conforme aux normes imposées par le W3C3, il peut être pris en charge par un navigateur. Il est possible de créer des liens entre pages Web élaborées avec le langage XML. On utilise XLink pour définir des liens simples, il est une généralisation des hyperliens du HTML pouvant être utilisé dans tous les documents XML. Les espaces de nom (namespaces) permettent de disposer, dans un document XML, de balises provenant de différentes sources. Il se peut que deux balises ayant le même nom aient des significations différentes. Les espaces de nom résolvent ce problème en qualifiant de manière unique un objet (élément ou attribut), caractérisé par un nom et un domaine de définition (URI) pour lequel il a une signification. On prefixera alors l'objet de l'espace de nom correspondant.

1.4.3 Le langage RDF

Le RDF (Resource Description Framework) est un langage pour les métadonnées sur le Web, c'est-à-dire un langage pour énoncer ce que l'on sait sur quelque chose ou quelqu'un. Par exemple, le RDF est idéal pour indiquer qui est l'auteur d'un document ou quel est le titre du document. De plus, le langage RDF est prévu pour être à la fois simple. Le RDF a été normalisé en 1999 (par une recommandation W3C) et est un effort commun de plusieurs experts. Le RDF se veut suffisamment riche pour représenter de façon formelle la

connaissance tout en étant simple à utiliser. Une des prémisses du format RDF est que tout peut être énoncé en utilisant des triplets : sujet, prédicat et objet. Le RDF est intimement lié au XML, car très souvent des données RDF sont écrites en format XML. Les caractéristiques du langage RDF se résument comme ceci :

- Le RDF peut être utilisé pour représenter tout objet, aussi bien un site Web qu'un individu.
- Le RDF peut être traité par une machine.
- Le RDF est composé de triplets : sujet/prédicat/objet.
- Le sujet est toujours identifié par un URI. Dans certains cas, on peut omettre l'URI et alors, un URI factice sera généré dynamiquement.
- Le prédicat est toujours identifié par un URI sans aucune exception.
- L'objet est soit un URI, soit une valeur explicite (une chaîne de caractères, par exemple).
- Le RDF peut être représenté en XML.

Dans un cas plus complexe, l'application peut avoir besoin d'une ontologie plus détaillée dans le cadre des informations supplémentaires. Cela peut inclure une description formelle de la façon dont les auteurs doivent être identifiés de manière unique (par exemple, dans un contexte d'harmonisation des données, en se référant à un numéro de sécurité sociale unique). Cela inclut également comment les termes utilisés dans cette application se rapportent à d'autres ensembles de données ou information géographique), comment le terme « auteur » (ou « créateur ») peut être lié à des termes tels que « éditeurs », etc.

1.5 Ontologie

Depuis le début des années 1990, l'ontologie est devenue un sujet de recherche particulièrement étudié par plusieurs communautés de recherche en Intelligence Artificielle, notamment l'ingénierie des connaissances, le traitement du langage naturel et la représentation des connaissances [55]. Plus récemment, la notion d'ontologie s'est également répandue dans des domaines tels que l'intégration intelligente de l'information, les systèmes d'information coopératifs, la recherche d'information, le commerce électronique et la gestion des connaissances. La raison pour laquelle l'ontologie devient si populaire est qu'elle promet une compréhension partagée et commune de certains domaines qui peuvent être communiqués entre les personnes et les systèmes d'application [56]. Parce que l'ontologie vise la connaissance du domaine consensuel, son développement est souvent un processus coopératif impliquant différentes personnes, éventuellement à des endroits différents. Une ontologie est l'ensemble structuré des termes et concepts représentant le sens d'un champ d'informations, que ce soit par les métadonnées d'un espace de noms, ou les éléments d'un domaine de connaissances. Il est utilisé pour raisonner sur les propriétés de ce domaine, et peut être utilisé pour décrire le domaine [57].

1.5.1 Définition formelle de l'ontologie

Une ontologie est l'ensemble structuré des termes et concepts représentant le sens d'un champ d'informations, que ce soit par les métadonnées d'un espace de noms, ou les éléments d'un domaine de connaissances. Une ontologie se définit formellement comme étant un couple (O, Lex) où O est une ontologie abstraite et Lex un lexique pour O [58].

Soit un langage logique L ayant une sémantique formelle dans laquelle des règles d'inférence peuvent être exprimées. Une ontologie abstraite est une structure $O = (C, \leq^C, R, \sigma, \leq^R, IR)$ composée de [58] :

- Deux ensembles disjoints C et R dont les éléments sont respectivement appelés *Concepts* et *Relations* ;
- Un ordre partiel \leq^C sur C , appelé *hiérarchie de concepts* ou *taxinomie* ;
- Une fonction $\sigma : C \times C$ appelée *signature* ;
- Un ordre partiel \leq^R sur R , appelé *hiérarchie de relations* où $r1 \leq^R r2$ implique $\sigma(r1) \leq^{C \times C} \sigma(r2)$ avec $r1, r2 \in R$.

- Un ensemble IR de règles d'inférences exprimées dans le langage logique L ;
- La fonction $dom : R \rightarrow C$ avec $dom(r) = \Pi_1(\sigma(r))$ retourne le domaine de r ;
- La fonction $range : R \rightarrow C$ avec $rang(r) = \Pi_2(\sigma(r))$ retourne l'échelle de valeurs de r ;

Un lexique pour une ontologie abstraite $O = (C, \leq^C, R, \sigma, \leq^R, IR)$ est une structure $Lex := (S_C, S_R, Ref_C, Ref_R)$ qui comprend [30] :

- Deux ensembles S_C et S_R dont les éléments sont appelés *signes* respectivement pour les *concepts et des relations* ;
- Deux relations $Ref_C \subseteq S_C \times C$ et $Ref_R \subseteq S_R \times R$, appelées *affectation de références lexicales* respectivement pour des concepts et des relations ;
- À partir de Ref_C nous définissons $\forall s \in S_C, Ref_C(s) = c \in C / (s, c) \in Ref_C$ et $Ref_C^{-1}(s) = \{c \in C / (s, c) \in Ref_C\}$
- À partir de Ref_R nous définissons $\forall s \in S_R, Ref_R(s) = r \in R / (s, r) \in Ref_R$ et $Ref_R^{-1}(s) = \{r \in R / (s, r) \in Ref_R\}$

1.5.2 Composants de l'ontologie

Les ontologies partagent de nombreuses similitudes structurelles, quelle que soit la langue dans laquelle elles sont exprimées [59]. La plupart des ontologies décrivent des individus (instances), des classes (concepts), des attributs et des relations. Les composants communs des ontologies sont composés d'instances, de classes, d'attributs, de relations, de règles et des axiomes.

- **Individus** : Les Individus désignent les instances ou les objets.
- **Classes** : Les représentent des ensembles, des collections, des concepts et des types d'objets.
- **Attributs** : Les attributs représentent des propriétés, des caractéristiques, et des paramètres que les objets (et les classes) peuvent avoir.
- **Relations** : Les relations représentent la manière dont les classes et les individus peuvent être liés les uns aux autres.

- **Termes de fonction** : Les termes de fonction représentent les structures complexes formées à partir de certaines relations qui peuvent être utilisées à la place d'un terme dans une déclaration.
- **Restrictions** : Les restrictions représentent des descriptions formellement déclarées de ce qui doit être vrai pour qu'une assertion soit acceptée comme entrée.
- **Règles** : Les règles représentent des déclarations sous la forme d'une phrase « antécédent-conséquent » décrivant les inférences logiques pouvant être tirées d'une assertion sous une forme particulière.
- **Axiomes** : Les axiomes représentent des assertions sous une forme logique qui constituent la théorie générale que l'ontologie décrit dans son domaine d'application.
- **Événements** : Les événements représentent le changement des attributs et des relations.

1.5.3 Construction de l'ontologie

Les étapes suivantes sont impliquées dans la construction de l'ontologie [60], [61], [62] :

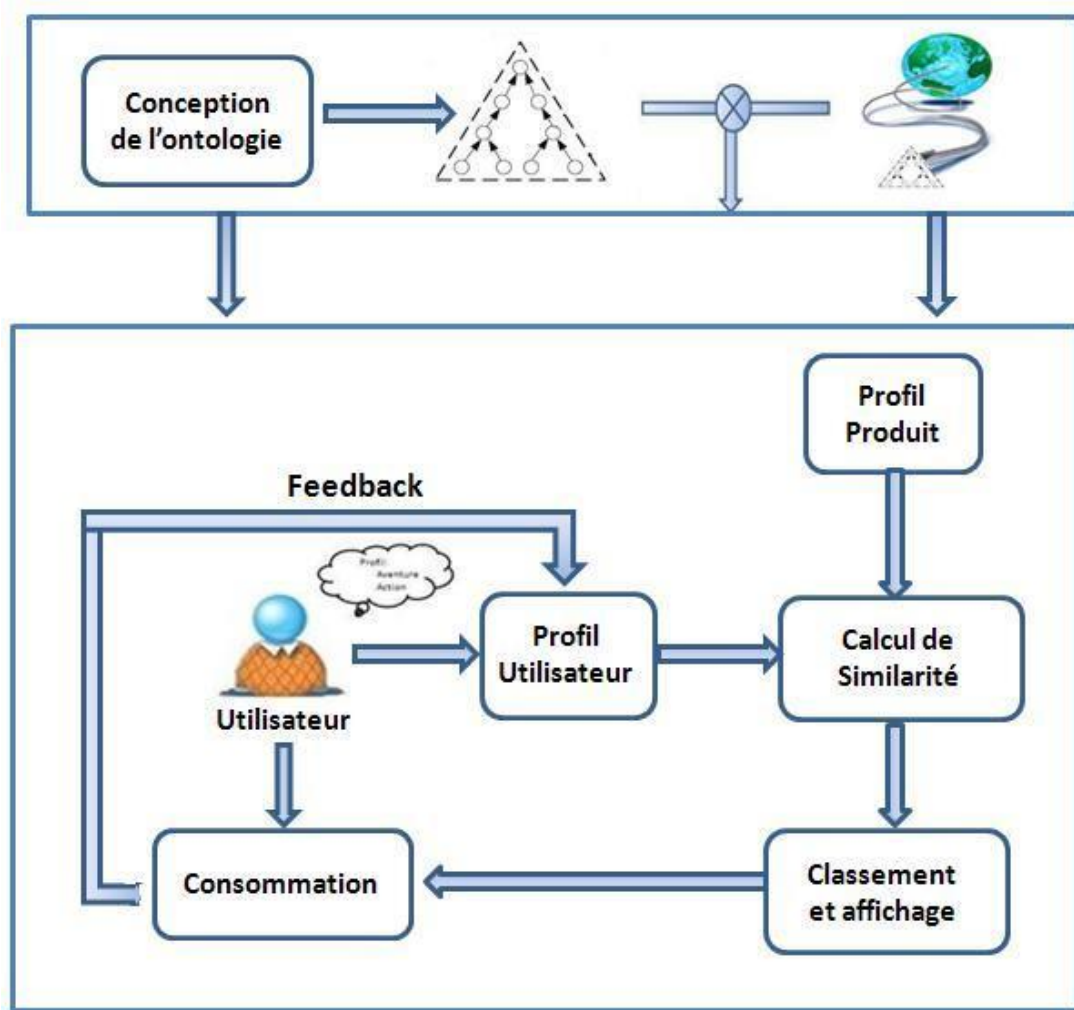


Figure 5 : Schéma de construction d'une ontologie

Acquérir la connaissance du domaine : Cette étape consiste à identifier et collecter les compétences et les ressources appropriées à présenter dans un langage commun, tous les termes descriptifs avec cohérence.

Concevoir la structure conceptuelle : Cette étape consiste à identifier les concepts clés dans le domaine avec leurs propriétés associées, identifier davantage les relations entre les concepts.

Développez les détails appropriés : Cette étape consiste à inclure les concepts, les relations et diverses instances avec les détails nécessaires pour atteindre l'objectif de l'ontologie.

Vérifier : Cette étape consiste à vérifier la structure pour l'uniformité. Si nécessaire, réviser les erreurs logiques, sémantiques ou syntaxiques parmi les éléments. Ensuite, l'ontologie peut être référencée et utilisée dans le domaine.

1.5.4 Langages d'ontologie

Un langage d'ontologie est un langage formel utilisé pour coder l'ontologie. L'avantage des langages formels est le mécanisme de raisonnement qui apparaît dans chaque phase de conception, d'utilisation et de maintenance d'une ontologie [63]. Il existe un certain nombre de langages normalisés pour les ontologies, qui sont les suivants :

DAML + OIL « Darpa Agent Markup Language + Ontology Inference Layer » : DAML + OIL est un langage de balisage sémantique pour les ressources Web. Il s'appuie sur des normes antérieures du W3C (World Wide Web Consortium) telles que RDF et RDF Schema, et étend ces langages avec des primitives de modélisation plus riches. Le langage DAML + OIL fournit des primitives de modélisation couramment trouvées dans les langages à base de trame [64]. Le langage DAML + OIL utilise la théorie du modèle de la logique de description (DL) pour formaliser la signification de la langue. Ceci est une caractéristique très importante pour réduire les arguments et les confusions, donnant ainsi au langage la capacité de représenter précisément la signification de l'information. Cette capacité est cruciale pour le raisonnement automatique, qui est l'objectif du Web sémantique [65].

SWRL (Semantic Web Rule Language) est une proposition de langage de règles pour le web sémantique. Le langage SWRL ajoute des règles à OWL + DL (Langage de représentation des connaissances) afin de fournir plus d'expression à la logique de description des éléments de l'ontologie. Le langage SWRL joue un rôle important dans l'ontologie pour le Web sémantique.

1.5.5 Langage d'ontologie Web (OWL)

Le langage d'ontologie Web (OWL) est une famille de langages de représentation de connaissances pour la création d'ontologies. Les langages sont caractérisés par une sémantique formelle et des sérialisations RDF / XML (Langage de description des ressources) pour le Web sémantique. Le langage OWL a été conçu pour ajouter les constructions de DL (Logique de Description) à RDF, en étendant de manière significative l'expressivité du schéma RDF à la fois dans la caractérisation des classes et des propriétés. Il a été conçu de manière à correspondre à un DL bien connu avec des algorithmes de raisonnement exploitables [66]. Il comporte des classes, des sous-classes, des propriétés, des sous-propriétés, des restrictions de propriété et des individus de classe et de propriété. La sémantique formelle standardisée et le vocabulaire supplémentaire permettent à OWL de représenter des descriptions de termes explicites et la relation entre les entités.

1.5.6 Editeurs d'ontologies

Les éditeurs d'ontologies sont des applications conçues pour faciliter la création ou la manipulation d'ontologies. Ils expriment souvent des ontologies dans l'un des nombreux langages d'ontologie.

Protégé : Protégé est un éditeur d'ontologies open source et un système d'acquisition de connaissances. Protégé est développé à l'Université de Stanford en collaboration avec l'Université de Manchester. Cette application est écrite en Java et utilise fortement Swing (Swing est une bibliothèque graphique pour le langage de programmation Java) pour créer l'interface utilisateur plutôt complexe [67], [68].

DOME : DOME est un environnement de gestion de l'ontologie développé par le groupe de travail sur la gestion des ontologies. La mission de cet outil est de créer une suite pour la gestion efficace des ontologies qui fournit une solution intégrale pour un problème donné [69].

Knoodl : **Knoodl** facilite le développement orienté vers la communauté des ontologies OWL et des bases de connaissances. Il sert également de plate-forme technologique sémantique, offrant une interface basée sur le service Java ou une interface basée sur SPARQL afin que les communautés puissent construire leurs propres applications sémantiques en utilisant leurs ontologies et leurs bases de connaissances [70].

Onto Edit : Onto Edit est un éditeur d'ontologies développé par le projet OnTo-Knowledge. Il implémente un processus de construction d'ontologie. L'éditeur stocke le modèle conceptuel d'ontologie dans un référentiel et produit des représentations concrètes RDF [70].

OILEd : OILEd est développé sous la responsabilité de l'université de Manchester, a été conçu pour éditer des ontologies dans le langage de représentation OIL, un des précurseurs du langage OWL (Ontology Web Language) qui est aujourd'hui en voie d'être une recommandation W3C. Officiellement, il n'a pas d'autre ambition que de construire des exemples montrant les vertus du langage pour lequel il a été créé. A ce titre, OILEd est souvent considéré comme une simple interface de la logique de description SHIQ. Néanmoins, il offre la plus grande partie de ce que l'on peut attendre d'un éditeur d'ontologies. On peut créer des hiérarchies de classes, spécialiser les rôles, et utiliser avec l'interface les types d'axiomes les plus courants. Cet éditeur offre également les services d'un

raisonneur, FaCT, qui a permis de tester la satisfaisabilité des définitions de classes et de découvrir des subsumptions restées implicites dans l'ontologie.

DOE : Le dernier outil présenté ici est DOE pour Differential Ontology Editor³². Cet outil n'a pas pour ambition de concurrencer les grands environnements existants, mais plutôt de fournir un début d'implémentation à la méthodologie de structuration. A l'instar des autres éditeurs, il offre une représentation graphique des arbres de concepts et des relations de l'ontologie et permet d'interagir avec les hiérarchies. L'outil assiste également la saisie des principes différentiels issus de la méthodologie en automatisant partiellement cette tâche. Le modèle de représentation de l'ontologie est finalement proche de celui du langage RDFS, à ceci près qu'il autorise la modélisation de relations n-aires. Au niveau formel, l'éditeur est capable de faire quelques inférences en vérifiant la consistance de l'ontologie (propagation le long de la hiérarchie des relations et héritage des domaines par exemple).

Remarques : Les outils de construction d'ontologies présentés ci-dessus sont loin d'être exhaustives. Ils sont libres et continuent de faire l'objet d'amélioration. Il existe également des outils de construction d'ontologies avec licence tels que TOP BRAID, ALTOVA, etc.

1.5.7 Rôle de l'ontologie dans le Web sémantique

Le Web sémantique s'appuie fortement sur les ontologies formelles qui permettent de structurer les données en vue de favoriser la compréhension par la machine. Par conséquent, le succès du Web sémantique dépend fortement de la prolifération de l'ontologie. Cela nécessite une ingénierie adaptée afin d'éviter un goulot d'étranglement d'acquisition de connaissances [71]. Les structures conceptuelles qui définissent une ontologie sont en rapport avec l'idée de données exploitables par la machine sur le Web sémantique. Les ontologies sont des schémas de métadonnées, fournissant un vocabulaire contrôlé de concepts, chacun avec une sémantique explicitement définie et pouvant être traitée par une machine. En définissant des théories de domaines partagés et communs, l'ontologie aide les utilisateurs et les machines à communiquer précisément pour soutenir l'échange de sémantique [72]. Les éditeurs de langage d'ontologie aident à construire un Web sémantique. Par conséquent, la construction d'une ontologie spécifique au domaine est cruciale pour le succès du Web sémantique.

Le Web sémantique n'est pas un Web distinct mais une extension de l'actuel, dans lequel l'information et les services ont une signification bien définie. Pour permettre la création du Web sémantique, le W3C a travaillé activement sur la définition de standards ouverts, tels que

le RDF et OWL [73]. Bien que les machines soient utiles pour manipuler des symboles selon des règles prédéfinies, seuls les utilisateurs du Web sémantique possèdent les capacités interprétatives et associatives nécessaires pour créer et maintenir des ontologies. Le principal avantage de la sémantique est qu'elle fournit une base formelle pour raisonner sur les propriétés des systèmes qui effectuent la traduction automatique des connaissances basée sur le partage de l'ontologie [74]. Les développeurs construisent vigoureusement des services Web sémantiques. Malgré cela, au fur et à mesure que les normes sont élaborées et que la demande d'agents intelligents ou agents virtuels augmente, une expertise s'impose dans le domaine des services Web sémantiques. Les agents virtuels intègrent certaines approches permettant de comparer des textes [75]. Cette approche basée sur la comparaison des textes consiste à donner des pistes sur des mesures de similarité entre des textes. Cela permet à l'agent virtuel de comprendre la requête de l'utilisateur et de prendre la meilleure décision. Dans la section suivante, nous allons passer en revue quelques mesures de similarité.

1.6 Mesure de similarité entre phrases

La similarité est un concept fondamental et largement utilisé. La similarité entre A et B est liée à leur similitude. Plus ils partagent de points communs, plus ils sont similaires. De nombreuses mesures de similarité ont été proposées, telles que le contenu informationnel [75], l'information mutuelle [76], le coefficient de Dice [77], le coefficient de cosinus [77], les mesures à base de traits [78], [78], et présentent un modèle de contraste [70]. Le chercheur McGill a étudié et comparé ces mesures de similarité qui ont été utilisées dans le domaine de la recherche d'informations [80]. La particularité des mesures de similarité précédentes est que chacune d'entre elles est liée à un domaine d'application spécifique. Par exemple, les mesures basées sur le concept de la distance de similarité (Lee et Rada) supposent que le domaine est représenté sous forme d'un réseau. Si une collection de documents n'est pas représentée dans ce réseau, les mesures basées sur la distance ne s'appliquent pas. Les coefficients de Dice et de cosinus ne sont applicables que lorsque les objets sont représentés sous forme de vecteurs.

1.6.1 Similarité basée sur le corpus

La similarité basée sur le corpus est une mesure de similarité sémantique qui détermine la similarité entre les mots en fonction de l'information obtenue des corpus. Un Corpus est une grande collection de textes écrits utilisés pour la recherche linguistique.

L'approche HAL « Hyperspace Analogue to Language » [81], [82] permet de créer un espace sémantique à partir des cooccurrences de mots. Une matrice mot à mot est formée avec chaque élément de la matrice est la force d'association entre le mot représenté par la ligne et le mot représenté par la colonne. L'utilisateur de l'algorithme a alors la possibilité de supprimer les colonnes à faible entropie de la matrice. Au fur et à mesure que le texte est analysé, un mot de mise au point est placé au début d'une fenêtre de dix mots qui enregistre quels mots voisins sont comptés comme co-occurents. Les valeurs matricielles sont accumulées en pondérant la co-occurrence de manière inversement proportionnelle à la distance du mot de focalisation. Les mots voisins les plus proches sont considérés comme reflétant davantage la sémantique du mot cible et sont donc pondérés plus haut. L'algorithme HAL « Hyperspace Analogue to Language » enregistre également les informations de classement des mots en traitant différemment la cooccurrence selon que le mot voisin est apparu avant ou après le mot de mise au point.

L'analyse sémantique latente (LSA) [83] est la technique la plus populaire de similitude basée sur le corpus. LSA suppose que les mots qui ont une signification proche se produiront dans des parties de texte similaires. Une matrice contenant des comptes de mots par paragraphe (les lignes représentent des mots uniques et des colonnes représentant chaque paragraphe) est construite à partir d'un gros texte et une technique mathématique appelée décomposition en valeurs singulières (SVD) permet de réduire le nombre de colonnes tout en conservant la similarité structure entre les lignes. Les mots sont ensuite comparés en prenant le cosinus de l'angle entre les deux vecteurs formés par deux rangées quelconques.

L'analyse sémantique latente généralisée (GLSA) [83] est un cadre pour le calcul de vecteurs de termes et de documents à motivation sémantique. Il étend l'approche LSA en se concentrant sur les vecteurs de terme au lieu de la représentation double terme-document. L'approche GLSA nécessite une mesure de l'association sémantique entre les termes et une méthode de réduction de la dimensionnalité. L'approche GLSA peut combiner n'importe quel type de mesure de similarité sur l'espace des termes avec n'importe quelle méthode appropriée de réduction de dimensionnalité. La matrice de document à terme traditionnelle est utilisée dans la dernière étape pour fournir les poids dans la combinaison linéaire de vecteurs à terme.

L'analyse sémantique explicite « Explicit Semantic Analysis » (ESA) [84] est une mesure utilisée pour calculer la relation sémantique entre deux textes arbitraires. La technique basée sur Wikipédia représente des termes (ou des textes) en tant que vecteurs de grande dimension ; chaque entrée de vecteur présente le poids TF-IDF entre le terme et un article Wikipedia. La relation sémantique entre deux termes (ou textes) est exprimée par la mesure du cosinus entre les vecteurs correspondants.

L'analyse sémantique explicite inter-langues (CLESA) [84] est une généralisation multilingue de l'ESA. L'approche CLESA exploite une collection de référence multilingue alignée sur des documents telle que Wikipedia pour représenter un document en tant que vecteur conceptuel indépendant de la langue. La parenté de deux documents dans des langages différents est évaluée par la similarité cosinus entre les représentations vectorielles correspondantes.

Information Mutuelle Pointue de Recherche d'Information (PMI-IR) [85] est une méthode pour calculer la similarité entre les paires de mots, elle utilise la syntaxe de recherche avancée \ AltaVista pour calculer les probabilités. Le plus souvent, deux mots co-

apparaissent les uns près des autres sur une page Web, plus leur score de similarité PMI-IR est élevé.

L'information mutuelle ponctuelle de cooccurrence de second ordre (SCO-PMI) [86,87] est une mesure de similarité sémantique utilisant des informations mutuelles ponctuelles pour trier des listes de mots voisins importants des deux mots cibles d'un grand corpus. L'avantage d'utiliser SOC-PMI est qu'il peut calculer la similarité entre deux mots qui ne cooccurrent pas fréquemment, car ils co-produisent avec les mêmes mots voisins.

La distance Google normalisée (NGD) [88] est une mesure de similarité sémantique dérivée du nombre de résultats renvoyés par le moteur de recherche Google pour un ensemble donné de mots-clés. Mots-clés avec des significations identiques ou similaires dans un sens de langage naturel ont tendance à être « proche » dans les unités de distance de Google, tandis que les mots avec des significations dissemblables ont tendance à être plus éloignés.

1.6.2 Rôle de la similarité dans le traitement automatique du texte

Dans le traitement automatique du langage naturel (TALN), la similarité joue un rôle important et constitue l'une des tâches fondamentales [89]. La compréhension automatique d'une phrase requiert de l'agent virtuel différents types de capacités : reconnaître les mots et leur associer les informations lexicales ; structurer la phrase avec une grammaire, comprendre la phrase avec des règles sémantiques et prendre en compte le contexte. Le chercheur Huang [90] a montré que les performances de la similarité basée l'indice de Jaccard et de l'indice de Dice sont très proches et qu'elles sont significativement meilleures que celles de la distance euclidienne et de la distance de Levenshtein. La distance de Levenshtein est largement utilisée en linguistique et en bio-informatique ainsi que pour la reconnaissance de blocs de textes. Malheureusement, le temps de calcul (complexité), lorsqu'on l'applique à deux séquences d'approximativement la même taille. Cela est un obstacle dans de nombreuses applications pratiques.

Dans les travaux de Christine [91], elle propose une méthode pour mesurer la similarité entre des chaînes de caractères. Cette méthode est basée sur la combinaison de la distance de Levenshtein et l'indice de Jaccard. Cette méthode présente des insuffisances lorsque les chaînes de caractères correspondent à des noms composés de plusieurs mots. En plus, elle exige une correspondance parfaite entre chaque chaîne figurant dans les deux ensembles de chaînes de caractères. Ainsi, Hai-Hieu Vu et Jeanne Villaneau [91] ont proposé une autre méthode pour mesurer la similarité entre phrases qui utilise Wikipédia comme unique

ressource linguistique. Cette méthode est basée sur une représentation vectorielle, elle utilise une indexation aléatoire pour réduire la dimension des espaces manipulés. La méthode de Hain ne retourne pas une réponse précise à l'utilisateur. Elle renvoie à l'utilisateur un article Wikipédia contenant les éléments de réponse à sa préoccupation. L'utilisateur est amené à analyser cet article en vue de trouver une réponse à sa préoccupation. Goutam Majumder et Partha Pakray [92] proposent une méthode de calcul de la similarité sémantique entre des phrases basées sur la taxonomie WordNet. WordNet est une grande base de données lexicale de l'anglais. Les noms, les verbes, les adjectifs et les adverbes sont regroupés dans des ensembles de synonymes cognitifs (synsets), chacun exprimant un concept distinct. Les synsets sont liés par des relations conceptuelles sémantiques et lexicales. Le réseau résultant de mots et de concepts significatifs peut être parcouru avec le navigateur. WordNet est également librement et publiquement disponible pour le téléchargement. La structure de WordNet en fait un outil utile pour la linguistique computationnelle et le traitement du langage naturel. Elle permet de répertorier, classifier et mettre en relation le contenu sémantique et lexical de la langue anglaise. Cette méthode n'est pas adaptée à notre contexte. Les méthodes de similarité proposées dans les travaux de recherche sont basées sur la méthode TF-IDF [93]. Le TF-IDF (term frequency-inverse document frequency) est une méthode de pondération utilisée pour la recherche d'information dans le corpus.

1.7 Le modèle TF-IDF

L'indexation des documents sur le Web tend à rechercher les mots qui correspondent au mieux au contenu informationnel d'un document. On suppose généralement qu'un mot qui apparaît souvent dans un texte représente un concept important. Ainsi, la première approche consiste à déterminer les mots représentatifs par leur fréquence. L'indexation manuelles est couteuse en temps et difficile car le volume de document sur le Web est énorme. Il est donc impossible de concevoir une indexation manuelle de tous les documents du Web [94].

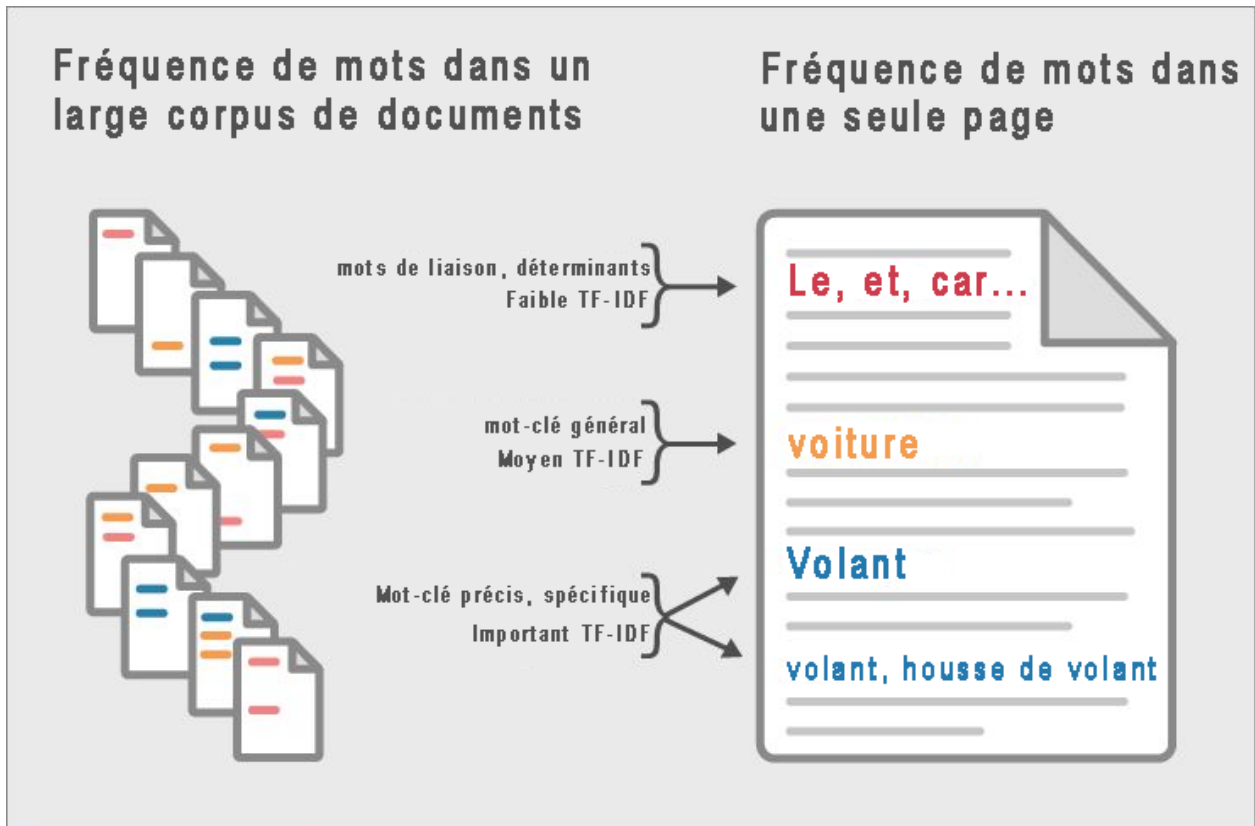


Figure 6 : Modèle TF-IDF

L'indexation automatique est un domaine de l'informatique et des sciences de l'information établissant un index automatique pour un ensemble de documents (corpus) et faciliter l'accès ultérieur aux documents et à leur contenu. La représentation des textes ou leur indexation est le processus de décision des éléments qui vont servir à représenter chaque document. Ensuite vient, le classement automatique des mots et des documents indexés. Pour chaque terme utilisé dans un site, un poids est attribué en fonction de l'endroit où il a été trouvé. Par exemple, le mot aura plus d'importance dans le titre que dans le corps même du texte.

1.8 Le principe de TF-IDF

Le TF-IDF (de l'anglais Term Frequency - Inverse Document Frequency) est une méthode de pondération utilisée en recherche d'information. Cette mesure statistique permet d'évaluer l'importance d'un terme contenu dans un document, relativement à une collection ou un corpus. Le poids augmente proportionnellement au nombre d'occurrences du mot dans le document. Il varie également en fonction de la fréquence du mot dans le corpus [95].

Lorsqu' une requête contient le terme t , un document a d'autant plus de chances d'y répondre que la fréquence du terme (ou le TF) au sein du document est grande. Néanmoins, si le terme T est lui-même très fréquent au sein du corpus, c'est-à-dire qu'il est présent dans de nombreux documents (e.g. les articles définis ; le, la, les), il est en fait peu discriminant. C'est pourquoi le schéma propose d'augmenter la pertinence d'un terme en fonction de sa rareté au sein du corpus (fréquence du terme dans le corpus IDF élevée) [95]. Ainsi, la présence d'un terme rare de la requête dans le contenu d'un document fait croître le « score » de ce dernier.

1.9 Conclusion partielle

Le Web sémantique est un réseau de données et le RDF fournit la base pour la publication et la liaison des données. Différentes technologies permettent d'intégrer des données dans des documents, des bases de données SQL, ou de les rendre disponibles en tant que fichiers RDF. Le langage d'ontologie Web (OWL) est une famille de langages de représentation de connaissances pour la création d'ontologies. Les méthodes de similarité proposées dans les travaux de recherche sont basées sur la méthode de pondération « TF-IDF ». La méthode TF-IDF nécessite le prétraitement du corpus pour déterminer le pouvoir discriminant de chaque mot. Alors que ce prétraitement utilise d'importantes ressources et rallonge le temps de traitement des requêtes. Le modèle d'agent virtuel proposé est basé sur une adaptation de l'indice de Dice permettant de comprendre les préoccupations des apprenants. L'hybridation de l'agent virtuel avec l'agent humain vient enrichir la base de connaissance initiale de l'agent virtuel. Dans le chapitre suivant, nous présenterons les catégories d'agents virtuels, les stratégies de gestion du dialogue et des interactions de l'agent avec les apprenants.

Chapitre 2 – Etat de l'art sur les agents virtuels

SOMMAIRE

2.1	Introduction	39
2.2	Les Agents web et l'enseignement en ligne	40
2.2.1	Différents types d'apprentissage en ligne	41
2.2.2	L'apprentissage mixte.....	43
2.3	Catégories de technologies d'apprentissage en ligne	44
2.4	Catégories d'agents web	46
2.4.1	Les aspects conversationnels	47
2.4.2	Stratégie de gestion du dialogue.....	49
2.4.3	Stratégies d'interaction	49
2.4.4	Stratégies de confirmation	50
2.5	Modèle de maturité des agents web.....	51
2.5.1	Acquisition de connaissances	54
2.6	Conclusion partielle	56

2.1 Introduction

La gestion de l'interaction entre l'homme et l'ordinateur est de plus en plus intégrée dans les systèmes de communication en ligne. Les hommes veulent communiquer avec les ordinateurs de la même manière qu'ils communiquent avec les êtres humains [96]. L'un des principaux outils utilisés pour analyser la parole et fournir des réponses de type humain est le traitement du langage naturel (TALN). Afin de fournir des réponses appropriées à l'aide de phrases ou des mots-clés extraits de questions ainsi que pour maintenir la communication continue, il est nécessaire de créer un système ou un programme de dialogue, qui est appelé agent web, agent virtuel ou chatbot. L'agent web est un programme informatique qui a la capacité de communiquer avec les hommes. Il fournit des réponses aux questions en utilisant le traitement du langage naturel. Les utilisateurs communiquent en langage naturel, tandis que le programme devrait fournir la réponse intelligente la plus appropriée sous forme de texte. Tant que la communication continue, ce processus est répété [97]

La conversation peut être initiée par l'utilisateur ou par l'agent web. Le processus de communication commence lorsque l'utilisateur soumet la question sous forme de texte à l'agent web. Après cela, la question de l'utilisateur est analysée et la réponse programmée la plus appropriée à partir de la base de connaissance du chatbot est choisie [98]. L'histoire des chatbots a commencé dans les années 1960, dans le but d'examiner si ces systèmes peuvent imiter l'homme au point que les utilisateurs pourraient penser qu'ils interagissent avec d'autres personnes, et non avec des ordinateurs. De nos jours, les chatbots sont utilisés dans l'éducation, le commerce en ligne et la recherche d'information [99].

2.2 Les Agents web et l'enseignement en ligne

Avec l'évolution rapide de la technologie, l'expérience des utilisateurs change radicalement. Les utilisateurs préfèrent obtenir des informations dans un environnement virtuel en réduisant l'interaction avec l'être humain [100]. Afin de répondre aux attentes des utilisateurs, les structures de formation transforment l'expérience des interactions interhumaines en une expérience de libre-service avancée.

Par conséquent, l'utilisation des agents web dans un environnement virtuel permet d'améliorer la communication avec les utilisateurs [101]. Les structures de formation utilisent cette technologie pour créer un meilleur engagement avec les utilisateurs à l'aide de plates-formes de formation en ligne [102].

Les principaux aspects positifs des agents web sont la réduction du stress, une réponse instantanée et l'extension du service. Les agents web peuvent résoudre certains besoins en étant facilement accessibles. La plupart des utilisateurs ont toujours leurs smartphones à portée de main avec des applications de formation en ligne adaptée. En outre, les agents web sont disponibles 24h / 24 et 7j / 7 et répondent immédiatement, afin que les utilisateurs ne soient pas frustrés et obtiennent la réponse qu'ils veulent le plus rapidement possible. De plus, il est possible d'intégrer les agents web à d'autres services pour offrir un ensemble de services à un même endroit. Les agents web peuvent être une solution pour améliorer la qualité de la formation en ligne.

Le débat sur la formation à distance est un débat d'actualité, et c'est peut-être la raison pour laquelle il n'existe pas de consensus sur la viabilité ou la non-viabilité de la formation initiale des enseignants à distance. La formation continue est beaucoup plus acceptée dans ce débat. Giolo [103], [104] affirme que le développement de la formation continue pour les enseignants qui travaillent déjà a beaucoup de mérites et de bons résultats. Il justifie son argument en soutenant que les enseignants en formation continue ont eu une formation initiale

et ont vécu des situations de pratique scolaire ; par conséquent, le rôle de la formation à distance serait d'approfondir les connaissances et de discuter des pratiques d'enseignement. La divergence se produit principalement lorsque l'on discute de la formation initiale des enseignants. Des auteurs comme Giolo [105], [106] et Freitas [107] critiquent la formation à distance en tant qu'éducation de base pour les enseignants en soutenant que le lieu (Université, Grande école) spécialement conçu pour l'enseignement et l'apprentissage serait ainsi méprisé. En outre, dans ces cas, ils discutent de la massification de la formation des enseignants dans cette modalité d'éducation.

Cet aspect de la massification de l'enseignement supérieur comme quelque chose qui dégrade la formation des enseignants est abordé par Alonso [108]. Cependant, elle concentre ses critiques et ses propositions de discussion sur l'idée de massification non seulement avec la formation à distance. Elle soutient également que le processus de massification nuit à la fois à la formation à distance et à l'éducation présentielle, car la logique de l'expansion de l'enseignement supérieur privilégie les aspects quantitatifs liés au nombre de places dans les collèges au détriment des aspects qualitatifs. Cependant, nous ne souhaitons pas présenter la formation à distance comme une solution à tous les problèmes, ni la dégrader ou la blâmer pour les difficultés rencontrées dans la formation des enseignants. Cette discussion devrait avoir de larges perspectives, considérant les différents aspects et besoins, afin de rechercher une amélioration des différentes formes d'éducation. L'enseignement en ligne est l'un des aspects à discuter. La présence des agents virtuels et de diverses technologies de l'information et de la communication numériques oblige les enseignants à connaître ces outils. Cependant, comme l'affirment Lapa et Pretto [109], ils doivent apprendre à être enseignants en utilisant ces moyens.

2.2.1 Différents types d'apprentissage en ligne

Il existe fondamentalement deux types d'apprentissage en ligne : apprentissage synchrone et apprentissage asynchrone.

L'apprentissage Synchrone, signifie "en même temps", implique l'interaction des participants avec un instructeur via le Web en temps réel. Par exemple, des magnétoscopes ou des salles de cours virtuelles qui ne sont rien d'autre que de véritables salles de classe en ligne. Les participants interagissent entre eux et avec les instructeurs par le biais de la messagerie instantanée, du chat, de la conférence audio et vidéo, etc. De plus, toutes les sessions peuvent être enregistrées et lues. Ses avantages sont :

- Possibilité de consigner ou de suivre les activités d'apprentissage.
- La surveillance et la correction continues sont possibles
- Possibilités de connectivité mondiale et de possibilités de collaboration entre apprenants.
- Possibilité de personnaliser la formation pour chaque apprenant.

L'apprentissage Asynchrone, signifie « pas en même temps », permet aux participants de compléter la formation en ligne à leur propre rythme, sans interaction en direct avec l'instructeur. Fondamentalement, il s'agit d'informations accessibles 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. L'avantage est que ce type d'apprentissage en ligne offre aux apprenants les informations dont ils ont besoin quand ils en ont besoin. Il a également une interaction entre les participants à travers des forums, des tableaux d'affichage et des forums de discussion. Ceux-ci comprennent des modules de formation assistée par ordinateur sur CD-ROM, des formations en ligne accessibles via intranet. Ses avantages sont :

- Disponible « juste à temps » pour l'apprentissage instantané et la référence.
- Flexibilité d'accès depuis n'importe où et n'importe quand.
- Capacité à atteindre simultanément un nombre illimité d'employés.
- Uniformité du contenu et coût unique de production.

Une nouvelle forme d'apprentissage connue sous le nom d'apprentissage hybride émerge. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un amalgame de méthodes d'apprentissage synchrones et asynchrones. Utiliser à la fois la formation en ligne à travers des salles de classe virtuelles et aussi donner des CD et du matériel d'étude pour l'auto-apprentissage est maintenant de plus en plus préféré à tout type de formation. Les méthodes asynchrones sont utilisées dans différentes situations, principalement lorsque :

- Les sujets sont des sujets commerciaux génériques comme la formation à la gestion, la formation financière ou la gestion du temps, etc. qui ne sont pas spécifiques à une organisation ou un processus particulier. Dans de tels cas, une formation asynchrone est utile et rentable.

- Les cours traditionnels d'apprentissage en ligne par le biais de CD préenregistrés et de rédactions sont utilisés sur des projets avec de gros budgets et de longs délais, comme une sortie de produit majeur.
- Les projets qui nécessitent des simulations approfondies comme les systèmes de contrôle industriel ; Les simulateurs de vol, etc. sont de bons candidats pour les techniques asynchrones où l'enseignement virtuel n'est pas nécessaire. En outre, une formation qui a une longue durée de vie comme le profil et l'introduction d'une organisation peut être une bonne situation pour utiliser l'enseignement en ligne asynchrone.
- En raison du coût de production élevé du l'enseignement en ligne traditionnel, c'est-à-dire du contenu audiovisuel, des CD, des présentations, etc., il est coûteux de changer continuellement de contenu, c'est pourquoi il convient mieux pour le matériel de formation statique.
- En outre, la formation basée sur les processus est mieux gérée par la méthode asynchrone où l'apprenant reçoit du matériel d'étude préenregistré qu'il étudie à son heure et peut poster ses questions sur les forums, les babillards, les forums de discussion, etc.

L'avantage évident d'un cours auto-rythmé est la commodité. Les participants peuvent à tout moment bénéficier de la formation dont ils ont besoin, ce qui permet une plus grande flexibilité.

2.2.2 L'apprentissage mixte

Ce type d'apprentissage en ligne est essentiel dans certains cas où les méthodes traditionnelles n'atteignent pas les objectifs souhaités, tels que :

- Le mentorat en ligne basé sur un instructeur est le mieux adapté aux étudiants qui ont besoin d'une formation basée sur les concepts et d'une aide pour leurs études régulières. Il faut une interaction constante entre l'apprenant et l'enseignant pour dissiper les doutes.
- Il est utilisé avec succès dans la formation de compétences non techniques dans les compétences interpersonnelles, la diversité et l'enseignement des langues étrangères.

L'apprentissage mixte est considéré par beaucoup comme un processus dans lequel des modules d'apprentissage en ligne appropriés sont un précurseur d'une session de formation en classe, les deux étant utilisées avec succès dans la formation. De plus en plus d'organisations utilisent la technique mixte pour une solution de formation complète.

2.3 Catégories de technologies d'apprentissage en ligne

La première catégorie de technologies d'apprentissage en ligne est celle des technologies pédagogiques. Cela inclut des livres, des articles, des photographies, des enregistrements audios et des vidéos [110]. Au cours des dernières décennies, les ordinateurs ont élargi cette liste en rendant les anciennes formes de technologie pédagogique plus accessibles via Internet et en permettant de nouvelles formes de technologie pédagogique interactive. De nouveaux outils, tels que les problèmes de pratique de Khan Academy, les exercices d'apprentissage des langues étrangères de Duo Lingo et les activités de compréhension en lecture de Newsela fournissent maintenant aux apprenants un retour d'information en pratiquant leurs connaissances et compétences. De plus, les organisations de pointe prennent la pratique et la rétroaction à un niveau en tirant parti des données pour personnaliser la façon dont elles présentent le contenu et les activités aux apprenants. La plateforme d'apprentissage adaptatif de Knewton et les tuteurs cognitifs de Carnegie Learning en sont des exemples frappants [111]. La caractéristique commune des technologies pédagogiques est qu'elles interfacent directement avec les étudiants pour leur fournir des instructions. Comme un avantage supplémentaire, beaucoup de ces technologies aident également les enseignants en fournissant des données en temps réel sur l'apprentissage des élèves. Malgré ces avantages, les technologies pédagogiques ne remplacent pas le besoin d'enseignants. Au lieu de cela, ils prennent en charge certains aspects de l'enseignement et de l'évaluation afin que les enseignants puissent consacrer plus de temps et d'énergie à des activités de grande valeur telles que le coaching individuel des élèves et la création de cultures positives.

La deuxième catégorie de technologies d'apprentissage en ligne est celle des technologies d'interaction virtuelle. Ceux-ci incluent le courrier électronique, la messagerie instantanée, la vidéoconférence, les tableaux blancs en ligne et le partage de fichiers [112]. Alors que les technologies pédagogiques ont le potentiel de remplacer certains aspects des emplois des enseignants, les technologies d'interaction virtuelle augmentent la disponibilité des enseignants. L'avantage de ces technologies est qu'elles brouillent les contraintes de temps et d'espace en permettant aux enseignants et aux apprenants de partager leurs idées, leur travail et leurs ressources à n'importe quelle heure et de n'importe quel endroit. En effet, ils rendent

aux enseignants une ressource plus fluide, leur permettant ainsi de mieux répondre aux besoins des élèves [113]. Quelques exemples sont utiles pour illustrer ces avantages. Les options d'enseignement virtuel, telles que Florida Virtual School, permettent aux élèves en difficulté dans un environnement scolaire traditionnel d'apprendre de bons enseignants dans des environnements plus propices à leur bien-être. En outre, les écoles virtuelles offrent aux étudiants l'accès à des cours moins communs, tels que AP Computer Science ou AP Mandarin, qui ne sont pas disponibles dans leurs écoles locales [114]. De plus, les technologies d'apprentissage virtuel permettent aux étudiants d'obtenir de l'aide sur demande à mesure qu'ils apprennent, plutôt que de devoir attendre pour obtenir de l'aide pendant les périodes de cours prévues. Des services de tutorat virtuels tels que Think Through Learning ont récemment vu le jour pour répondre à ce besoin. (Remarque : Des organisations telles que Florida Virtual Schools et Think Through Learning intègrent à la fois des technologies pédagogiques et des technologies d'interaction virtuelle afin de mieux servir leurs élèves.)

Les distinctions entre ces deux catégories de technologies sont importantes dans la mesure où nous examinons comment elles peuvent chacune être utilisées pour redéfinir nos modèles éducatifs [115]. Tout d'abord, les deux formes de technologie ont des limites différentes dans leurs capacités. Les technologies pédagogiques peuvent fournir un enseignement individualisé de plus en plus perfectionner, mais elles ne peuvent pas encore fournir un encadrement sur des compétences de niveau supérieur, ni remplacer des relations significatives entre les élèves et les enseignants. En revanche, les technologies d'interaction virtuelle permettent aux enseignants d'encadrer et de guider les étudiants à travers les barrières du temps et de l'emplacement physique. De plus, aucune des deux technologies n'a la capacité de remplir certains rôles importants des écoles traditionnelles, comme la socialisation, les repas et la garde des enfants [116]. Deuxièmement, ces deux formes de technologie ont des structures de coûts différentes. Le format numérique des technologies pédagogiques leur permet d'être distribuées à des coûts marginaux très faibles par étudiant supplémentaire. En revanche, l'enseignement basé sur les technologies d'interaction virtuelle est intrinsèquement plus onéreux car les vrais enseignants sont une composante clé. Ces distinctions sont importantes lorsque nous réfléchissons à la façon dont l'apprentissage en ligne peut être intégré dans de nouveaux modèles éducatifs [117]. Chaque type de technologie a un rôle différent à jouer pour rendre notre système d'éducation plus personnalisé et pour nous permettre de mieux tirer parti de la valeur unique fournie par les enseignants.

2.4 Catégories d'agents web

Les agents web peuvent être utilisés pour un large éventail de domaines, tels que l'éducation [118], la recherche d'informations [119] et le commerce en ligne [120], [121]. Dans leurs travaux, [122], [123] ont comparé les agents web et identifié deux catégories principales d'agents web, à savoir :

- Agents web de recommandations : cet agent fait des propositions aux utilisateurs dans un environnement virtuel ;
- Agents web de Feedbacks : cet agent fait des feedbacks après la réalisation d'une activité dans un environnement virtuel.

Des exemples d'agents web de Feedbacks sont IKEA [124], qui a été lancé en 2005 et Niki qui permet de faire des achats en ligne [125]. Anna est l'agent virtuel d'IKEA. Anna répond aux questions sur les produits IKEA, les prix, les tailles, la livraison, les pièces de rechange, les heures d'ouverture, etc. et ouvre des pages connexes dans une fenêtre de navigateur. En outre, Anna sait quand votre restaurant local IKEA est ouvert et ce qu'ils servent pour le déjeuner ! Elle répond également à des questions simples mais personnelles comme « quel est votre nom ? En plus, elle montre des émotions, par exemple si elle ne pouvait pas trouver l'information que vous cherchez. Niki est Un agent virtuel dirigé Niki.ai qui intègre des processus de langage naturel et d'apprentissage automatique. Il est conçu pour simplifier les tâches quotidiennes, telles que les achats en ligne, la réservation d'un taxi ou le paiement de factures de services publics. Les agents web de recommandation peuvent être utilisés pour améliorer la communication entre le médecin-patient (DP) et clinique-patient (CP). Les chercheurs affirment que l'utilisation d'agents web à cette fin (communication DP et CP) pourrait réduire les coûts et le temps sur les opérations de routine [126], [115].



Figure 7 : Agent virtuel IKEA

La gestion des interactions entre les apprenants et l'agent est un aspect important pour le bon fonctionnement de l'agent web. Dans la section suivante, nous aborderons les aspects conversationnels et les stratégies de gestion du dialogue de l'agent web.

2.4.1 Les aspects conversationnels

Le dialogue homme machine se compose du demandeur (l'utilisateur), de la recherche d'informations, et de l'expert (le système) qui détient les informations. Les agents web peuvent converser de deux manières avec les utilisateurs :

- Les échanges initiés par le système, où le système mène la conversation,
- Les échanges initiés par l'utilisateur, où l'utilisateur mène la conversation.

Les systèmes qui contiennent ces deux méthodes d'initiation sont appelés systèmes d'initiative mixte [127]. Pour comprendre comment une interface conversationnelle devrait être représentée, il est important d'étudier comment fonctionnent les dialogues humains. Les auteurs Quarteroni et Alfio dans [128] ont étudié les aspects et les problèmes liés aux dialogues humains et ont proposé une liste d'éléments essentiels pour une question interactive entre un utilisateur humain et un système de réponse. Nous présentons ci-dessous les éléments de cette liste :

- Le contexte : le contexte de la conversation permet d'interpréter correctement les entrées de l'utilisateur. Ceci est important pour les questions de suivi ou pour des clarifications.

- Compréhension de l'énoncé : elle consiste à la détection du suivi et de la clarification dans le contexte de la conversation précédente.
- Initiative mixte : l'utilisateur devrait être capable de prendre des initiatives au cours de la conversation (en abandonnant ou en posant des questions).
- Proposition de suivi : cela signifie que le système doit motiver l'utilisateur à donner son avis sur les réponses qu'il donne (si l'utilisateur est satisfait ou non) jusqu'à ce que l'utilisateur atteigne son objectif.
- Interaction naturelle : cela consiste à couvrir et générer une variété d'énoncés pour créer une conversation fluide et maintenir le dialogue actif.

Manandhar et McTear dans [129] et [130] ont passé en revue les principales caractéristiques de la conversation. Ils décrivent que les aspects suivants sont importants lors de la conception d'interfaces conversationnelles :

- Conversation en tant qu'action : ce qui signifie que les énoncés des utilisateurs peuvent être perçus comme des actions que les locuteurs effectuent pour atteindre un objectif.
- La structure de la conversation : cela concerne la façon dont les énoncés d'une conversation se rapportent les uns aux autres. Des exemples de façons de reconnaître la structure dans les actes de dialogue peuvent inclure des échanges et des jeux conversationnels.
- Conversation en tant qu'activité conjointe : décrit comment les deux parties se relaient et réduisent le risque de mauvaise communication en utilisant le processus de contrôle dans leur conversation.
- Réparation conversationnelle : processus de réparation pouvant être initié par l'une des deux parties dans la conversation. Parfois, le locuteur répare ses propres paroles avant que le récepteur ait le temps de les réparer.
- Le langage de la conversation : le ton de la voix dans un texte parlé peut être un moyen de transmettre des informations supplémentaires, telles que les émotions et les affects. Par exemple, lorsque des personnes élèvent la voix lorsqu'elles sont en colère. Pour le texte écrit, les émotions et les affects peuvent également être transmis, par exemple en utilisant des émoticônes ou des majuscules [136].

Les auteurs Manandhar et McTear ont abordé un autre aspect de la conversation, il s'agit du traitement incrémental. Le traitement incrémental est un processus important dans la conversation entre humains [137]. Le traitement incrémentiel signifie qu'un chevauchement se produit dans une conversation. Un autre avantage du traitement incrémentiel est que le dialogue devient plus fluide et efficace. Cependant, dans l'interaction homme-machine, une latence entre les tours est présente. C'est une des raisons pour lesquelles l'interaction homme-machine peut parfois sembler moins naturelle que l'interaction entre humains. La recherche Google applique un traitement incrémentiel en complétant la requête de l'utilisateur pendant la saisie et la recherche vocale en affichant les mots reconnus pendant que l'utilisateur parle encore.

2.4.2 Stratégie de gestion du dialogue

Le chercheur Michael McTear [138] décrit que l'un des aspects fondamentaux des interfaces conversationnelles est la conception de la stratégie de gestion des dialogues. Elle consiste à définir le comportement conversationnel du système. La conception de la stratégie de gestion du dialogue a été faite manuellement par le passé, mais la communauté scientifique a trouvé des moyens d'automatiser ce processus en formant le modèle à de vraies conversations.

Les deux stratégies de conception du dialogue dans les agents web sont : la stratégie d'interaction et le choix d'une stratégie de confirmation [139]. La reconnaissance vocale automatique n'est pas toujours précise, mais en demandant à l'utilisateur de la confirmer ou de la réimprimer, certaines erreurs pourraient être évitées. Trop de demandes de confirmation peuvent aussi être ennuyantes.

2.4.3 Stratégies d'interaction

Il existe trois types de stratégies d'interaction dans les agents web [140], à savoir : stratégie initiée par l'utilisateur, stratégie initiée par le système ou stratégie d'interaction mixte. Les limites des dialogues initiés par l'utilisateur sont des erreurs dans la reconnaissance et la compréhension de la parole, puisque les utilisateurs peuvent dire tout ce qu'ils veulent. La limitation des dialogues initiés par le système, est que l'entrée de l'utilisateur est limitée, mais l'avantage est que l'interaction est plus efficace. L'avantage d'un dialogue initié mixte est que le système peut guider l'utilisateur, mais l'utilisateur est également libre de dire tout ce qu'il veut et prendre l'initiative, poser des questions et introduire de nouveaux sujets. Les limites sont que le système doit être techniquement avancé pour garder une trace de sa propre

structure. Cela permet de comprendre et de répondre correctement aux énoncés de l'utilisateur et de se souvenir des informations pertinentes.

2.4.4 Stratégies de confirmation

Les stratégies de confirmation visent à prévenir les erreurs de reconnaissance et de compréhension des énoncés de l'utilisateur. L'inconvénient de l'utilisation de ces confirmations est qu'elles peuvent rendre l'interaction inefficace, répétitive et longue, ce qui peut éventuellement conduire à une expérience utilisateur frustrante. Une solution à ces problèmes consiste à créer des confirmations implicites. De cette manière, l'entrée de l'utilisateur est utilisée dans la sortie du système suivant et des informations supplémentaires sont ajoutées. Pour clarifier la différence entre une confirmation implicite et une confirmation explicite, nous donnons l'exemple suivant. Lorsque l'utilisateur dit que "le prix de la maison qu'il veut acheter est de dix millions", le système pourrait dire : "Donc la maison que vous voulez acheter est de dix millions ?", Ce qui est une confirmation explicite. Une confirmation implicite du système serait : "Donc, la maison que vous voulez acheter coûte dix millions. Combien une rénovation optionnelle ajoutera-t-elle aux coûts ? ". Une limitation de la stratégie de confirmation implicite est que l'utilisateur est responsable de la correction du système lorsqu'il ne reconnaît pas correctement les énoncés de l'utilisateur [140]. La figure 8 montre les différents aspects conversationnels d'un agent virtuel. Les aspects d'Interaction, d'Intelligence et d'Intégration déterminent les fonctionnalités de l'agent virtuel.

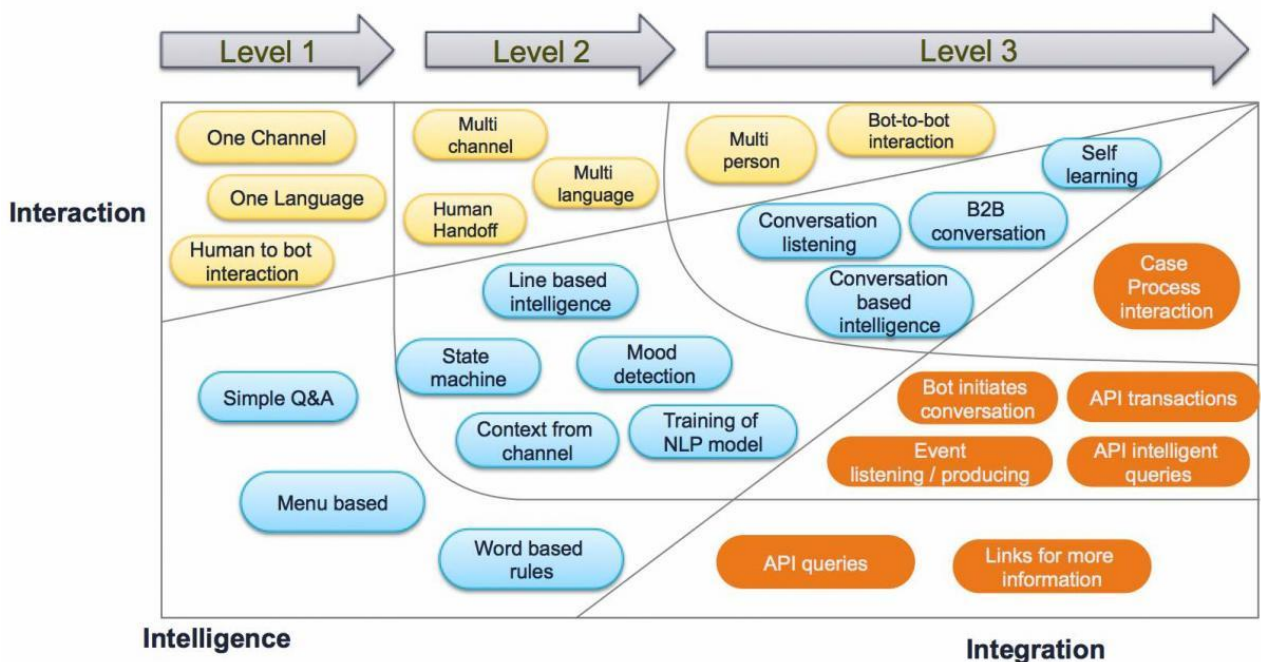


Figure 8 : Les aspects conversationnels [140]

L'Interaction est la zone où l'utilisateur final connaît la fonctionnalité de l'agent virtuel. Contrairement à ce que l'utilisateur final peut ressentir sur un site Web ou une application, il n'y a pas de fonctionnalités d'expérience utilisateur en attente dans un agent virtuel. La communication se fait via une ligne de commande dans des outils tels que Messenger. L'expérience utilisateur dans un agent virtuel vise à faciliter une conversation.

L'Intelligence traite de toutes les capacités où la conversation est soutenue par des moyens d'intelligence. La capacité de comprendre une phrase et de fournir une réponse qui correspond le mieux à l'intention de l'utilisateur final est la définition la plus précise de l'intelligence.

L'intégration, afin de fournir une réponse ; souvent, le contenu de la réponse doit être enrichi avec des informations provenant d'un système dorsal. Lorsque vous souhaitez connaître l'état de cette commande en ligne via un agent virtuel, l'agent virtuel doit pouvoir se connecter à un système dorsal pour pouvoir récupérer des informations sur cette commande particulière.

2.5 Modèle de maturité des agents web

Le chercheur Smiers dans [141] décrit quelques niveaux de maturité des agents web basés sur trois notions, à savoir : l'interaction, l'intelligence et l'intégration [141]. La zone d'interaction décrit que l'expérience utilisateur des agents web est différente de l'expérience utilisateur des sites Web, étant donné que l'interaction avec les agents se fait par saisie textuelle. La zone d'intelligence décrit la capacité de l'agent à comprendre et à fournir un énoncé pertinent qui correspond à l'intention de l'utilisateur. La zone d'intégration concerne le back-end de l'agent et son intégration avec des services d'autres sites Web et applications [141]. Lorsque Clayton Christensen et Michael Horn ont publié *Disrupting Class* en 2008 [142], la vague actuelle de technologie éducative était toujours en train de prendre pied. Le livre a posé deux prédictions. Premièrement, l'apprentissage en ligne augmenterait rapidement dans les écoles de la maternelle à la 12e année. Mais l'échelle n'était pas la fin de partie. Deuxièmement, et peut-être plus crucial, était l'opportunité à venir : avec les bonnes incitations en place, la technologie pourrait évoluer en vue d'optimiser les résultats scolaires individuels des apprenants. L'industrie des technologies de l'information a sans doute vu ce que Mike Butcher de TechCrunch [143] appelait à juste titre un certain nombre de « fausses aurores ». Bien que les investissements dans les outils en ligne et mixtes aient régulièrement augmenté, ils n'ont pas toujours porté leurs fruits. Cela découle en partie de la façon dont le succès de cet outil a été défini sur le marché. Bien que la technologie puisse donner de meilleurs résultats, cela dépend en grande partie de ce que les écoles exigent d'elle.

Lorsque les décisions d'acquisition d'outils d'apprentissage s'appuient seulement sur les facteurs tels que l'inscription d'étudiants à des cours en ligne ou le temps de tutorat, il n'est pas surprenant de trouver des outils fournissant simplement des modèles d'apprentissage basés sur le temps de travail. Les approches du marché, telles que le recouvrement de créances, ont largement été victimes de cette tendance. De plus, même si les établissements de formation veulent se focaliser sur les résultats d'apprentissage, elles peuvent acheter des outils d'apprentissage alors qu'il existe peu ou pas d'informations pour éclairer leurs décisions.

Heureusement, une série d'efforts axés sur la demande sont en train d'émerger pour s'attaquer à cette déconnexion entre l'immense possibilité de la technologie et l'endroit où elle est actuellement insuffisante. Voici cinq facteurs susceptibles de combler cet écart :

Un facteur qui rend toute conversation sur la demande edtech [144] est la fragmentation pure du marché de l'éducation. Les décisions concernant les outils, les caractéristiques et les fonctionnalités particulières sont prises de manière ponctuelle, comme l'exigent les écoles et les districts, qui font rarement pression sur les vendeurs dans une seule direction de l'ensemble du marché. Mais il existe des modèles prometteurs pour combattre la fragmentation. Project Unicorn [145], par exemple, est un effort de collaboration entre les systèmes scolaires et les associations à but non lucratif pour mutualiser la demande d'interopérabilité des données sur le marché. Entre autres choses, le projet consiste en un simple engagement que les systèmes scolaires et les fournisseurs peuvent signer, ce qui les engage à suivre des pratiques technologiques telles que l'adoption et l'intégration de normes d'interopérabilité des données et l'éducation de leurs communautés sur la confidentialité des données.

La mise en commun de la demande pour les attributs techniques est très bien. Exiger qu'un outil soit efficace pour obtenir les résultats souhaités pose toutefois des défis supplémentaires. Malheureusement, étant donné le manque d'informations sur la façon dont différents outils fonctionnent dans des circonstances différentes, l'efficacité et l'adoption restent malheureusement déconnectées dans les décisions d'achat. En d'autres termes, les écoles peuvent continuer à adopter des outils, qu'elles conduisent ou non un apprentissage. Pour résoudre ce problème, il faut en partie mener des recherches plus approfondies sur l'efficacité, comme l'initiative Proving Ground de Harvard [146] sur les logiciels éducatifs. Mais il s'avère que des informations transparentes et utiles ne doivent pas seulement prendre la forme d'essais de recherche coûteux. Les efforts pour obtenir des comptes plus détaillés des enseignants sur les lignes de front sont tout aussi excitants. Par exemple, la récente

transformation de Jefferson Education [132] au Jefferson Education Exchange (JEX) [121], qui passe de sa stratégie originale consistant à mener des recherches sur les outils éducatifs avec la communauté universitaire pour solliciter des données directement auprès des enseignants, constitue un pivot prometteur. Cela peut faire pencher la balance de la demande vers l'utilisabilité et l'efficacité.

Une meilleure information aide, mais seulement si elle est utilisée pour prendre des décisions d'achat réelles. Ce saut peut être difficile dans un marché comme l'éducation où il y a quelque chose d'un problème principal-agent. Ceux qui ont le dernier mot sur les outils à acheter sont rarement ceux qui finissent par absorber l'impact de cet achat. Autrement dit, les utilisateurs finaux - dans ce cas, les enseignants et les étudiants - ne tiennent pas les cordons de la bourse quand il s'agit de savoir quels outils finissent par être achetés par le district ou l'école. Pour combler ce fossé, les écoles doivent veiller à ce que les enseignants et les étudiants participent au processus d'approvisionnement et disposer de canaux pour fournir des commentaires réguliers sur la réalisation des outils que les départements du curriculum et de la technologie espèrent.

Bien sûr, l'efficacité d'un outil dépendra du modèle pédagogique qu'il est censé soutenir. Les débats sur l'éducation en ligne peuvent se transformer en réactions instinctives à savoir si la technologie est intrinsèquement bonne ou mauvaise. En réalité, le point crucial du débat peut être ancré dans des conceptions concurrentes de la pédagogie. Un éducateur hautement constructiviste peut vouloir des outils qui encouragent l'exploration ou ne limitent pas les étudiants à une seule progression à travers un programme d'études préfabriqué. Un éducateur plus behavioriste peut se réjouir des exercices et des pratiques, mais ne fait pas grand-chose pour tirer parti des outils basés sur des projets. Si l'on veut vraiment s'attaquer à la demande fragmentée, les conversations edtech [146] doivent consacrer plus de temps à l'examen de philosophies pédagogiques concurrentes et à la manière dont les outils les soutiennent ou non.

Sur la base des recherches réalisées, cependant, l'intégration efficace de la technologie dans les écoles ne se terminera pas avec une seule affirmation de « efficace ou pas », ou même un point de vue pédagogique clarifié. Au lieu de cela, ce sera un cycle vertueux qui testera et affinera constamment les théories sur la raison pour laquelle des outils particuliers - conjointement avec d'autres décisions sur l'utilisation du temps et de l'espace, favorisent les relations et mesurent les résultats fonctionnent ou ne fonctionnent pas. Sans former, tester et affiner ces théories sous-jacentes, les initiatives induites par la demande risquent de rester

bloquées dans des hypothèses non testées. En d'autres termes, le simple fait de poser la question « qu'est-ce qui fonctionne » ne correspond pas à la véritable question au cœur d'un système véritablement personnalisé : qu'est-ce qui fonctionne, pour quels étudiants, dans quelles circonstances ? Sans ce niveau de spécificité et de compréhension des facteurs contextuels, nous serons coincés à comprendre seulement ce qui fonctionne en moyenne, malgré les aspirations à atteindre chaque étudiant individuel (sans parler des preuves de plus en plus nombreuses que la « moyenne » est elle-même fausse). Et sans cette base théorique, la mise à l'échelle des approches d'apprentissage personnalisées avec une qualité prévisible restera difficile.

2.5.1 Acquisition de connaissances

Les êtres humains apprennent souvent des connaissances sur un domaine particulier à partir des faits connexes et apprennent mieux de l'expérience au fil du temps. À travers les sens fondamentaux (toucher, goût, odorat, vue et ouïe), les humains perçoivent l'information de l'extérieur et la transmettent au cerveau. Un agent virtuel a également besoin de connaissances dans le domaine d'intérêt pour pouvoir fonctionner. Contrairement aux êtres humains, l'agent virtuel n'est pas capable de percevoir la connaissance à travers les sens. Cependant, il a besoin d'extraire des connaissances de différentes sources. Ce processus est connu comme l'acquisition de connaissances. L'acquisition des connaissances comprend la collecte, la modélisation, l'analyse et la validation des connaissances. La connaissance d'un domaine spécifique peut être de n'importe quelle forme, comme des symboles, du texte, du son, des images, etc., qui sont souvent des données brutes. La connaissance peut être acquise de diverses manières :

Interviews : La méthode classique d'acquisition des connaissances est l'interview. L'interview est une méthode simple pour échanger des informations de routine entre des personnes. Cependant, interroger des experts pour acquérir leurs connaissances dans un domaine spécifique doit être structuré par opposition à des questions choisies au hasard qui ne permettent pas de capturer et de préserver l'ensemble de l'information. Une entrevue structurée est réalisée au moyen d'une méthode formelle qui guide à la fois l'ingénieur des connaissances et l'expert selon un scénario donné. Des listes de questions liées au domaine d'intérêt ainsi que des listes de réponses sont créées. Une question peut avoir quelques réponses possibles et l'expert peut en sélectionner une (ou une sélection multiple). Une autre tâche consiste à modéliser les règles dans le système. Ce travail devrait être fait en fonction de l'expertise des experts. L'acquisition de connaissances à travers des entretiens peut être utilisé

pour n'importe quel domaine, et ne nécessite pas beaucoup de temps de la part de l'expert. Cependant, les difficultés sont parfois que les experts ne veulent pas suivre les questions posées lors de l'entretien, ce qui oblige le collecteur des connaissances à avoir certaines connaissances préalables pour pouvoir gérer de telles situations lors d'une interview.

Techniques d'analyse de protocole : L'objectif est de capturer et de rapporter les activités des experts pour modéliser les connaissances. Les collecteurs des connaissances utilisent souvent des transcriptions d'entretiens ou des informations textuelles pour enregistrer différents types de connaissances tels que la cible, la décision, les relations, etc. Le collecteur des connaissances peut interrompre l'expert à des points critiques pour poser des questions. Cela se produit généralement lorsque les collecteurs de connaissances doivent savoir pourquoi l'expert a effectué une action particulière. De telles interruptions peuvent distraire l'expert. Cette méthode prend généralement beaucoup de temps.

Techniques d'observation : Cette technique est une autre façon de générer des protocoles. Les collecteurs des connaissances observent l'expert effectuer une tâche, prendre des notes ou utiliser un équipement d'enregistrement. Cette méthode est simple mais peut prendre beaucoup de temps.

Techniques basées sur un diagramme : Les collecteurs des connaissances utilisent des diagrammes de réseau, tels que des cartes conceptuelles, des réseaux de transition d'état et des mappes de processus, pour saisir le « quoi, comment, quand, qui et pourquoi » des tâches et des événements. La représentation des connaissances acquises dans un format réseau peut être plus facile à visualiser et rend la validation très efficace. Cette technique est particulièrement utile pour exploiter les connaissances issues d'un domaine complexe [146].

L'acquisition de connaissances est considérée comme un processus difficile dans le développement des agents virtuels car elle nécessite plusieurs tâches de la part d'experts humains. Ces tâches consistent à observer les faits, à percevoir la connaissance des faits. Ceci est suivi par la compréhension, la sélection puis le transfert des connaissances au système. Les connaissances sont obtenues auprès des experts dans la mesure où ils effectuent une certaine tâche et archivent des expériences. Les experts, qui connaissent bien leur domaine spécifique, ont de vastes connaissances dont beaucoup peuvent être tacites et difficiles à décrire. Cependant, un expert ne sait pas tout mais connaît surtout profondément dans un domaine spécifique. La progression de l'acquisition des connaissances dépend de la complexité du

domaine et de la disponibilité des experts, la collecte des connaissances peut durer de quelques jours à quelques années pour compléter la base de connaissances d'un agent virtuel.

2.6 Conclusion partielle

L'expérience de l'utilisateur est un concept moderne qui inclut « toutes les émotions, croyances, préférences, perceptions, réactions physiques et psychologiques, comportements et accomplissements de l'utilisateur avant, pendant et après l'utilisation ». Elle implique que de nombreux aspects sont impliqués dans l'expérience de l'utilisateur. Pour définir notre étude, nous divisons l'expérience utilisateur en trois besoins fondamentaux : l'utilité, la convivialité et la satisfaction des utilisateurs. Le modèle d'agent virtuel proposé est basé sur une adaptation de l'indice de Dice permettant de comprendre les préoccupations des apprenants. L'hybridation de l'agent virtuel avec l'agent humain vient enrichir la base de connaissance initiale de l'agent virtuel. Dans le chapitre suivant, nous présenterons le prototype de l'agent virtuel, le processus de calcul de similarité entre phrase, l'expérimentation du prototype et les critères d'évaluation du taux de compréhension des préoccupations des apprenants.

Chapitre 3 – Algorithme de traitement de questions par similarité entre phrase

SOMMAIRE

3.1	Introduction	57
3.2	Nouvel indice de similarité de phrases.....	58
3.2.1	Sélection d'un ensemble de meilleures questions.....	58
3.2.2	Processus de sélection de la meilleure question.....	59
3.2.3	Description du processus de recherche de la meilleure question	60
3.3	Algorithme de traitement de questions	61
3.3.1	Description de l'algorithme	61
3.4	Fonctionnement global de l'agent virtuel	65
3.4.1	Description des composants du schéma du fonctionnement global de l'agent virtuel.....	66
3.5	Evaluation de l'algorithme proposé	67
3.5.1	Description de l'environnement	67
3.5.2	Métriques d'évaluation.....	72
3.5.3	Résultats.....	72
3.6	Conclusion partielle	75

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons un nouvel algorithme de traitement de questions par un agent web pour le tutorat dans un environnement d'enseignement en ligne. Dans le processus de tutorat effectué par un agent web, le taux de compréhension des questions constitue un paramètre important. Afin d'améliorer ce paramètre, nous proposons un nouvel indice de similarité des phrases. Cet indice de similarité est une amélioration de l'indice de Dice et est basé sur une estimation de la mesure de similarité des mots clés du domaine. Nous intégrons également dans le calcul de cet indice, la sémantique des mots.

Nous présentons d'abord le nouvel indice de similarité entre phrases. Ensuite nous décrivons l'algorithme de traitement des questions. Nous présentons dans la section suivante la nouvelle architecture de l'agent virtuel. Nous terminons ce chapitre par une conclusion.

3.2 Nouvel indice de similarité de phrases

3.2.1 Sélection d'un ensemble de meilleures questions

Le calcul de la similarité entre phrases a été mis en œuvre en effectuant les étapes suivantes :

- L'étiquetage des phrases : cette étape consiste à traiter l'ensemble des phrases du corpus et convertit chacun de leurs termes en lemmes. La lemmatisation consiste à trouver la racine des verbes fléchis et à ramener les mots pluriels et/ou féminins à la forme masculine singulier.
- La sélection des k questions : une mesure de similarité permettant de sélectionner les k questions les plus proches de la préoccupation des apprenants. Cette approche de similarité s'appuie sur l'indice de Dice et sur la sémantique des termes contenus dans les questions.

L'indice de Dice mesure la similarité entre deux phrases Q_E et Q_S en se basant sur le nombre de termes communs à Q_E et Q_S :

$$sim_{dice}(Q_E, Q_S) = \frac{2N_c}{S_E + S_S} \quad (1)$$

où:

- Q_E : l'ensemble des termes de la question de l'étudiant.
- S_E : le nombre de termes après la lemmatisation de la question de l'étudiant.
- Q_S : l'ensemble des termes de la question de l'enseignant.
- S_S : le nombre de termes après la lemmatisation de la question de l'enseignant.
- N_c : le nombre de termes communs à Q_E et Q_S

3.2.2 Processus de sélection de la meilleure question

Ce processus consiste à rechercher la question de l'enseignant qui correspond à celle posée par l'étudiant. Cette question est sélectionnée parmi les k meilleurs questions déterminées dans les sections précédentes. Afin d'optimiser le taux de compréhension des questions (nombre de questions posées et comprises par l'agent virtuel), nous proposons de rechercher la meilleure question correspondant à celle posée à partir des mots clés de chaque domaine. Ces mots clés pouvant avoir des synonymes ou des mots équivalents, nous proposons de les organiser pour tenir compte de cet aspect. Nous intégrons alors dans la recherche de la meilleure question, la sémantique des termes.

Cela est possible car les mots clés d'un domaine peuvent être représentés par une ontologie afin de prendre en compte leur sens. Ainsi, pour un domaine donné, nous construisons une ontologie afin de représenter les concepts ayant le même sens. L'intégration de la sémantique de la recherche permet ainsi d'augmenter le nombre de questions comprise par un agent virtuel. La figure 9 présente les relations entre les différentes entités constituant l'ontologie et les termes pertinents de la préoccupation d'un apprenant.

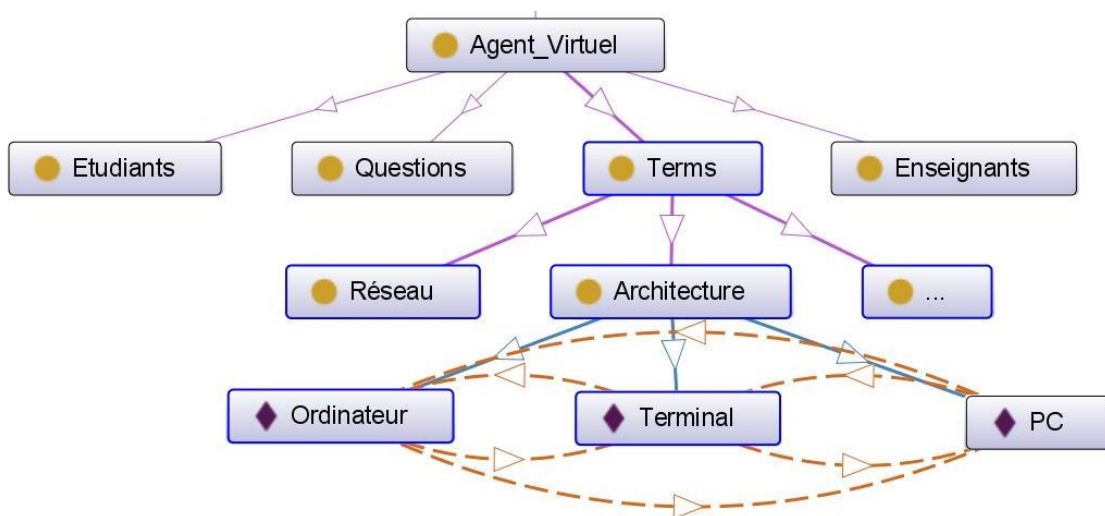


Figure 9 : Schéma de l'ontologie

3.2.3 Description du processus de recherche de la meilleure question

Phase 1 : Construction d'une ontologie représentant les concepts clé d'un domaine et les relations de synonymie entre eux.

Phase 2 : Pour chaque question de l'enseignant, rechercher l'ensemble des termes de la question de l'étudiant qui correspondent aux termes de la question de l'enseignant. Cet ensemble contient les termes de la question de l'étudiant qui se retrouve dans la question de l'enseignant et ceux qui ont le même sens (selon l'ontologie construite) qu'un terme de la question de l'étudiant.

De façon formelle, l'ensemble des termes communs recherchés se détermine comme suit :

Notations utilisées

MC : Ensemble des mots clés du cours de l'enseignant.

Q_E : Ensemble des termes de la question de l'étudiant.

S_E : Termes obtenus après la lemmatisation de la question de l'étudiant qui appartiennent à la fois à **Q_E** et **MC**.

Q_S : Ensemble des termes de la question de l'enseignant avec la $s^{\text{ème}}$ question appartenant à $\forall s \in \{1 \dots k\}$.

S_S : Termes obtenus après la lemmatisation de la question de l'enseignant qui appartiennent, à un synonyme ou correspondant à un terme de **Q_S** et **MC**.

T_S : Ensemble des termes communs à **S_S** et **S_E**

$$S_E = \{t_i \in Q_E / t_i \in MC\} \quad (2)$$

$$S_E = Q_E \cap MC \quad (3)$$

$$S_S = \{t_i \in Q_S / t_i \in MC\} \quad (4)$$

$$S_S = Q_S \cap MC \quad (5)$$

$$T_S = S_E \cap S_S \quad (6)$$

$\forall s \in \{1 \dots k\} Q_E \cong Q_S$ si T_S est le plus grand nombre de termes communs à **S_S** et **S_E**

Nous présentons dans la section suivante, la description de l'algorithme de traitement des questions reçus par un agent virtuel que nous proposons.

3.3 Algorithme de traitement de questions

Dans cette section, nous présentons le principe de fonctionnement de l'algorithme du prototype de l'agent virtuel. L'algorithme se résume en sept (07) étapes :

Etape 1 : L'apprenant envoie une question à l'agent virtuel.

Etape 2 : L'agent virtuel reçoit la question de l'apprenant.

Etape 3 : L'agent virtuel analyse la question de l'apprenant. Elle comprend deux actions à savoir :

- Le nettoyage (Suppression des StopWord)
- La lemmatisation (Conversion des mots en lemme)

Etape 4 : La sélection des k questions

Etape 5 : Estimation de la similarité basée sur les mots clés du domaine

Etape 6 : Proposition de la question sémantiquement proche à l'apprenant

Etape 7 : Confirmation de la proposition correspondant à la préoccupation de l'étudiant

- Si l'apprenant répond par « NON », sa question est renvoyée à un agent humain

Si l'apprenant répond par « OUI », l'agent virtuel fournit la réponse à la question posée par l'apprenant.

3.3.1. Description de l'algorithme

Etape 1 : Nettoyage des stopwords

Les stopwords sont des mots qui ne contiennent pas de signification importante à utiliser dans les requêtes de recherche. Habituellement, ces mots sont filtrés à partir des requêtes de recherche, car ils renvoient une grande quantité d'informations inutiles. Dans notre cas, il s'agit de retirer tous les stopwords des questions de l'étudiant et de l'enseignant. La figure 10 décrit le processus de suppression des stopword dans les termes de la préoccupation d'un apprenant.

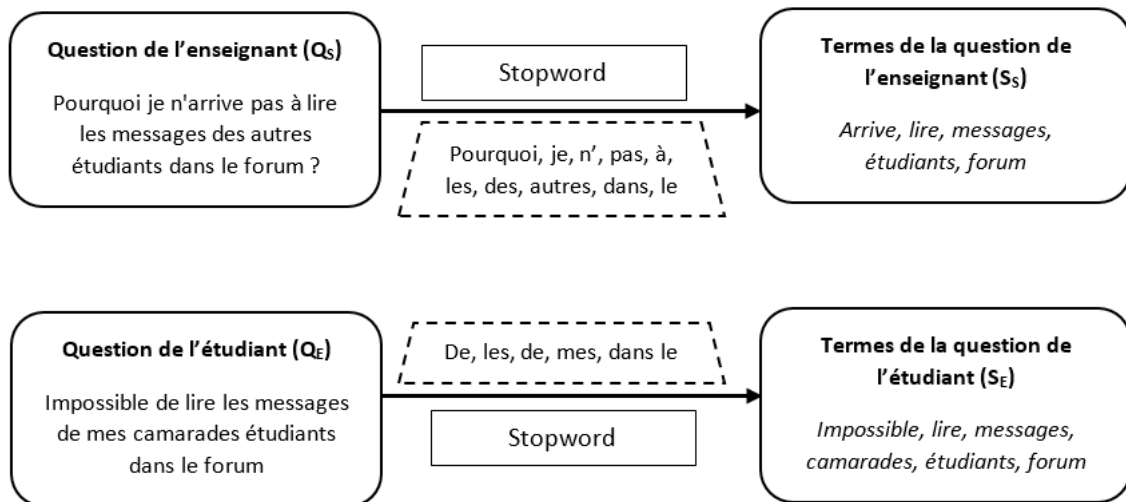


Figure 10 : Processus de nettoyage des stopword

Etape 2 : Conversion des termes en lemme

La lemmatisation est le processus qui crée l'ensemble des lemmes d'une base de données lexicale. Il est conçu à partir de mots-textes trouvés dans un corpus et qui conduisent à des lemmes en tête d'entrées de dictionnaire. La lemmatisation proprement dite est la première étape d'un processus comprenant deux étapes :

- Les formes de mots sont liées à des formes de base qui servent de lemmes.
- Un sous-ensemble des formes de base obtenues à la première étape est sélectionné pour inclusion dans le dictionnaire. Ce processus est appelé sélection de lemme.

Nous allons nous concentrer ici sur le dictionnaire général et les principes linguistiques de la lemmatisation. La figure 11 décrit le processus de lemmatisation des termes pertinents de la préoccupation d'un apprenant.

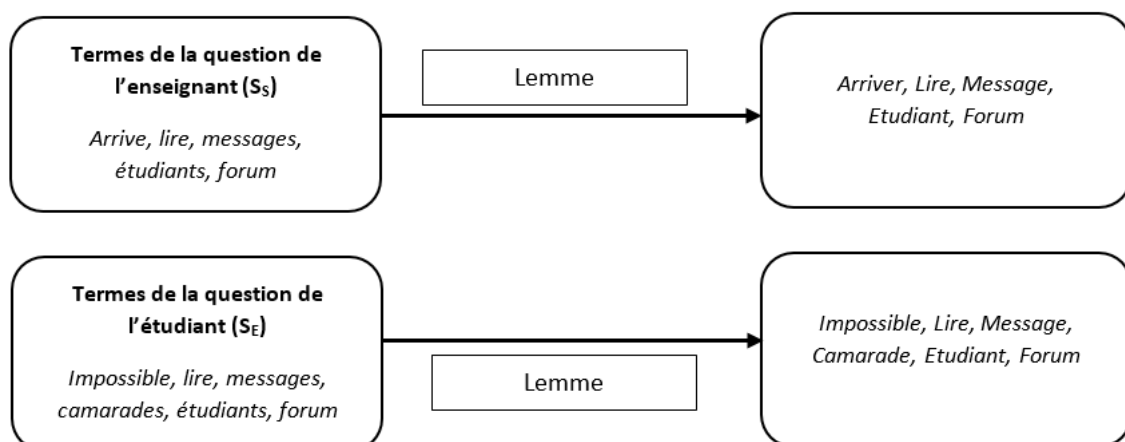


Figure 11 : Processus de lemmatisation des termes

Etape 3 : Analyse des termes communs à Q_E et Q_S , la figure 12 décrit le processus de recherche des termes communs à la préoccupation de l'apprenant.

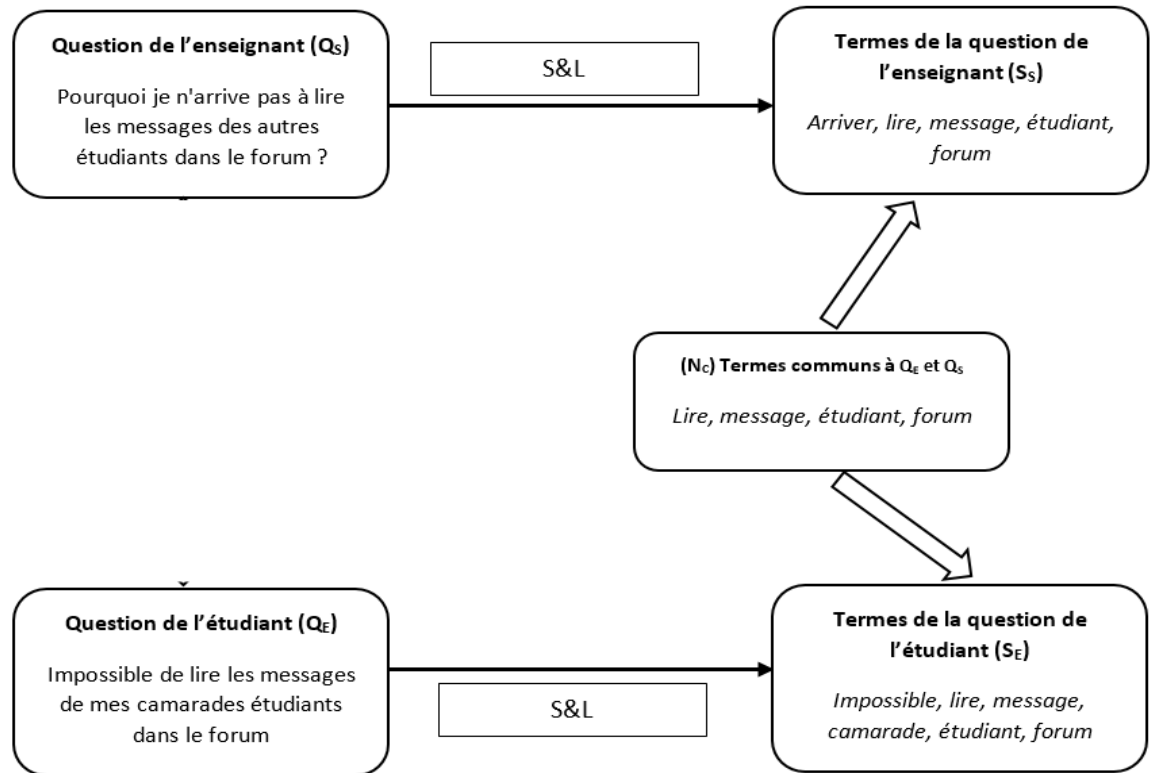


Figure 12 : Processus d'analyse des termes communs

L'analyse des termes communs à Q_E et Q_S permet de retenir les k questions Q_S proches des questions Q_E . Ensuite, nous utilisons le nouveau processus de recherche de la meilleure question parmi les k questions retenues. Basé sur les mots clés du domaine et une ontologie représentant la relation de synonymie entre ces mots, ce processus permet de retenir la question Q_S la plus proche de la question Q_E .

Etape 4 : Sélection des k questions

L'étape 4 consiste à sélectionner les k questions de l'enseignant les plus proches de celles de l'étudiant. Dans cette étape, on utilise l'indice de Dice. Il s'agit d'une comparaison des mots en commun et d'une sélection des questions les plus proches de la question de l'apprenant.

Etape 5 : Estimation de la similarité basée sur les mots clés du domaine

Cette étape fait intervenir les mots clés du domaine définis par l'enseignant, dans la recherche des k questions de l'enseignant les plus proches de celles de l'étudiant. Ainsi, pour un domaine donné, nous construisons une ontologie afin de représenter les concepts ayant le même sens.

Etape 6 : Proposition de la question sémantiquement proche à l'apprenant

Le concept de mots clés du domaine et l'ontologie permettent d'identifier la question de l'enseignant la plus proche de la préoccupation de l'apprenant. La question de l'enseignant est proposée à l'apprenant. L'apprenant est amené à accepter la proposition ou à la refuser si elle ne correspond pas à sa préoccupation.

Etape 7 : Confirmation de la proposition correspondant à la préoccupation de l'étudiant

La question la plus proche de la préoccupation de l'apprenant est proposée à l'apprenant. Il a la possibilité de confirmer ou rejeter la proposition. Si la proposition est acceptée par l'apprenant, alors il reçoit la réponse associée à la question. Sinon, la préoccupation de l'apprenant est envoyée à un agent humain pour traitement.

La figure 13 permet de représenter la relation entre les termes de la question de l'étudiant et les mots clés du cours de l'enseignant. L'ensemble des termes communs aux termes de la question de l'enseignant et de l'étudiant est représenté par T_s . La question de l'étudiant est proche de celle de l'enseignant, lorsque les questions ont un grand nombre de termes en commun. Le MC représente les mots clés du domaine. Les mots clés proviennent des modules de cours dispensés par l'enseignant. Ces mots clés sont représentés par une ontologie.

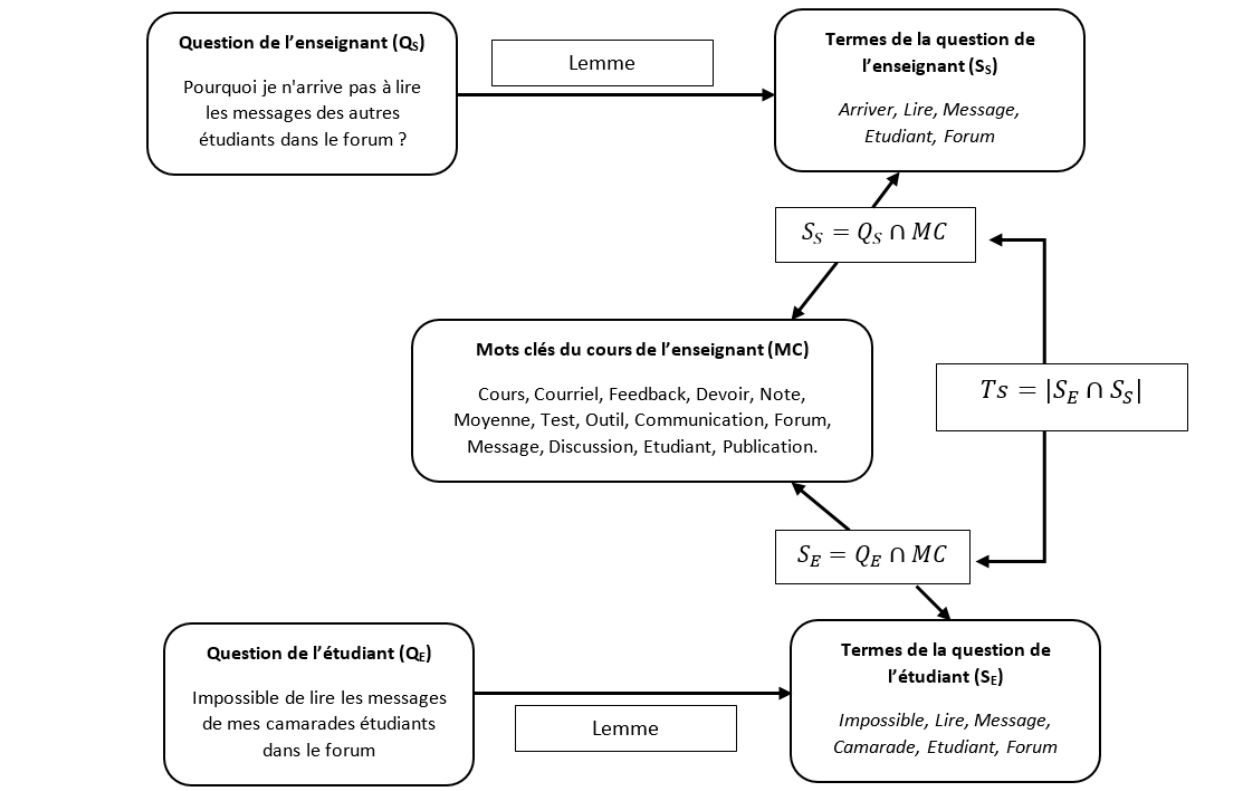


Figure 13 : Mesure de similarité basée sur les mots clés du domaine

3.4 Fonctionnement global de l'agent virtuel

La figure 14 permet de comprendre le fonctionnement global de l'agent virtuel. Le processus est déclenché lorsque l'apprenant soumet une préoccupation. Ensuite, la préoccupation est traitée, il s'agit de trouver la réponse adaptée à la préoccupation de l'apprenant. Enfin, une réponse est proposée à l'apprenant qui nécessite une confirmation. Lorsque l'agent virtuel ne trouve pas la réponse adaptée, il fait recours à l'agent humain (Enseignants, Tuteurs). L'agent humain est amené à répondre à la préoccupation de l'apprenant. Ci-dessous le schéma du processus détaillé du fonctionnement de l'agent virtuel :

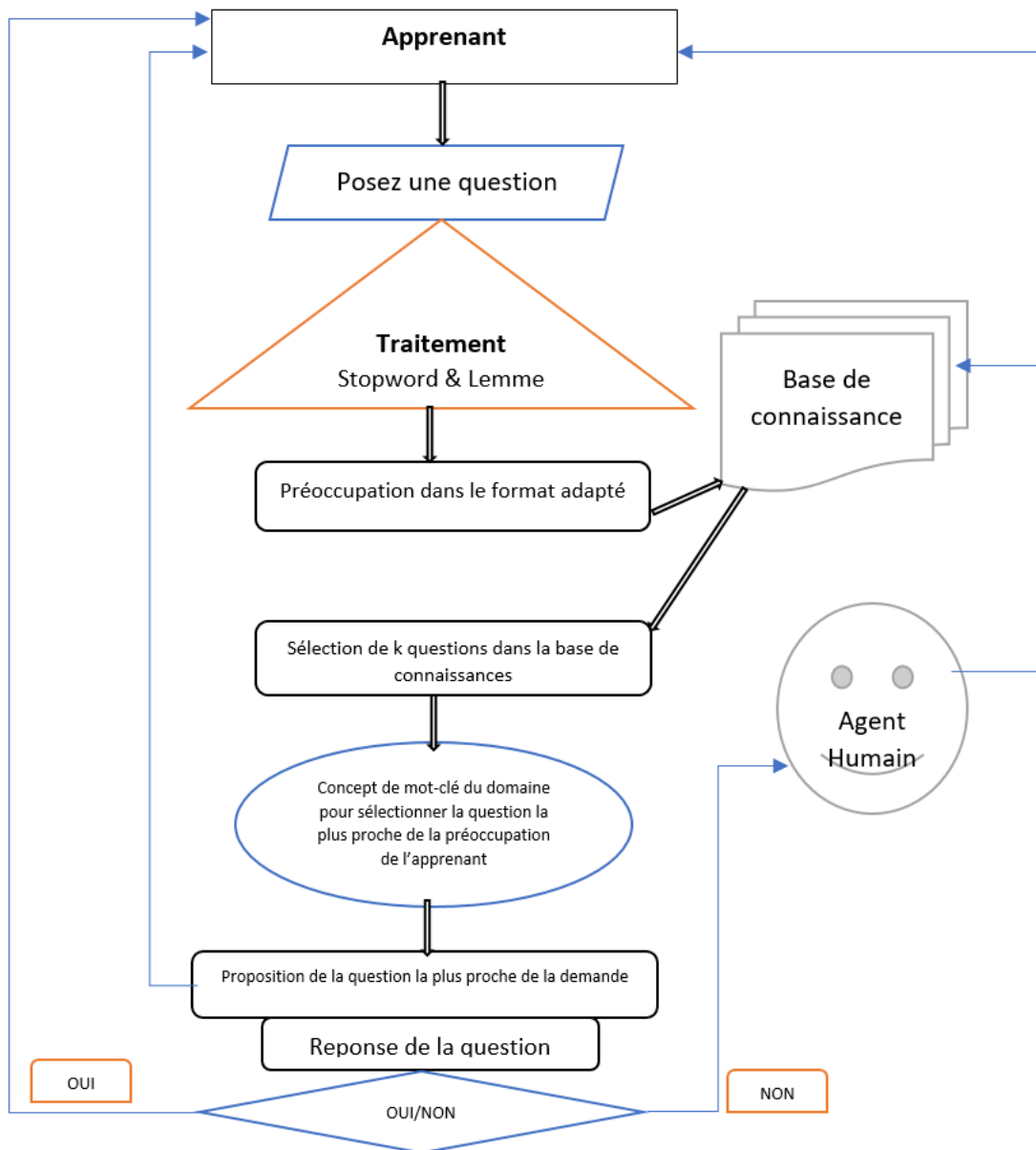


Figure 14 : Principe de fonction de l'agent virtuel

3.4.1 Description des composants du schéma du fonctionnement global de l'agent virtuel

Apprenant : le module apprenant permet de soumettre les préoccupations

Posez une question : Le module pose une question, c'est le texte brut de la question de l'apprenant.

Traitement : Le module de traitement prend en compte le nettoyage du stopword et la lemmatisation des termes de la préoccupation de l'apprenant. La lemmatisation se réfère à l'analyse lexicale du contenu d'un texte regroupant les mots de la même famille. Chacun des mots d'un contenu est ainsi réduit à une entité appelée lemme (forme canonique).

Stopword : Un mot stop est un mot non significatif dans un texte. Il est opposé à un mot complet. La signification d'un mot est évaluée à partir de sa distribution (au sens statistique) dans une collection de textes.

Préoccupation dans le format adapté : La préoccupation de l'apprenant est convertie en un format qui permet au chatbot de le comprendre.

Base de connaissances : la base de connaissances regroupe des connaissances spécifiques au domaine de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire, sous une forme utilisable par le chatbot. Il contient des règles qui permettent la structuration des données en intégrant les ontologies.

Sélection de k questions dans la base de connaissances : ce module vous permet de parcourir la base de connaissances à la recherche des questions de l'enseignant qui sont proches de la préoccupation de l'apprenant. Nous retenons k questions qui ont un score élevé et proches de la préoccupation de l'apprenant.

Concept de mot-clé du domaine pour sélectionner la question la plus proche de la préoccupation de l'apprenant : une fois que les k questions les plus proches sont sélectionnées, nous appliquons un concept basé sur le principe du mot-clé domaine. Cette

approche sélectionne la question de l'enseignant la plus proche de la préoccupation de l'apprenant.

Proposition de la question la plus proche de la demande : ce module permet de proposer la question de l'enseignant à l'apprenant. L'apprenant est susceptible de réagir, s'il répond par OUI alors la réponse associée à la question de l'enseignant est renvoyée à l'apprenant. Si l'apprenant répond par NON, alors sa préoccupation est envoyée à un agent humain pour traitement.

Agent humain : Lorsque le chatbot n'a pas la réponse à la préoccupation de l'apprenant, la préoccupation de l'apprenant est envoyée à l'agent humain qui l'analyse et renvoie les réponses appropriées. Les réponses de l'agent humain enrichissent la base de connaissances.

3.5 Evaluation de l'algorithme proposé

Dans cette section, nous allons comparer l'algorithme de traitement des questions posées par un apprenant que nous avons proposé à celui utilisant uniquement l'indice de Dice.

3.5.1. Description de l'environnement

Les différents tests sont réalisés avec une série de préoccupations de l'apprenant. La série de questions utilisées se trouve en annexe 1.

Dans un premier test, nous soumettons une question choisie de façon aléatoire aux deux algorithmes de traitement de questions. Ensuite nous déterminons pour chaque algorithme le taux de compréhension pour la question donnée.

Dans un deuxième test, nous soumettons une série de questions aux deux algorithmes. Le nombre de questions par série est choisie de façon aléatoire. Les questions sont déterminées de façon aléatoire dans chaque série.

L'expérience est réalisée avec le matériel et les outils suivants : il s'agit d'un ordinateur muni d'un processeur Corei7, 12 Go de RAM et de 1 To de disque dur. Le langage de programmation est basé sur PHP orienté objet et d'un système de gestion de base de données MYSQL.

Le matériel ci-dessous a été utilisé par les apprenants pour interagir avec l'agent virtuel :

- Type de l'appareil : Smartphone

- Ecran : 5 Pouces
- Résolution : HD, 1280 x 720
- Réseaux : 4G/ 3G
- Système d'exploitation : Android 6.1
- Processeur : Octa-core 1.3 GHz
- Mémoire RAM : 2 Go
- Mémoire Interne : 16 Go
- Connectivité : Wifi, Hotspot, Bluetooth, Micro USB.
- Batterie : 3000 mAh

L'expérimentation porte sur le fonctionnement global du prototype de l'agent virtuel. L'apprenant est connecté à son espace de travail (Fig. 15.) et il soumet sa préoccupation à l'agent virtuel. Lorsqu'il clique sur la touche Entrée ou le bouton Soumettre dans la fenêtre, sa préoccupation est alors convertie sous forme de requête langagière (Fig. 17.). Les traitements successivement sont réalisés comme la suppression des stopword puis une lemmatisation des termes restants.

À la suite de ces traitements, la requête obtenue est analysée pour obtenir les questions de l'enseignant proches de la question de l'apprenant. Ensuite, le traitement réalisé permet de trouver la question de l'enseignant la plus proche de la question de l'étudiant. Une fois qu'une question est sélectionnée, elle est envoyée à la vue pour être retournée à l'apprenant (Fig. 17.). Puis la réponse à cette question sera analysée et retournera les instructions en fonction :

- Oui : les instructions appropriées seront envoyées (Fig. 17.) ;
- Non : la préoccupation de l'apprenant est envoyée à un tuteur humain pour analyse (Fig. 18.).

La figure 15 représente la fenêtre de dialogue avec l'apprenant. D'abord un message de Bienvenue. Ensuite, l'apprenant est invité à soumettre sa préoccupation à l'agent virtuel. Enfin, l'apprenant clique sur le bouton « Soumettre » pour valider sa préoccupation.

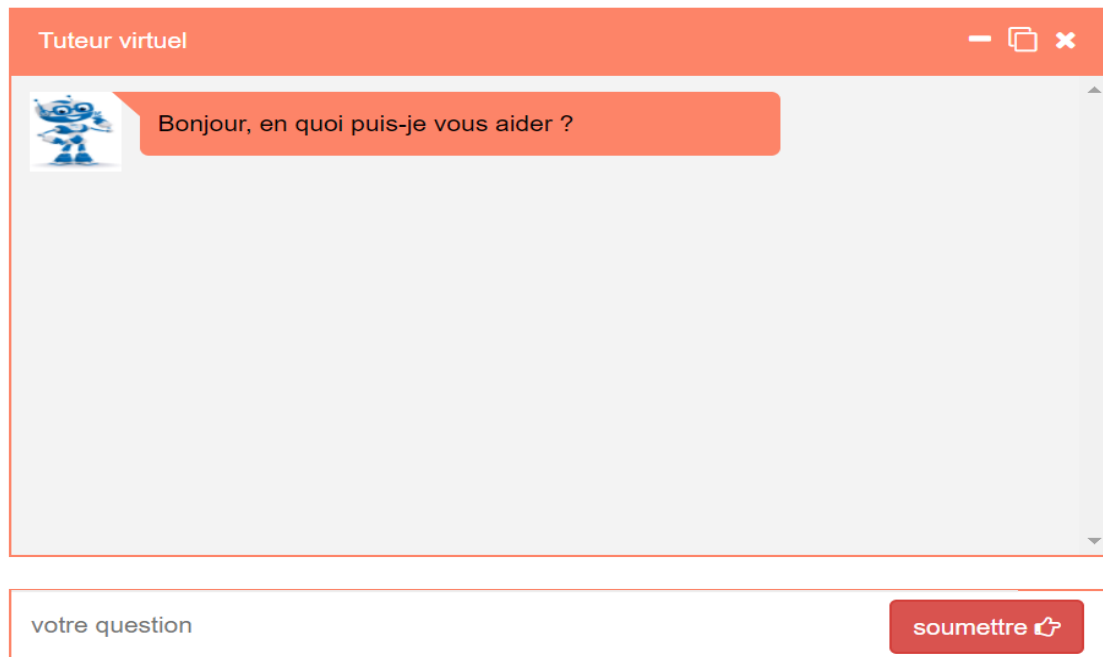


Figure 15 : Fenêtre permettant à l'apprenant de soumettre sa préoccupation à l'agent virtuel

Comme le montre la figure 16, une fois que l'apprenant a présenté sa préoccupation. Cela déclenche le processus de traitement de sa requête.

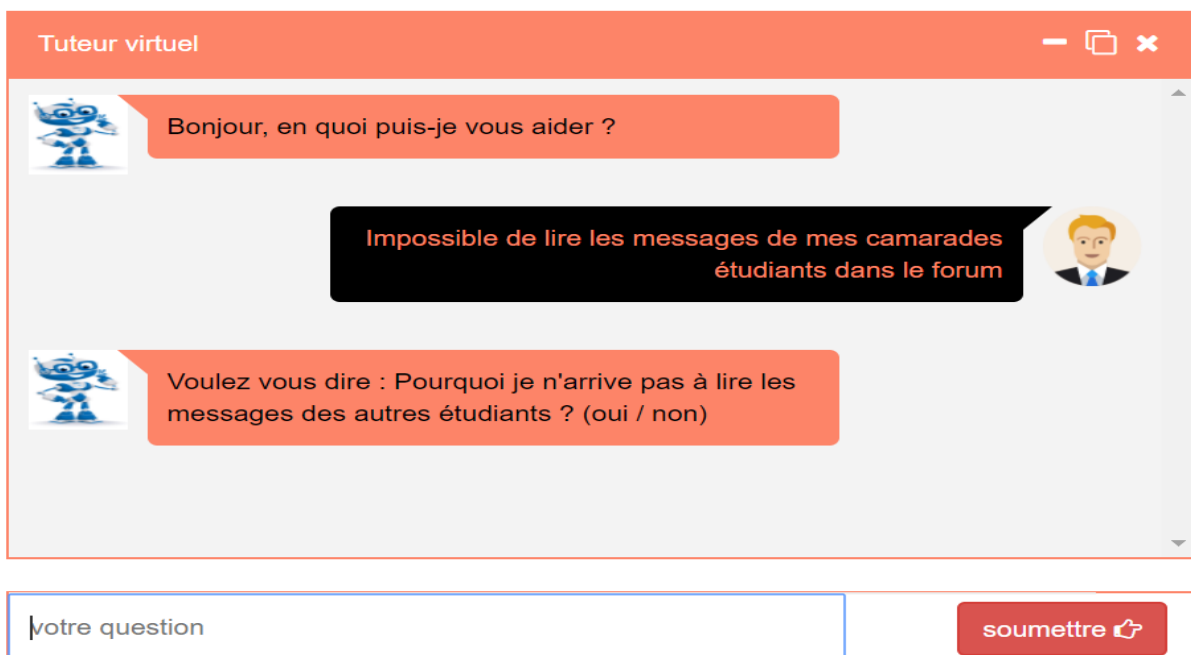


Figure 16 : Proposition de question après l'analyse de la préoccupation de l'apprenant

Après le traitement, l'agent virtuel offre un élément de réponse à l'apprenant. L'apprenant a la possibilité de confirmer la proposition de l'agent virtuel. Un élément de réponse est renvoyé à l'apprenant en fonction de la confirmation.

Si l'apprenant répond par « OUI », il reçoit la réponse adaptée à sa préoccupation (figure 17) et s'il répond par « NON », la préoccupation est envoyée à l'agent humain pour avoir la réponse adaptée (figure 18).

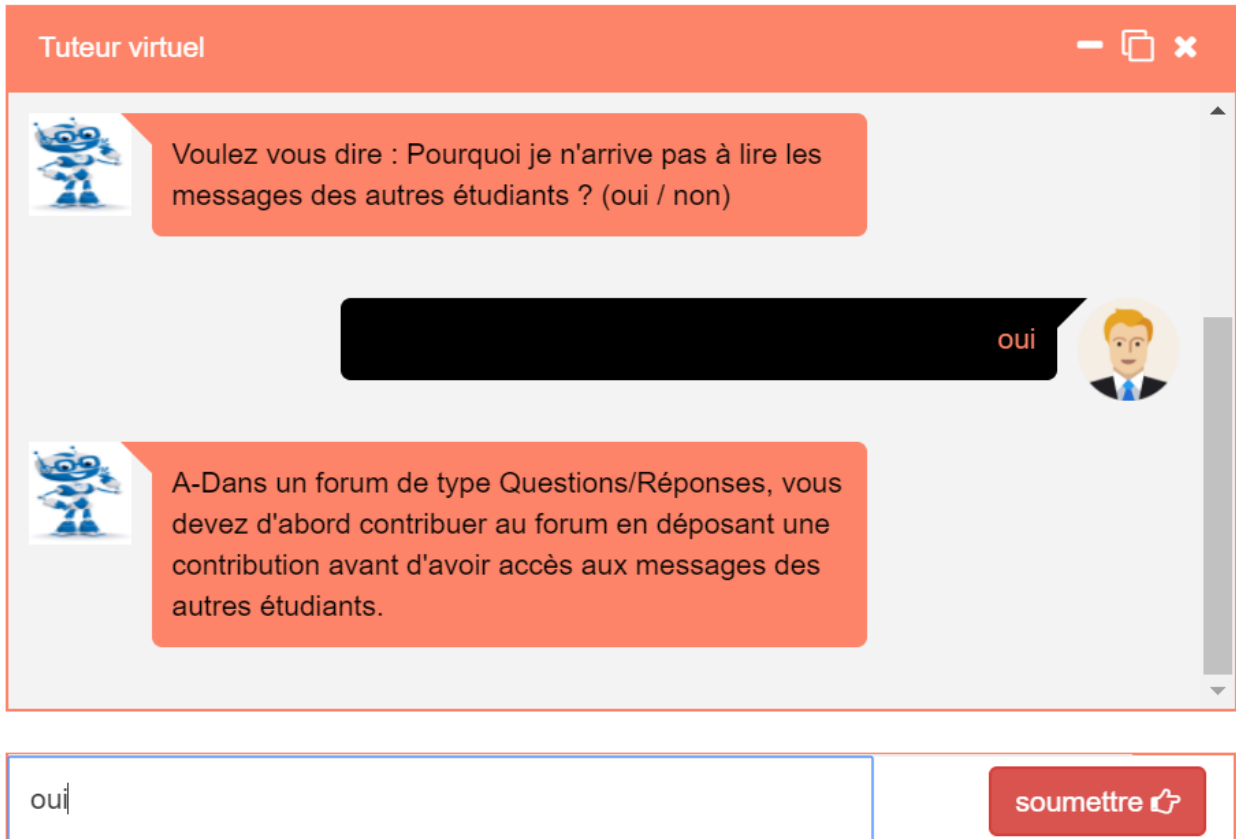


Figure 17 : L'apprenant confirme la proposition de question

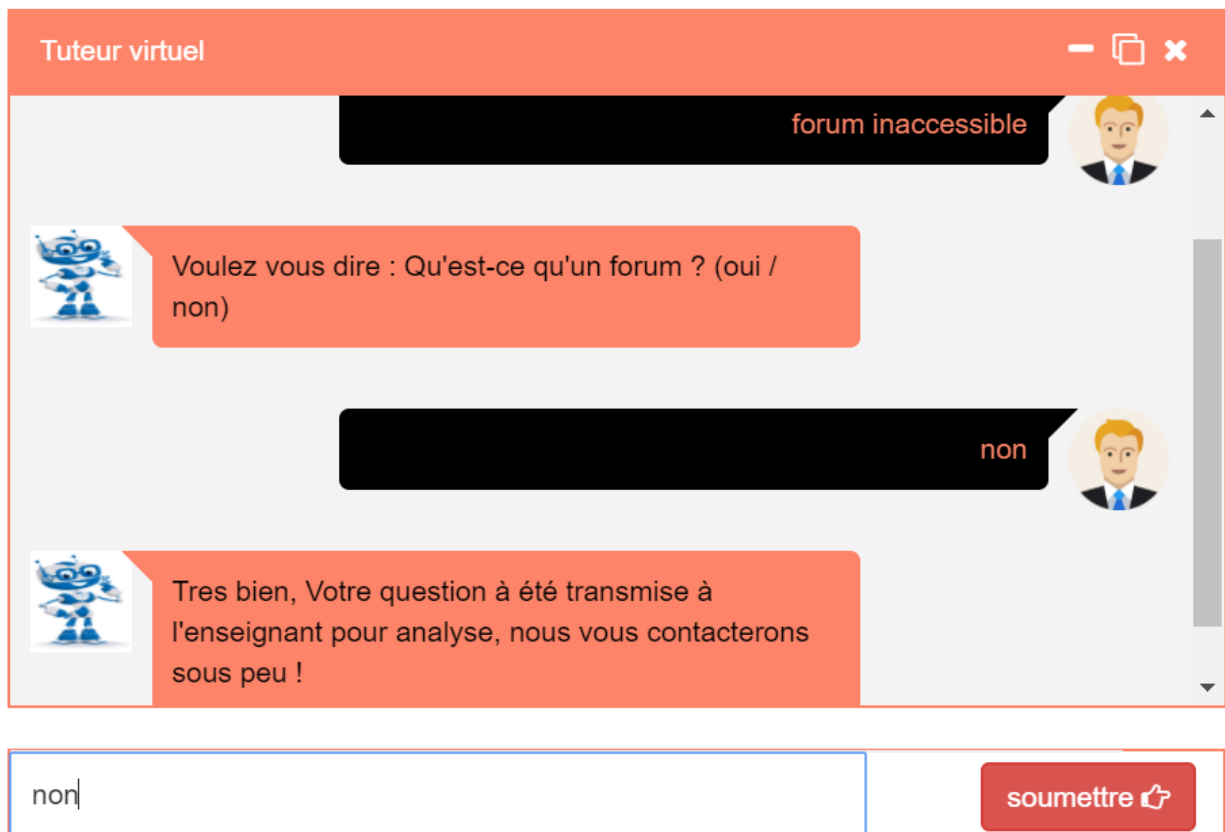


Figure 18 : La proposition de question ne correspond pas à la préoccupation de l'apprenant

Les figures montrent le processus utilisé pour répondre à l'apprenant. Dans le cas où la question fait référence à une question de l'enseignant, il est demandé à l'apprenant si la question identifiée est bien celle dont il fait allusion. S'il répond oui, les instructions associées à sa demande, lui sont envoyées. Dans le cas contraire, la préoccupation de l'apprenant est envoyée au tuteur humain.

L'expérimentation du prototype de l'agent virtuel permet de trouver de réponses adéquates à des requêtes postées par l'apprenant en appliquant notre méthode de similarité sémantique.

3.5.2. Métriques d'évaluation

Les métriques d'évaluation utilisées sont le taux de compréhension des termes d'une question d'un apprenant par l'agent virtuel et la durée de réponse à une question posée.

Le taux de compréhension représente le rapport du nombre de termes de l'apprenant compris par l'agent virtuel sur les termes de la question de l'apprenant.

TE : Les termes de la question de l'apprenant

TEC : Les termes de l'apprenant compris

TC : Taux de compréhension.

$$TC = \frac{TEC}{TE} \quad (7)$$

Dans notre approche, le TEC représente le nombre de termes communs aux question de l'enseignant et de l'étudiant ou aux synonymes. La durée de réponse à une question est le temps mis par le système pour répondre à une préoccupation de l'apprenant.

3.5.3 Résultats

Les tableaux 1 à 3 représentent les résultats des différentes évaluations effectuées. Le tableau 1 donne le taux de compréhension lorsqu'une seule question est soumise au système utilisant l'indice de Dice. Le tableau 2 donne le taux de compréhension lorsqu'une seule question est soumise au système utilisant le concept de mots clés. Le tableau 3 représente la moyenne des taux de compréhension lorsqu'un ensemble de questions est soumis. Les notations utilisées dans les tableaux sont :

- NQ : Numéro de la question
- TE : Les termes de la question de l'apprenant
- TS : Les termes de la question de l'enseignant qui correspondent à TE
- TEC : Les termes de l'apprenant compris
- TSC : Les termes de l'enseignant compris
- TC : Taux de compréhension

- MT : La méthode basée sur l'indice de Dice et concept de mots clés du domaine
- DICE : L'indice de Dice
- CMC : Le concept basé sur les mots du domaine
- TC-DICE : Taux de compréhension des questions en appliquant l'indice de dice suivie de la variation du nombre de questions
- TC-CMC : Taux de compréhension des questions en appliquant le concept de mots du domaine suivi de la variation du nombre de questions.

Tableau 1: Principe de calcul du taux de compréhension des questions avec l'indice de Dice

NQ	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
TE	6	5	6	4	6	5	6	6	5	4
TS	8	7	8	6	8	8	5	7	8	6
TEC	3	2	3	1	2	2	3	3	2	1
TSC	4	3	3	2	4	4	2	3	4	2
TC	50%	41%	42%	30%	42%	46%	45%	46%	46%	30%

TEC : 2 ; TE : 5 ; TC = 2/5

TC = 40%

Tableau 2: Principe de calcul du taux de compréhension des questions avec le concept de mots clés du domaine

NQ	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
TE	6	5	6	4	6	5	6	6	5	4
TS	8	7	8	6	8	8	5	7	8	6
TEC	3	2	3	1	2	2	3	3	2	1
TSC	4	3	3	2	4	4	2	3	4	2
TC	50%	41%	42%	30%	42%	46%	45%	46%	46%	30%

TSC : 3 ; TS : 7 ; TC = 3/7

TC = 43%

Tableau 3 : Taux de compréhension des questions base sur l'indice de Dice et le concept de mots clés du domaine

NQ	10		20		30		40		50	
MT	DICE	CMC	DICE	CMC	DICE	CMC	DICE	CMC	DICE	CMC
TC	40%	55%	35%	50%	34%	48%	30%	45%	30%	40%

Le graphique ci-dessous représente le taux de compréhension des questions basé sur l'indice de Dice et de celui basé sur concept de mots clés du domaine (Une amélioration de l'indice de Dice).

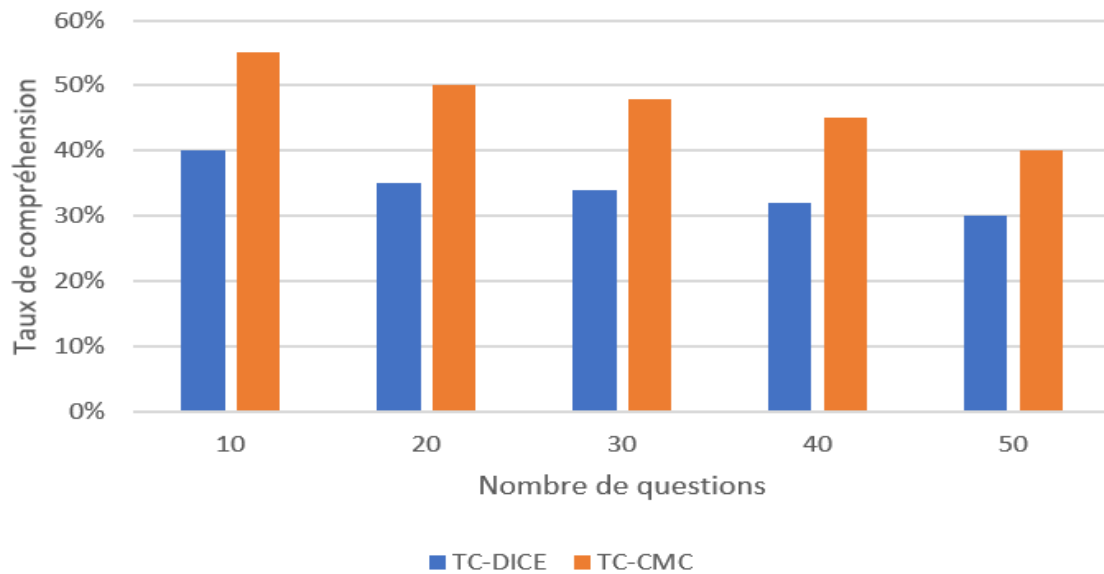


Figure 19 : Représentation du taux de compréhension des questions basé sur l'indice de Dice et le concept de mots clés du domaine

La figure 19 montre que le taux de compréhension des questions de l'apprenant est en dessus de 50% lorsqu'on applique la méthode de l'indice de Dice. En plus, le taux de compréhension des questions est de plus en plus faible lorsque le nombre de questions augmente. Tandis que le taux de compréhension des questions de l'apprenant est au-dessus de 50% lorsqu'on applique le concept de mots clés du domaine. Ce concept est une amélioration de l'indice de Dice. Les résultats obtenus avec le concept basé sur les mots clés du domaine sont encourageants.

Les tableaux 4 et 5 représentent les résultats obtenus pour la durée de réponse

*Tableau 4 : Durée de réponse lorsqu'une question est soumise au système pour la première fois
(Durée en secondes)*

Indice	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Indice de Dice	32,05	47,01	55,08	38,40	41,06	52,10	58,03	35,41	63,09	51,21
Concepte de mots clés	6,03	8,50	10,05	5,01	7,02	9,01	10,50	6,08	10,70	8,09

*Tableau 5 : Durée de réponse lorsqu'une question est soumise au système pour une seconde fois
(Durée en secondes)*

Indice	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Indice de Dice	32,05	47,01	55,08	38,40	41,06	52,10	58,03	35,41	63,09	51,21
Concept de mots clés	0,27	0,35	0,43	0,29	0,31	0,39	0,45	0,28	0,47	0,38

Les tableaux 4 et 5 ont permis d'évaluer la durée de réponse du système lorsque des questions sont soumise. Les résultats montrent que notre approche basée sur le concept de mots du domaine permet d'améliorer le temps de réponse du système. Nous avons une moyenne de 8 secondes lorsque la question de l'apprenant est soumise pour la première fois et une moyenne de 0,30 seconde lorsqu'un autre apprenant soumet la même préoccupation.

3.6 Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons présenté un travail basé sur des mesures de similarité pour doter un agent virtuel de la capacité de fournir des réponses adéquates dans une interaction pédagogique avec les apprenants. Nous avons montré les étapes pour mettre en œuvre le prototype de l'agent virtuel proposée qui est une adaptation de l'indice de Dice. Nous avons également décrit le fonctionnement global de l'agent virtuel et le processus utilisé pour répondre à la préoccupation de l'apprenant. La suite du travail consiste à intégrer l'agent virtuel dans la pédagogie de l'Université Virtuelle de Côte et terminer par le processus d'évaluation de la satisfaction des apprenants.

Chapitre 4 – Intégration de l'agent virtuel dans une plateforme pédagogique et évaluation

SOMMAIRE

4.1	Introduction	76
4.2	Plateforme pédagogique de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire.....	77
4.3	Intégration de l'agent virtuel dans la plateforme pédagogique.....	80
4.4	Représentation de la base de connaissance.....	82
4.5	Schéma de l'intégration de l'agent virtuel	83
4.6	Evaluation de la satisfaction des apprenants	86
4.6.1	Les apprenants ayant participé à l'évaluation de la satisfaction.....	87
4.6.2	Amélioration des interactions avec l'agent virtuel.....	88
4.6.3	Satisfait du délai (temps) de réponse aux préoccupations des apprenants	89
4.6.4	Satisfait du niveau de correspondance des réponses aux préoccupations des apprenants....	90
4.6.5	Satisfait des réponses données aux préoccupations des apprenants par l'agent virtuel	91
4.6.6	Evaluer l'agent virtuel (Note sur 20)	93
4.7	Conclusion partielle	94

4.1 Introduction

Pour l'évaluation de la proposition faite, nous allons utiliser une plateforme pédagogique s'appuyant sur le système de gestion de contenu Moodle. Moodle est un système de gestion de l'enseignement en ligne. Il est développé sur des principes pédagogiques, Moodle est utilisé pour l'enseignement en ligne dans les écoles, universités, lieux de travail et autres secteurs. L'intégration de l'agent virtuel dans la plateforme pédagogique fait appel aux principes de modales.

4.2 Plateforme pédagogique de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire



Figure 20 : Page d'accueil de la plateforme pédagogique de l'UVCI

La plateforme pédagogique de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire (UVCI) est un environnement d'apprentissage en ligne, qui présente une variété d'opportunités d'apprentissage (Figure 20). Il s'agit d'un système de gestion de contenu (CMS) développé pour soutenir les moyens traditionnels d'apprentissage, en augmentant l'expérience d'apprentissage. L'espace d'apprentissage sert de site web interactif avec un certain nombre de fonctionnalités et d'activités conçues pour impliquer les apprenants et pour permettre un travail collaboratif dans une éducation centrée sur l'apprenant. Le système est divisé en différents modules appelés cours. Chaque cours contient une variété de matériels, de forums, nous pouvons y intégrer des tests, des questionnaires et des tâches dont les réponses seront publiées en ligne, des chats, un système d'évaluation etc. Pour accéder aux cours en ligne, l'apprenant a besoin d'un identifiant et d'un mot de passe fournis par l'UVCI (Figure 21).

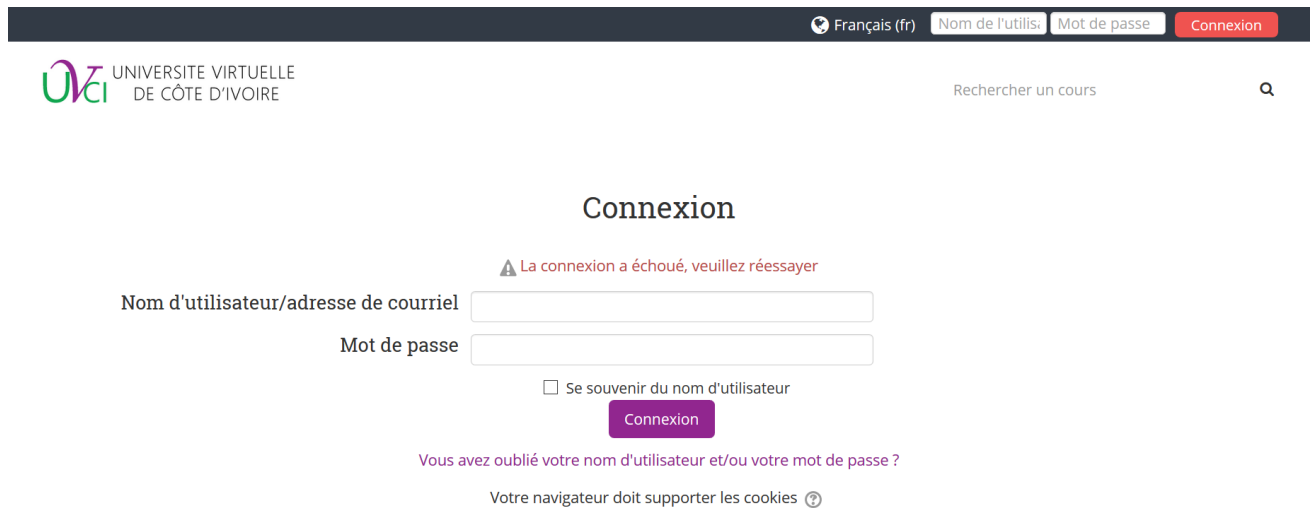


Figure 21 : Espace d'authentification des utilisateurs

Après l'authentification, l'apprenant a accès à un tableau de bord. Ce tableau de bord lui permet d'avoir une vue d'ensemble des ressources d'apprentissage disponibles sur la plateforme. Le tableau de bord est une page personnalisable pour fournir aux apprenants des liens vers leurs cours et activités d'apprentissage. Selon les paramètres du site, les catégories et les sous catégories peuvent s'afficher sous les cours principaux (Figure 22). Les apprenants peuvent personnaliser leur tableau de bord (Ajouter ou supprimer des blocs).

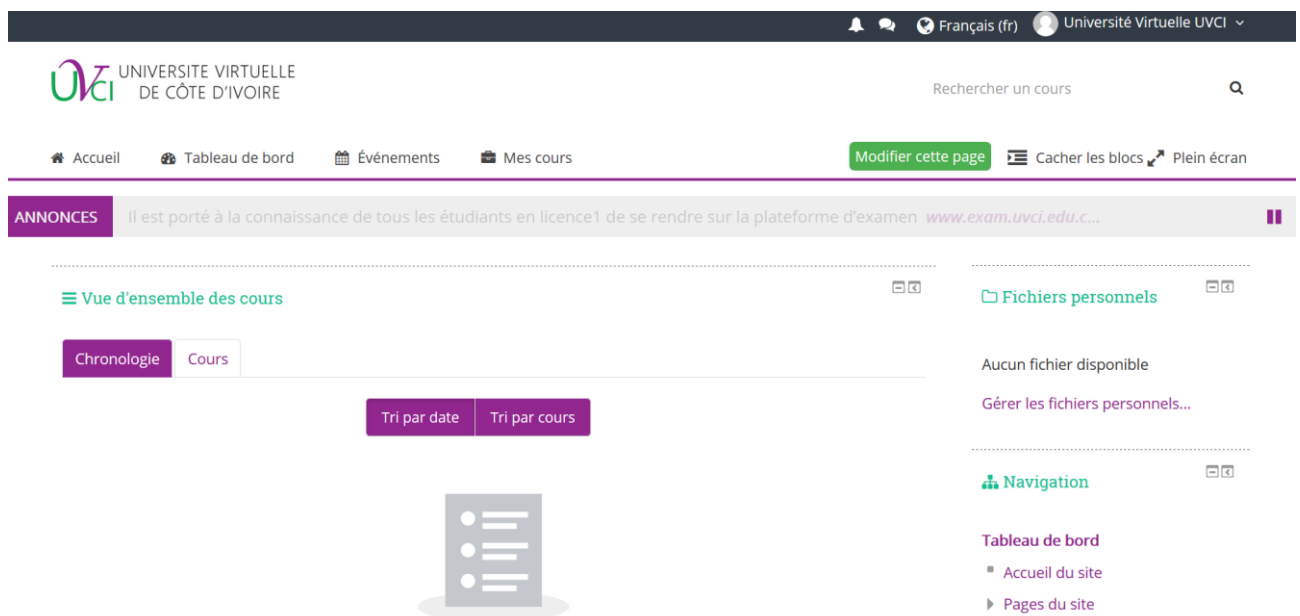


Figure 22 : Tableau de bord de la plateforme pédagogique de l'UVCI

Chaque apprenant est orienté vers un espace de cours personnalisé (Figure 23). L'espace cours permet à l'apprenant d'accéder aux activités d'apprentissage en cours, à venir et passées.

- Les activités d'apprentissage en cours correspondent aux activités que l'apprenant doit réaliser pendant le cours.
- Les activités d'apprentissage à venir correspondent aux activités futures. Cela permet à l'apprenant d'avoir une vue d'ensemble des cours à venir et de mieux se préparer.
- Les activités d'apprentissage passées correspondent aux activités déjà réalisées par l'apprenant. Cela permet à l'apprenant de réviser les cours passés lors de la préparation d'une évaluation.

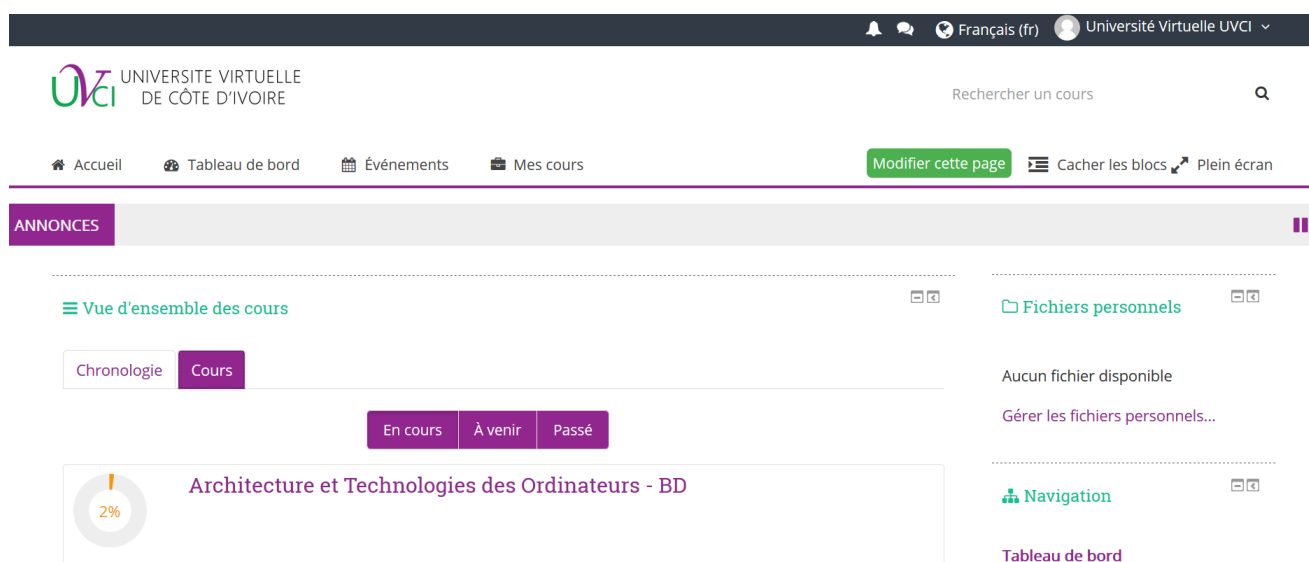


Figure 23 : Espace de cours en ligne

La figure 24 présente un modèle de cours disponible sur la plateforme pédagogique de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire. Il s'agit du cours d'architecture des ordinateurs, ce cours est composé :

- D'une vidéo d'introduction qui présente les objectifs et les activités d'apprentissage liées au cours.
- D'une présentation de l'enseignant qui dispense le cours.
- De la durée et découpage du cours
- De la procédure d'évaluation des apprenants

The screenshot shows the user interface of the Université Virtuelle de Côte d'Ivoire (UVCi) platform. At the top, there is a navigation bar with icons for 'Accueil', 'Tableau de bord', 'Événements', 'Mes cours', and 'Cours actuel'. A search bar is located on the right. Below the navigation bar, the breadcrumb trail indicates the user is in 'Mes cours > ARS101-1_2'. The main content area features a course title 'ARCHITECTURE ET TECHNOLOGIE DES ORDINATEURS- 2018 - (2ECTS) - BD' and a video player with the title 'Architecture des ordinateurs et système d'exploitation'. To the right of the video player is a 'Plan' section listing two lessons: 'Leçon 1 : Introduction à l'architecture des ordinateurs' and 'Leçon 2 : Les mémoires'. On the far right, there is a sidebar with 'Enseignant' information for BAKOUAN Mamadou, ENSEIGNANT- CHERCHEUR, and 'Navigation' options like 'Tableau de bord'.

Figure 24 : Cours d'architecture des ordinateurs

Après la présentation de la plateforme pédagogique de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire, nous allons maintenant aborder le processus d'intégration de l'agent virtuel dans cette plateforme.

4.3 Intégration de l'agent virtuel dans la plateforme pédagogique

L'agent virtuel est déployé sur un serveur qui communique avec le serveur de la plateforme pédagogique de l'UVCi via un service Web. Un service Web est un ensemble de protocoles et de normes ouverts utilisés pour l'échange de données entre des applications ou des systèmes. Le service Web fonctionne en utilisant les composants suivants :

- SOAP (Simple Object Access Protocol) pour transférer les messages. Le protocole SOAP est un protocole XML (eXtensible Markup Language) léger permettant d'échanger des informations dans un environnement distribué décentralisé. En combinant des requêtes et des réponses SOAP avec un protocole de transport, tel que HTTP (Hypertext Transfer Protocol), Internet devient un support pour les applications de publication de services Web basés sur des bases de données. Les requêtes SOAP sont faciles à générer et un client peut facilement traiter les réponses. Une application peut devenir un client des services d'une autre application, chacun échangeant des informations riches et structurées. La possibilité d'agréger des services Web puissants et distribués permet à SOAP de fournir un modèle de programmation robuste qui transforme Internet en plate-forme de développement d'applications.

- UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) pour définir une méthode universelle permettant aux serveurs de découvrir et d'appeler de façon dynamique des services Web. Son objectif ultime est de rationaliser les transactions en ligne en permettant aux entreprises de se trouver sur le Web et de rendre leurs systèmes interopérables pour le commerce électronique. UDDI est souvent comparé aux pages blanches, jaunes et vertes d'un annuaire téléphonique. Le projet permet aux entreprises de s'inscrire par nom, produit, emplacement ou les services Web qu'elles offrent.
- WSDL (Web Services Description Language) pour décrire la disponibilité des services. WSDL est un format de description d'une interface de services Web. C'est une façon de décrire les services et comment ils devraient être liés à des adresses réseau spécifiques.
- XML (eXtensible Markup Language) pour marquer les données. Le langage XML est un format de texte simple et très flexible. Initialement conçu pour relever les défis de la publication électronique à grande échelle, XML joue également un rôle de plus en plus important dans l'échange d'une grande variété de données sur le Web et ailleurs. La figure 25 représente l'architecture des services web utilisés dans notre modèle d'agent web.

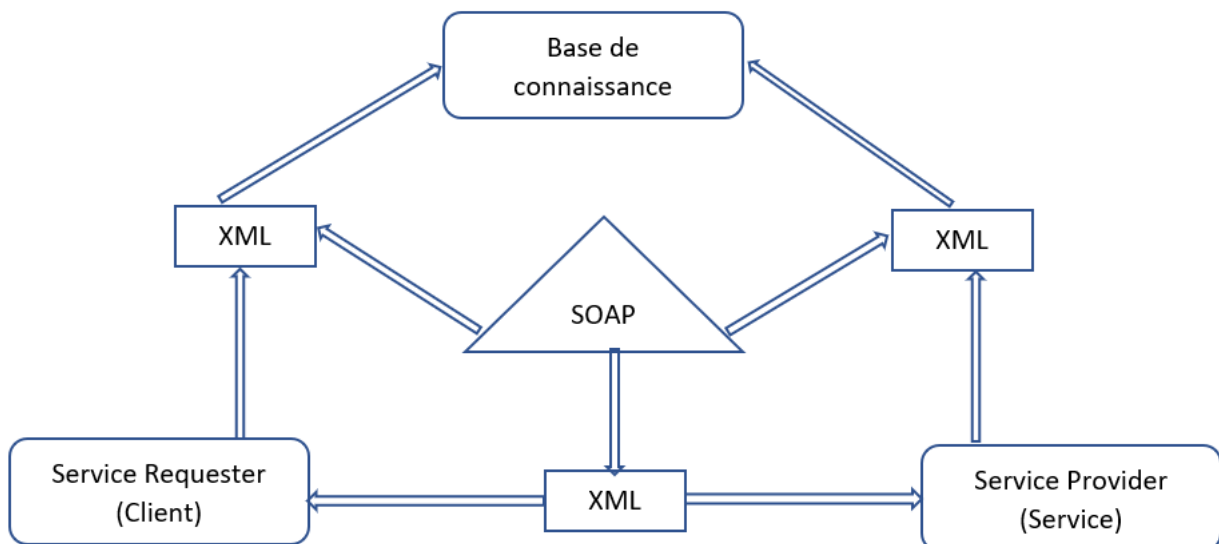


Figure 25 : Architecture du service Web

Service Provider : il s'agit du fournisseur de service Web. Le fournisseur de services implémente le service et le rend disponible sur Internet.

Service Requestor : il s'agit du demandeur de service. Le demandeur utilise un service Web existant en ouvrant une connexion réseau et en envoyant une requête XML.

Base de connaissance : la base de connaissance regroupe des connaissances spécifiques au domaine de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire, sous une forme utilisable par l'agent virtuel.

4.4 Représentation de la base de connaissance

Une base de connaissances est une technologie utilisée pour stocker des informations structurées et non structurées complexes utilisées par un système informatique. Dans cette section, nous présentons les différents modules qui composent la base de connaissance de l'agent virtuel. Cette base de connaissance est composée de trois modules : le module d'acquisition des connaissances, le module de traitement des connaissances et le module d'utilisation des connaissances.

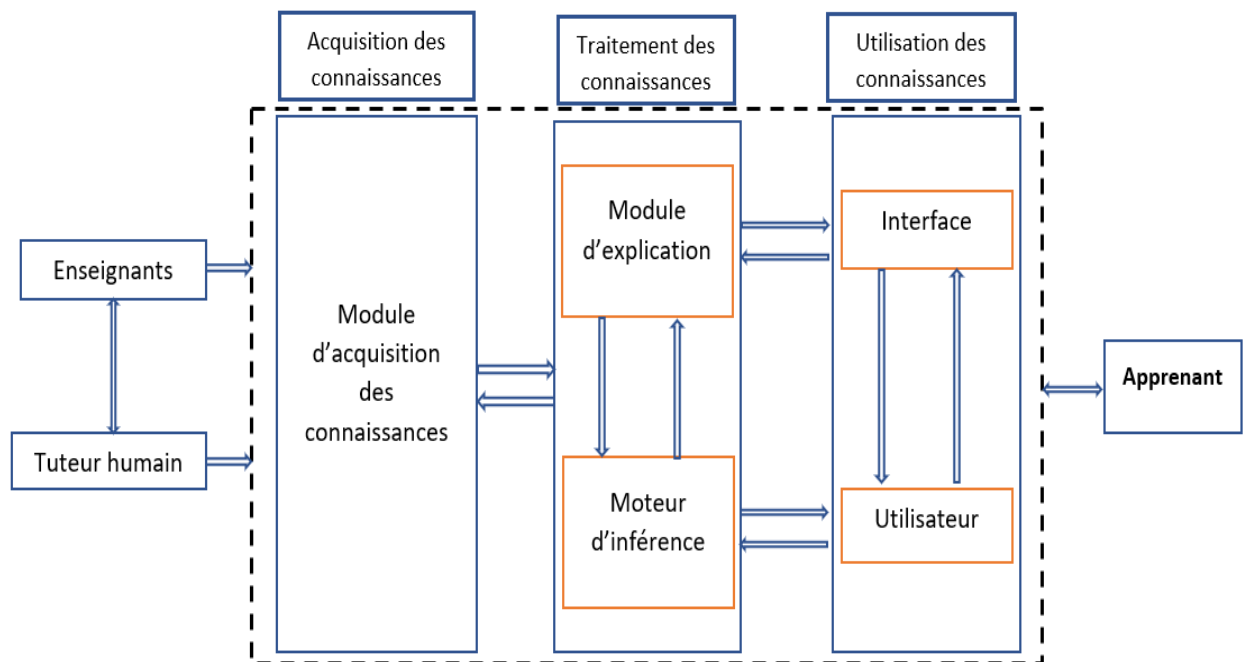


Figure 26 : Architecture de la base de connaissance de l'agent virtuel

Acquisition des connaissances : il s'agit du processus d'identification et d'obtention de connaissances à partir de sources existantes, d'experts de domaine (Enseignants). Ensuite, ces connaissances sont encodées pour qu'elles puissent être utilisées dans la base de connaissance.

Traitement des connaissances : cette étape est composée d'un module d'explication et d'un moteur d'inférence. Le module d'explication permet de décrire et expliquer les termes utilisés

dans la base de connaissance. Dans notre cas, le moteur d'inférence est basé sur des règles simples, il existe deux types d'inférence, le chaînage avant et le chaînage arrière.

Chaînage avant : les données sont placées dans la mémoire de travail. Cela déclenche des règles dont les conditions correspondent aux nouvelles données. Ces règles effectuent ensuite leurs actions. Les actions peuvent ajouter de nouvelles données à la mémoire, déclenchant ainsi plus de règles. Ceci est également appelé inférence orientée données, car l'inférence est déclenchée par l'arrivée de nouvelles données dans la mémoire de travail.

Chaînage arrière : le système doit connaître la valeur d'une donnée. Il cherche des règles dont les conclusions mentionnent ces données. Avant de pouvoir utiliser les règles, il faut tester leurs conditions. Cela peut impliquer de découvrir la valeur de plus de morceaux de données, et ainsi de suite. Ceci est également appelé inférence dirigée par les objectifs, parce que les inférences ne sont pas effectuées jusqu'à ce que le système soit amené à prouver un but particulier.

Utilisation des connaissances : l'utilisation des connaissances est l'application des connaissances aux décisions. L'utilisation est également récursive et génère continuellement des commentaires qui affectent et sont intégrés aux autres activités de connaissance de l'apprenant.

Après la description des différents modules de l'architecture de la base de connaissance de l'agent virtuel, nous abordons dans la section suivante, le schéma décrivant l'intégration de l'agent virtuel dans la plateforme pédagogique de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire.

4.5 Schéma de l'intégration de l'agent virtuel

The screenshot displays the user interface of the Université Virtuelle de Côte d'Ivoire (UVCI) website. At the top, there is a dark navigation bar with a notification bell, a chat icon, the language 'Français (fr)', and the university name 'Université Virtuelle UVCI'. Below this is a white header with the UVCI logo and name on the left, and a search bar 'Rechercher un cours' on the right. A secondary navigation bar contains icons for 'Accueil', 'Tableau de bord', 'Événements', and 'Mes cours', along with buttons for 'Modifier cette page', 'Cacher les blocs', and 'Plein écran'. The main content area is divided into two columns. The left column has a purple 'ANNONCES' header and a message: 'Paramètres de connexion veuillez utiliser votre adresse mail (Email UVCI) et votre mot de passe (campus)'. Below this is a 'Vue d'ensemble des cours' section with a 'Chronologie' and 'Cours' tab, and a progress indicator for 'Architecture et Technologies des Ordinateurs - BD' showing 0%. The right column is titled 'Tuteur Virtuel de l'UVCI' and features a circular profile picture of a graduate. Below the picture is a login form with fields for 'Adresse email', 'Nom', and 'Selectionnez le cours', and a blue 'Connexion' button.

Figure 27 : Processus d'authentification de l'apprenant

L'authentification est le processus permettant à un apprenant d'échanger avec l'agent virtuel. L'apprenant est invité à utiliser son email institutionnel pour faciliter les échanges avec l'agent virtuel. Lorsque l'apprenant est connecté à l'espace numérique de travail, l'agent virtuel est visible et positionné à droite de l'écran (**Voir figure 27**). L'apprenant peut à tout moment interagir avec l'agent virtuel selon ses besoins d'apprentissage.

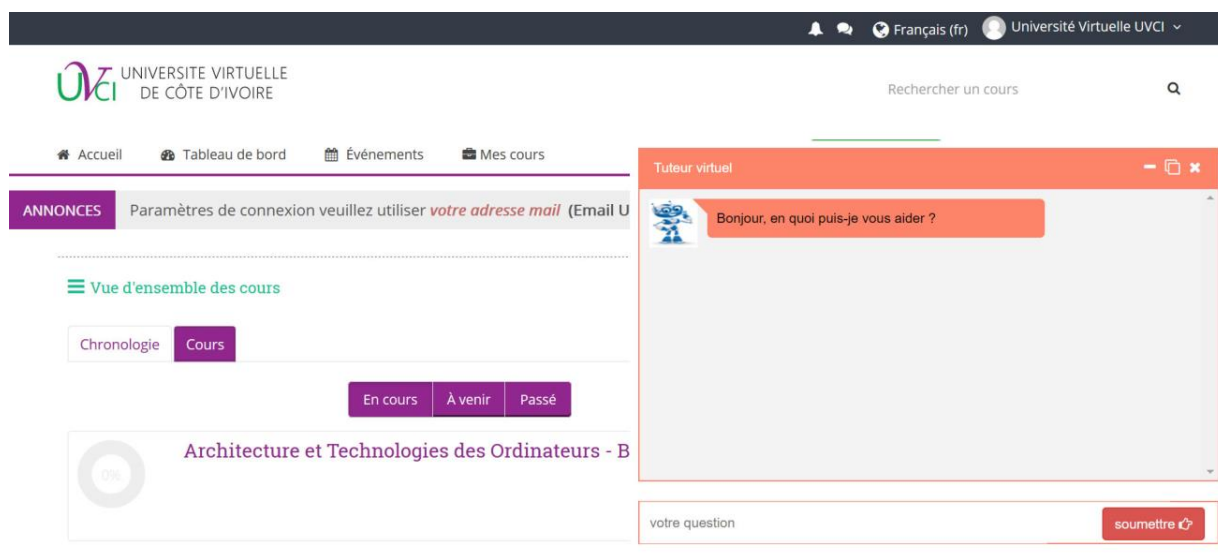


Figure 28 : processus d'échange avec l'agent virtuel

La figure 28 montre la fenêtre de dialogue, cette fenêtre permet à l'apprenant de soumettre ses préoccupations à l'agent virtuel. Lorsque l'agent virtuel reçoit les préoccupations des apprenants, ils les traitent et ramène la réponse adéquate.

Cette partie porte sur la structure des question et réponses proposées par l'enseignant en charge du cours sur l'architecture des ordinateurs.

La figure 29 montre la structure des questions des apprenants que l'enseignant a reçues par mail. Il s'agit des questions envoyées à l'enseignant par l'agent virtuel. Lorsque l'agent virtuel ne trouve pas la réponse adaptée à la préoccupation de l'apprenant, il fait recours à l'agent humain (Enseignants, Tuteurs). Ensuite, l'enseignant a la possibilité de donner une réponse adaptée à la préoccupation de l'apprenant. La réponse de l'enseignant est stockée dans la base de connaissance. Cela permet d'enrichir la base de connaissance de l'agent virtuel.



Figure 29 : L'enseignant reçoit la préoccupation de l'étudiant envoyée par le tuteur virtuel

La figure 30 représente la réponse proposée par l'enseignant, la réponse de l'enseignant est automatiquement stockée dans la base de connaissance. Elle est réutilisée par l'agent virtuel lorsqu'un étudiant soumet une préoccupation similaire.

comment faire la différence entre un ordinateur op...	faire difference entre ordinateur optique ordinate...	Un ordinateur optique est un ordinateur qui utilise des ondes radios pour le traitement des informations, alors que les ordinateurs conventionnels utilisent des électrons.	22-05-2018
comment reconnaître une base 10	reconnaitre une base 10		22-05-2018
je voulais savoir entre le microprocesseur et le s...	voulais savoir entre microprocesseur systeme explo...	Le microprocesseur et le SE sont important pour l'...	22-05-2018

Figure 30 : Réponse de l'enseignant à la préoccupation de l'apprenant

4.6 Evaluation de la satisfaction des apprenants

L'évaluation de la satisfaction des apprenants a porté sur un échantillon de mille (1000) apprenants. Il s'agit des apprenants des six (06) spécialités de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire.

Le cursus d'enseignement en ligne de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire est du domaine disciplinaire « Sciences et Technologies » avec la mention Informatique & Sciences du Numérique et six (06) spécialités (Réseaux et Sécurité Informatique, Bases de Données, Développement d'Applications & e-Services, Multimédia & Arts Numériques, Communication Digitale et e-Commerce et Marketing Digital).

Pour mener à bien cette évaluation de la satisfaction des apprenants, nous avons élaboré un questionnaire afin de recueillir la perception des apprenants. Ce questionnaire permet de recueillir la perception des apprenants sur l'utilisation du dispositif de l'agent virtuel.

Ci-dessous la structuration du questionnaire de satisfaction.

Tableau 6 : Questionnaire de satisfaction

Questionnaire	Réponse			
Avez-vous constaté une amélioration dans vos interactions avec l'agent virtuel ?	Oui	Non	Je n'ai rien remarqué	
Avez-vous été satisfait du délai (temps) de réponse à vos questions ?	Très satisfait	Satisfait	Peu satisfait	Pas du tout satisfait
Avez-vous été satisfait du niveau de correspondance des réponses à vos préoccupations ?	Très satisfait	Satisfait	Peu satisfait	Pas du tout satisfait
Avez-vous été satisfait des réponses données à vos questions par l'agent virtuel ?	Très satisfait	Satisfait	Peu satisfait	Pas du tout satisfait
Si vous devez noter l'agent virtuel, quelle note donneriez-vous ?	05/20	10/20	15/20	20/20

4.6.1 Les apprenants ayant participé à l'évaluation de la satisfaction

- 20% des apprenants sont de la spécialité Réseaux et Sécurité Informatique (RSI)
- 20% des apprenants sont de la spécialité Bases de Données (BD)
- 16% des apprenants sont de la spécialité Développement d'Applications et e-Services (DAS)
- 20% des apprenants sont de la spécialité Communication Digitale (COM)
- 24% des apprenants sont de la spécialité e-Commerce et Marketing Digital (CMD)

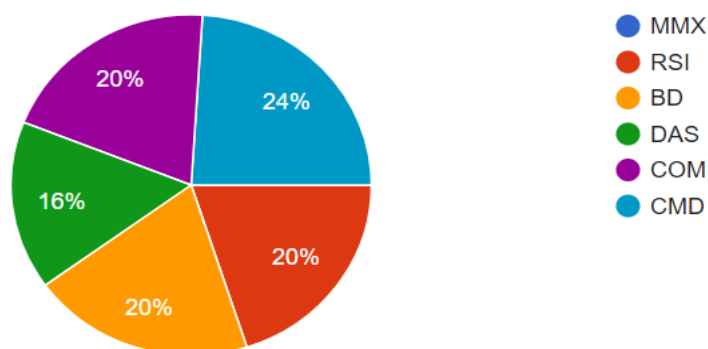


Figure 31 : Les spécialités de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire

4.6.2 Amélioration des interactions avec l'agent virtuel

Dans cette phase, il s'agit d'évaluer la satisfaction des apprenants sur l'amélioration des interactions avec l'agent virtuel. La question ci-dessous a été utilisée pour recueillir la perception des apprenants :

- Avez-vous constaté une amélioration dans vos interactions avec l'agent virtuel ?

L'apprenant avait plusieurs choix pour répondre à cette question, mais il peut que faire un seul choix :

- **OUI** : lorsque l'apprenant choisi « OUI » cela signifie que l'apprenant a constaté une amélioration dans les interactions avec l'agent virtuel. Dans notre cas, 72% des apprenants ont constaté une amélioration.
- **NON** : lorsque l'apprenant choisi « NON » cela signifie que l'apprenant n'a pas constaté une amélioration dans les interactions avec l'agent virtuel. 8% des apprenants n'ont pas constaté une amélioration.
- **Je n'ai rien remarqué** : lorsque l'apprenant choisi « Je n'ai rien remarqué » cela signifie que l'apprenant n'a pas trouvé une réponse adéquate à ces préoccupations. 20% des apprenants n'ont pas trouvé une réponse adéquate à leurs préoccupations.

Les résultats obtenus sont encourageants, plus de 70% des apprenants ont constaté une amélioration dans les interactions avec l'agent virtuel.

Tableau 7: Résultat de l'enquête sur l'amélioration des interactions avec l'agent virtuel

Avez-vous constaté	OUI	NON	Je n'ai rien remarqué
une amélioration dans vos interactions avec l'agent virtuel ?	72%	8%	20%

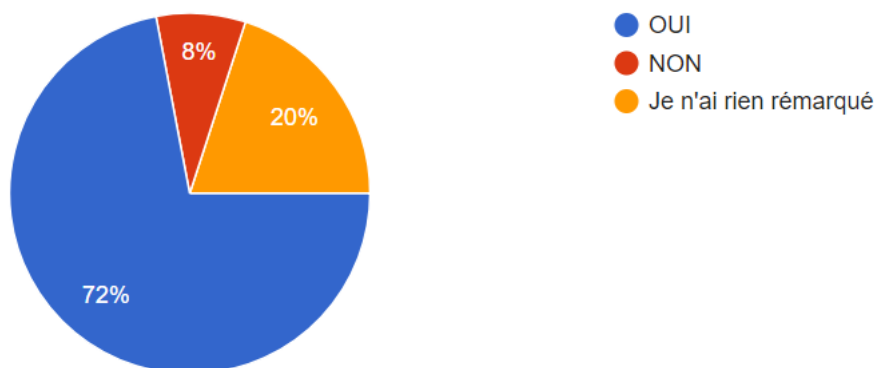


Figure 32 : Amélioration des interactions avec l'agent virtuel

4.6.3 Satisfait du délai (temps) de réponse aux préoccupations des apprenants

Cette phase consiste à évaluer le temps de réponse de l'agent virtuel. Nous avons procédé au recueil de la perception des apprenants en utilisant la question ci-dessous :

- Avez-vous été satisfait du délai (temps) de réponse à vos questions ?

Les types de réponses proposés aux apprenants sont les suivants :

- **Très satisfait** : 20% des apprenants sont très satisfaits du délai de réponse à leurs préoccupations par l'agent virtuel.
- **Satisfait** : 60% des apprenants sont satisfaits du délai de réponse à leurs préoccupations par l'agent virtuel.
- **Peu satisfait** : 20% des apprenants sont peu satisfaits du délai de réponse à leurs préoccupations par l'agent virtuel.
- **Pas du tout satisfait** : 0% des apprenants ont choisi « Pas du tout satisfaits » du délai de réponse à leurs préoccupations par l'agent virtuel.

Les résultats obtenus sont encourageants, 80% des apprenants sont satisfaits du délai (temps) de réponse à leurs questions par l'agent virtuel.

Tableau 8: Résultat de la satisfaction du délai (temps) de réponse aux préoccupations des apprenants

Avez-vous été satisfait du délai (temps) de réponse à vos questions ?	Très satisfait	Satisfait	Peu satisfait	Pas du tout satisfait
	20%	60%	20%	0%

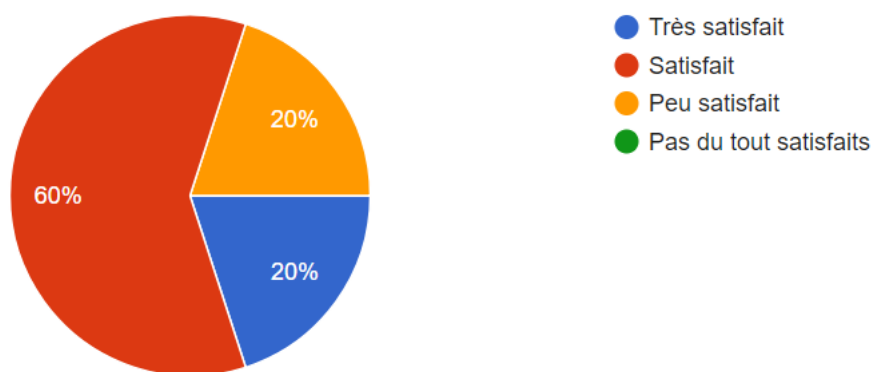


Figure 33 : délai (temps) de réponse aux préoccupations des apprenants

4.6.4 Satisfait du niveau de correspondance des réponses aux préoccupations des apprenants

Cette phase consiste à évaluer le niveau de correspondance des réponses aux préoccupations des apprenants. La question ci-dessous nous a permis de recueillir la perception des apprenants :

- Avez-vous été satisfait du niveau de correspondance des réponses à vos préoccupations ?

Les types de réponses proposés aux apprenants sont les suivants :

- **Très satisfait** : 12% des apprenants sont très satisfaits du niveau de correspondance des réponses à leurs préoccupations par l'agent virtuel.
- **Satisfait** : 52% des apprenants sont satisfaits du niveau de correspondance des réponses à leurs préoccupations par l'agent virtuel.
- **Peu satisfait** : 28% des apprenants sont peu satisfaits du niveau de correspondance des réponses à leurs préoccupations par l'agent virtuel.

- **Pas du tout satisfait** : 8% des apprenants ont choisi « Pas du tout satisfaits » du niveau de correspondance des réponses à leurs préoccupations par l'agent virtuel.

Les résultats obtenus sont encourageants, 64% des apprenants sont satisfaits du niveau de correspondance des réponses à leurs préoccupations par l'agent virtuel.

Tableau 9: Résultat de satisfaction du niveau de correspondance des réponses aux préoccupations des apprenants

Avez-vous été satisfait du niveau de correspondance des réponses à vos préoccupations ?	Très satisfait	Satisfait	Peu satisfait	Pas du tout satisfait
	12%	52%	28%	8%

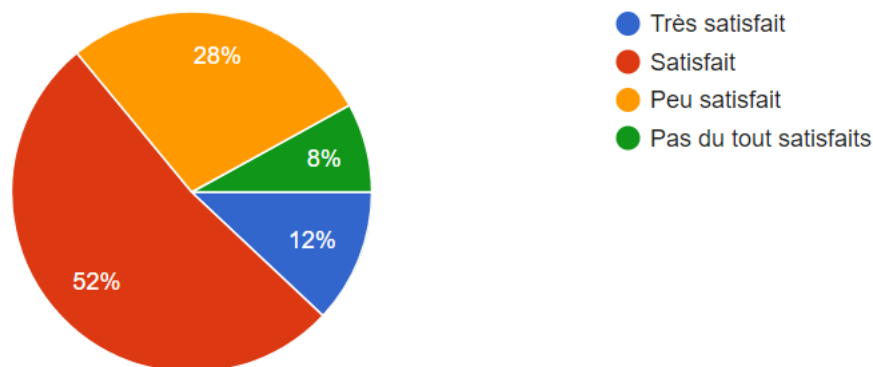


Figure 34 : niveau de correspondance des réponses aux préoccupations des apprenants

4.6.5 Satisfait des réponses données aux préoccupations des apprenants par l'agent virtuel

Cette phase consiste à évaluer le niveau de satisfaction des réponses données aux questions des apprenants. La question ci-dessous nous a permis de recueillir la perception des apprenants :

- Avez-vous été satisfait des réponses données à vos questions par l'agent virtuel ?

Les types de réponses proposés aux apprenants sont les suivants :

- **Très satisfait** : 12% des apprenants sont très satisfaits des réponses données à leurs préoccupations par l'agent virtuel.
- **Satisfait** : 52% des apprenants sont satisfaits des réponses données à leurs préoccupations par l'agent virtuel.
- **Peu satisfait** : 24% des apprenants sont peu satisfaits des réponses données à leurs préoccupations par l'agent virtuel.
- **Pas du tout satisfait** : 12% des apprenants ont choisi « Pas du tout satisfaits » des réponses données à leurs préoccupations par l'agent virtuel.

Les résultats obtenus sont encourageants, 64% des apprenants sont satisfaits du niveau de correspondance des réponses à leurs préoccupations par l'agent virtuel.

Tableau 10: Résultat de satisfaction des réponses données aux préoccupations des apprenants par l'agent virtuel

Avez-vous été satisfait des réponses données à vos questions par l'agent virtuel ?	Très satisfait	Satisfait	Peu satisfait	Pas du tout satisfait
	12%	52%	24%	12%

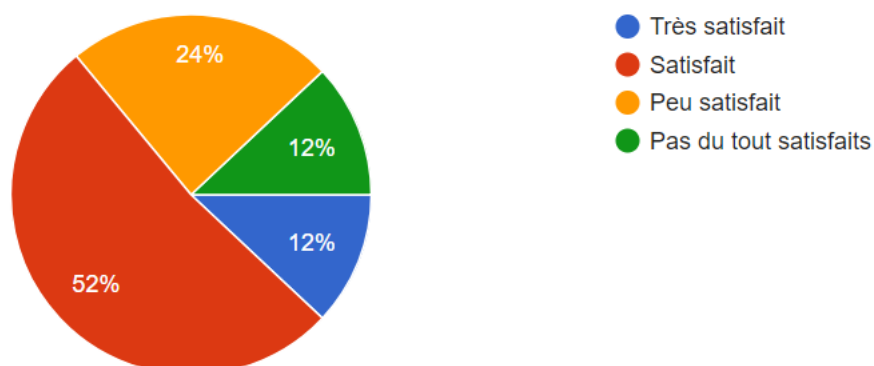


Figure 35 : satisfait des réponses données aux préoccupations par l'agent virtuel

4.6.6 Evaluer l'agent virtuel (Note sur 20)

Cette phase consiste à évaluer l'agent virtuel en lui attribuant une note sur 20. La question ci-dessous nous a permis de recueillir la perception des apprenants :

- Si vous devez noter l'agent virtuel, quelle note donneriez-vous ?

Les types de notes proposés aux apprenants sont les suivants :

- **05/20** : 8% des apprenants ont donné une note de 05/20 à l'agent virtuel
- **10/20** : 40% des apprenants ont donné une note de 10/20 à l'agent virtuel
- **15/20** : 44% des apprenants ont donné une note de 15/20 à l'agent virtuel
- **20/20** : 8% des apprenants ont donné une note de 20/20 à l'agent virtuel

Les résultats obtenus sont encourageants, plus de 80% des apprenants sont satisfaits de la réaction de l'agent virtuel.

Tableau 11: Résultat de l'évaluer de l'agent virtuel (Note sur 20)

	05/20	10/20	15/20	20/20
Si vous devez noter l'agent virtuel, quelle note donneriez-vous ?	8%	40%	44%	8%

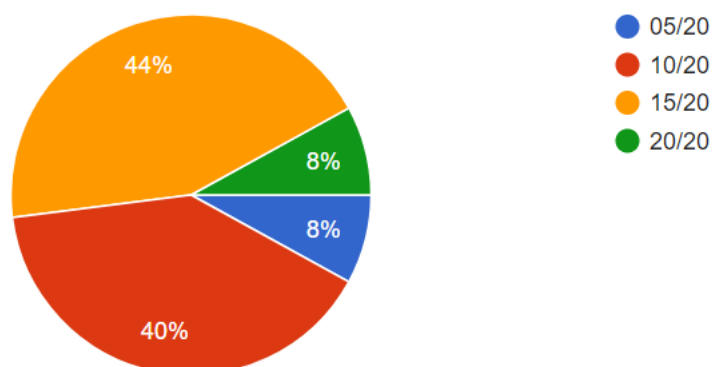


Figure 36 : Evaluer l'agent virtuel (Note sur 20)

4.7 Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons présenté le processus d'intégration de l'agent virtuel dans la plateforme pédagogique de l'UVCI et les critères d'évaluation de la satisfaction des apprenants. L'intégration de l'agent virtuel dans la plateforme pédagogique a été réalisée en appliquant le principe de modale et les services Web. Le principe de modale améliore la qualité des échanges entre l'agent virtuel et les apprenants. Les services Web facilitent les échanges de données entre le serveur de l'agent virtuel et celui de la plateforme pédagogique. Ensuite, nous avons procédé à l'évaluation de la satisfaction des apprenants en utilisant la méthode de questionnaire de satisfaction. Les résultats obtenus sont satisfaisants, plus de 60% des apprenants sont satisfaits de la réaction de l'agent virtuel face aux préoccupations.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale

L'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire (UVCI) s'appuie sur un modèle pédagogique qui facilite l'accès aux ressources pédagogiques adéquates. Dans le modèle pédagogique de l'UVCI, le tuteur physique joue le rôle d'encadreur. Il assure le suivi pédagogique de la formation. Cependant, la nécessité d'ajuster le niveau d'enseignement aux besoins de chaque apprenant ainsi que le temps de réponse du tuteur physique élevé dégradent la qualité de la formation. Pour y remédier, nous proposons un agent virtuel qui contribue à la prise en charge des préoccupations des étudiants de façon permanente. Il s'agit d'alléger la tâche des enseignants et des tuteurs en contribuant à l'encadrement et à la prise en charge efficace des préoccupations des étudiants. L'objectif de cette thèse consiste à proposer un modèle agent virtuel susceptible de comprendre les préoccupations des apprenants et de proposer les réponses adéquates. Le modèle d'agent virtuel proposé est basé sur une adaptation de l'indice de Dice permettant de comprendre les préoccupations des apprenants. La méthode d'adaptation de l'indice de Dice permet à l'agent virtuel de mieux cerner les préoccupations des apprenants. Cela contribue à l'amélioration de la qualité des interactions entre les apprenants et l'agent virtuel. Nous avons présenté les étapes nécessaires pour la mise en œuvre du prototype de l'agent virtuel proposée qui est une adaptation de l'indice de Dice. Nous avons également décrit le fonctionnement global de l'agent virtuel et le processus utilisé pour répondre à la préoccupation l'apprenant. Cet agent virtuel est ensuite intégré dans la plateforme pédagogique de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire. L'expérimentation du prototype de l'agent virtuel permet de trouver les réponses adéquates et d'évaluer sa performance dans un environnement d'enseignement en ligne. Dans cette phase expérimentale, des échanges de données sont réalisées entre l'agent virtuel et l'agent humain. L'hybridation de l'agent virtuel avec l'agent humain vient enrichir la base de connaissance

initiale de l'agent virtuel. Les résultats obtenus avec le concept basé sur les mots-clés du domaine et l'évaluation de la satisfaction des apprenants sont encourageants. Plus de 60% des apprenants sont satisfaits des interactions avec l'agent virtuel.

Perspectives

Nos travaux futurs sont orientés vers la recherche de la réponse de la préoccupation de l'apprenant dans le support de cours de l'enseignant. Il s'agit de trouver la réponse adéquate à la préoccupation de l'apprenant en parcourant le support de cours de l'enseignant. Cela ne nécessite pas l'intervention de l'enseignant lors des interactions de l'apprenant avec l'agent virtuel.

Articles publiés

[1] Mamadou B., Tiemoman K., Souleymane O. Kamagate B., Michel B. « A chatbot for automatic processing of learner concerns in an online learning platform ». (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 9, No. 5, 2018.

[2] Mamadou B., Tiemoman K., Souleymane O. « Management model of an unpredictable environment in blended learning ». International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), Vol. 14, No. 11, November 2016.

Bibliographie

- [1] Deco. Directorate of Examinations and Concours (DECO) - ministry of national education of côte d'ivoire - The Territorial Assembly then created on that date, the twelve (12) first departments. The decree n ° 30004 / CAB1 of May 25, 1957 fixing the attributions of the Ministry of National Education, creates at the same time the DECO - December 2017
- [2] Egouv. Official Portal of the Government of Ivory Coast - 2nd days of riter: university imports new digital solutions for higher education. 2015
- [3] Uvci. The Virtual University of Côte d'Ivoire abbreviated UVCI is a public university whose "decree n ° 2015-775 of December 9, 2015 établissement, attributions, organisation et fonctionnement d'une institution publique administrative ".
- [4] W. Johnson, P. Rizzo, W. Bosma, S. Kole, M. Ghijsen et H. van Welbergen. Générer un dialogue de tutorat socialement approprié. Dans l'atelier de l'ISCA sur les systèmes de dialogue affectif, pages 254-264. Berlin, Heidelberg, 2004.
- [5] M. Limniou, D. Roberts et N. Papadopoulos. Environnement virtuel immersif complet CAVE [TM] en éducation de chimie. *Ordinateurs et éducation*, 51 (2): 584-593, 2008.
- [6] A. Kokane, H. Singhal, S. Mukherjee et G. Reddy. Elearning efficace en utilisant des tuteurs virtuels 3D et un chat multimédia basé sur le webRTC. Conférence internationale sur les tendances récentes de la technologie de l'information (ICRTIT), pages 1-6, 2014.
- [7] J. Rowe, S. McQuiggan, B. Mott et J. Lester. Motivation dans les environnements d'apprentissage centrés sur le récit. Actes de l'atelier sur les environnements d'apprentissage narratif, AIED, pages 40-49, 2007.
- [8] Clark, R. E., Yates, K., Early, S., Moulton, K., Silber, K. H., & Foshay, R. (2010). An analysis of the failure of electronic media and discovery-based learning: Evidence for the performance benefits of guided training methods. *Handbook of training and improving workplace performance*, 1, 263-287.
- [9] Ally, M. (2008). Foundations of educational theory for online learning. In *The Theory and Practice of Online Learning* (2nd ed., pp. 15-44). Athabasca, Alberta: Athabasca University Press. Retrieved January 9, 2009,
- [10] Garrison, D. R. (2011). *E-learning in the 21st century: A framework for research and practice*. Taylor & Francis.

- [11] Laurillard, D. (2008). Technology enhanced learning as a tool for pedagogical innovation. *Journal of Philosophy of Education*, 42(3-4), 521-533.
- [12] Laurillard, D. (2008). *Digital technologies and their role in achieving our ambitions for education*. University of London, Institute of Education.
- [13] Allen, I. E., & Seaman. J. (2003). *Seizing the Opportunity: The Quality and Extent of Online Education in the United States, 2002 and 2003*. Wellesley, MA: Sloan Consortium.
- [14] Smaldino, S., Albright, M., & Zvacek, S. (2008). *Teaching and learning at a distance*. M. Simonson (Ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill.
- [15] United States Congress, 2008, p.21, "Report of the Commission to Assess United States ... Security and Foreign Affairs, U.S. Congress, Washington, D.C., April 30, 2008, p.
- [16] Valentine, D. (2002). Distance learning: Promises, problems, and possibilities. *Online Journal of Distance Learning Administration*, 5(3). Retrieved February 3, 2014
- [17] Moore, J. L., Dickson-Deane, C., & Galyen, K. (2011). e-Learning, online learning, and distance learning environments: Are they the same?. *The Internet and Higher Education*, 14(2), 129-135.
- [18] Picciano, M.F. (2001) Nutrient Composition of Human Milk. *Pediatric Clinics of North America*, 48, 53-67.
- [19] John Tiffin and Lalita Rajasingham (1995) have produced a detailed 'vision of what education and training could become as information technology develops'.
- [20] Holmberg, B. (2005). *Theory and practice of distance education*. Routledge.
- [21] Willis, 1993, Whilst the Oromo clearly moved southwards, it would seem that their role as "destructive villains" has been exaggerated (Willis 1993: 29)
- [22] According to Jayroe (1998), distance education evolved in the early 1700s in the form of postal-delivered correspondence.
- [23] Leh(Ladakh). Leh. ... *Crop Production Statistics of India, 1999 - 2014*. Source: Department of Agriculture ...
Leh - Onion - Rabi - Yield (Tonnes/Hect.) Leh - Onion ...
- [24] Pittman D, et al. (1993) Genetic and molecular analysis of REC114, an early meiotic recombination gene in yeast. *Curr Genet* 23(4):295-304.
- [25] Study on cancer incidence in the archipelago of. Saint-Pierre and Miquelon between 1998 and 2006: taking advantage from the island context.

- [26] Rintala, P., Ahonen, T., Pienimäki, K., Cantell, M., & Kooistra, L. (1998). The effects of psychomotor training programme on motor skill development in children.
- [27] Steffes 2004 Pdf User Manuals. View online or download Steffes 2004 Owner's And Installer's Manual.
- [28] Moore, M. G., & Kearsley, G. (2011). Distance education: A systems view of online learning. Cengage Learning.
- [29] Laurillard, D. (2008). Technology enhanced learning as a tool for pedagogical innovation. *Journal of Philosophy of Education*, 42(3-4), 521-533.
- [30] Ally, Mohamed (2004) Foundations of Educational Theory for Online Learning. In Anderson, T. & Elloumi, F. (Ed.). *The theory and practice of online learning*. Athabasca University Press. 15-44.
- [31] McCombs, B., & Vakili, D. (2005). A learner-centered framework for e-learning. *The Teachers College Record*, 107(8), 1582-1600.
- [32] Anderson, T. (2004) Toward a Theory of Online Learning. In Anderson, T. & Elloumi, F. (Ed.). *The theory and practice of online learning*. Athabasca University Press. 33-60.
- [33] Sahin, I., & Shelley, M. (2008). Considering Students' Perceptions: The Distance Education Student Satisfaction Model. *Journal of Educational Technology & Society*, 11(3).
- [34] Kim, E. B., & Schniederjans, M. J. (2004). The role of personality in web-based distance education courses. *Communications of the ACM*, 47(3), 95-98.
- [35] Duffy, T. M., & Kirkley, J., R.. (2004). Introduction: Theory and Practice in Distance Education. In Duffy, T. M., & Kirkley, J. R. (Eds.). *Learner-centered theory and practice in distance education: Cases from higher education*. Routledge. 3-13.
- [36] Brown, J. L. (2012). ONLINE LEARNING: A Comparison of Web-Based and Land-Based Courses. *Quarterly Review of Distance Education*, 13(1).
- [37] Zhang, D., Zhao, J. L., Zhou, L., & Nunamaker Jr, J. F. (2004). "Can e-learning replace classroom learning?". *Communications of the ACM*, 47(5), 75-79.
- [38] Caplan, D., & Graham, R. (2008). The development of online courses. In Anderson, T. (Ed.). *Theory and practice of online learning*, 245-265.
- [39] Ruhleder, K. (2004). Interaction and Engagement in LEEP: Undistancing "Distance" Education at the Graduate Level. In Duffy, T. M., & Kirkley, J. R. (Eds.).

- [40] Contreras-Castillo, J., Favela, J., Pérez-Fragoso, C., & Santamaria-del-Angel, E. (2004). Informal interactions and their implications for online courses. *Computers & Education*, 42(2), 149-168.
- [41] Hrastinski, S. (2006). Introducing an informal synchronous medium in a distance learning course: how is participation affected?. *The Internet and Higher Education*, 9(2), 117-131.
- [42] Bernard Vatant, "Semantic Web and Social Web: A Marriage of Reason", in *Documentalist*, No. 1, 2009, p. 59-60.
- [43] Tim Berners-Lee, James Hendler et Ora Lassila, "Le Web sémantique" dans *Scientific American*, mai 2001.
- [44] Nigel Shadbolt et Tim Berners-Lee, « L'émergence de la science du WEB », in *Pour la Science*, n° 159, mai 2009, p. 74-79.
- [45] R. Volz, S. Handschuh, S. Staab, L. Stojanovic et N. Stojanovic. Dévoiler la mariée cachée: Annotation profonde pour le mappage et la migration des données héritées vers le Web sémantique. *Journal of Web Semantics*, 2004.
- [46] S. McIlraith, T. C. Son et H. Zeng. Services web sémantiques. *IEEE Intelligent Systems*, 16: 46-53, 2001.
- [47] Tim Berners-Lee. Feuille de route du web sémantique, septembre 1998. Disponible à <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>.
- [48] Yagge, F. & Akkemans, J.M. Decentralized markets versus central Control: A comparative study. *J. Artificial Intell. Res.*, 1999, 11, 301-33.
- [49] Stabb, S. & Maedche, A. Knowledge portals— ontologies at work. *AI Magazine*, 2001, 21(2).
- [50] Berners-Lee, Tim; Hendler, James & Ora, Lassila: Le web sémantique. *Scient. Ameri. Mag.*, 2002.
- [51] Maedche, A. & Staab, S. Ontology learning for the semantic Web, *IEEE Intel. Syst.*, 2001, 16(2), 72–79.
- [52] Horst, H. Combinant RDF et une partie de OWL avec des règles. sémantique, décidabilité, complexité. Dans *ISWC 2005*, édité par Gil, Y., Motta, E., Benjamins, V.R., et Musen, M.A. Quatrième conférence internationale de Web sémantique, Galway, Irlande, 2005. 3729. pp. 668-84.
- [53] Decker, S. Les rôles Web sémantiques de XML et RDF. *IEEE Internet Comp.*, 2000, 4 (5), 63-74.
- [54] XML: langage et applications / Alain Michard / Eyrolles / 1999 / ISBN 2-212-09052-8
- [55] Les méta-données XML professionnelles / Kal Ahmed, Danny Ayers, Mark Birbeck, Jay Cousins, David Dodds, Josh Lubbel, Miloslav Nic, Daniel Rivers-Moore, Andrew Watt, Robert Worden, Ann Wrightson / Collection «Programmeur à programmeur» / Wrox Team / Wrox Press / 08-2001 / 600 pages / ISBN: 1-861004-51-6

- [56] Modèle de structure de description de ressources (RDF) et spécification de syntaxe. Recommandation du W3C du 22 février 1999. Nouvelle version: <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax>.
- [57] <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/> Langage de description de vocabulaire RDF 1.0 : RDF Schema. Recommandation du W3C du 10 février 2004
- [58] RDF pratique. S. Powers. Ed. O'Reilly, 2003 Cadre de description des ressources.
- [59] Modèle de structure de description de ressources (RDF) et spécification de syntaxe. / Ora Lassila, Centre de recherche Nokia, Ralph R. Swick / Recommandation du W3C du Consortium World Wide Web 22 février 1999 / W3C.
- [60] Description du vocabulaire RDF Langue 1.0: Schéma RDF / Editeurs: Dan Brickley, W3C, R.V. Guha, IBM / W3C / Document de travail 05 septembre 2003 / W3C
- [61] Introduction to Semantic Web Ontology Languages, G. Antoniou and E. Franconi and F. van Harmelen, Reasoning Web, Proceedings of the Summer School, Malta, 2005, Lecture Notes in Computer Science 3564, Springer-Verlag, 2005.
- [62] J. Arpirez, Corcho O., Fernández-López M. et Gómez-Pérez A. (2001). WebODE: un Workbench pour l'ingénierie ontologique. Dans Première Conférence internationale sur la capture des connaissances (K-CAP'01), p. 6-13, Victoria, Canada: ACM.
- [63] Gruber, T.A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 1998, 5, 199.
- [64] Maedche, A. & Staab, S. Ontology learning for the semantic Web, IEEE Intel. Syst., 2001, 16(2), 72–79.
- [65] Bechhofer S., L. Carr et al. (2002). La sémantique de l'annotation sémantique. Première conférence internationale sur les ontologies, les bases de données et les applications de la sémantique pour les systèmes d'information à grande échelle. Irvine, Californie. 2159: 1151-1167.
- [66] J. Sowa, «Ontologie, métadonnées et sémiotique, structures conceptuelles: problèmes logiques, linguistiques et informatiques», 2000, p. 55-81.
- [67] A. Gangemi, N. Guarino et A. Oltramari. Analyse conceptuelle des taxonomies lexicales: Le cas du wordnet de haut niveau. In Proceedings de FOIS 2001, 2001.
- [68] Qualification to Lead Research, RDF Graphs and their Manipulation for Knowledge Management. Memory supported, University of Nice, November 2008.
- [69] J. Charlet, P. Laublet, et C. Reynaud. Ontologies pour le Web sémantique. Chap. 3. Rapport de l'action spécifique «Web sémantique ». CNRS., 2003.

- [70] Guinaudeau C., Gravier G., Sébillot P., "Using semantic relations to improve the thematic segmentation of television documents", Proceedings of the conference Automatic language processing, Montreal, Canada, 2010.
- [71] Horrocks, I. DAML+ OIL: A reasonable Web ontology language. In Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Springer-Verlag, 2002, 2287. pp. 2-13.
- [72] Smith, Michael K; Welty, Chris & McGuinness, Deborah L. OWL Web ontology language guide, W3C, 2008. pp. 7-15.
- [73] Knowledge modelling at the millennium the design and evolution of Protege. In Proceedings of KAW-99, edited by E. Grosso, H. Eriksson, R. Ferguson, S. Tu and M. Musen, Banff, Canada, 1999.
- [74] The Manchester OWL ; <http://protege.stanford.edu/overview/protege-owl.html>
- [75] Bachimont B., Isaac A. et Troncy R. (2002). Engagement sémantique pour la conception d'ontologies: une proposition. Dans A. Gomez-Pérez et V. Benjamins, éd., 13e Conférence internationale sur l'ingénierie des connaissances et la gestion des connaissances (EKAW'02), volume (2473) de Lecture Notes in Artificial Intelligence, p. 114-121, Sigüenza, Espagne: Springer Verlag.
- [76] Dean Allemang, Jim Hendler, Web sémantique pour l'Ontologist Working Modélisation efficace dans RDFS et OWL, deuxième édition Elsevier, ISBN 978-0-12-385965-5 2011.
- [77] J. C. Arpírez, O. Corcho, M. Fernandez-López et A. Gómez-Pérez. WebODE: un plan de travail évolutif pour l'ingénierie ontologique. Dans les actes de la première conférence internationale sur la saisie du savoir (K-CAP), 21-23 octobre 2001, Victoria, B.C., Canada, 2001.
- [78] A. Bernaras, I. Laresgoiti et J. Corera. Construire et réutiliser des ontologies pour des applications de réseaux électriques. Dans les actes de la Conférence européenne sur l'intelligence artificielle (ECAP96), 1996.
- [79] A. Abecker, A. Bernardi, K. Hinkelmann, O. Kuehn et M. Sintek. Vers une technologie pour les souvenirs organisationnels. IEEE Intelligent Systems, 13 (3): 40-48, 1998.
- [80] T. H. Davenport et L. Prusak. Connaissances de travail - Comment les organisations gèrent ce qu'elles savent. Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1998.
- [81] M. Fernandez-López. Vue d'ensemble des méthodologies pour construire des ontologies. Dans les actes de l'atelier IJCAI-99 sur les ontologies et les méthodes de résolution de problèmes: Leçons apprises et tendances futures. Publications du CEUR, 1999.

- [82] A. Gómez-Pérez et V. R. Benjamins, éditeurs. Actes de la 13e Conférence internationale sur l'ingénierie des connaissances et la gestion des connaissances: Ontologies et le Web sémantique (EKAW 2002), volume 2473 de Notes de lecture en intelligence artificielle (SNAI), Siguenza, Espagne, 2002. Springer.
- [83] Resnik, P. (1995b). Utilisation du contenu d'information pour évaluer la similarité sémantique dans une taxonomie. In Proceedings of IJCAI-95, pages 448-453, Montréal, Canada.
- [84] Hindle, D. (1990). Classification des noms à partir de structures de prédicat-argument. Dans Actes de l'ACL-90, pages 268-275, Pittsburg, Pennsylvanie.
- [85] Frakes, W. B. et BaezaYates, R., éditeurs (1992). Récupération d'informations, structure de données et algorithmes. Prentice Hall.
- [86] Lee, J.H., Kim, M.H. et Lee, Y.J. (1989). Récupération de l'information basée sur la distance conceptuelle dans les hiérarchies is-a. *Journal of Documentation*, 49 (2): 188-207.
- [87] Rada, R., Mili, H., Bicknell, E., et Blettner, M. (1989). Développement et application d'une métrique sur les réseaux sémantiques. *Transaction IEEE sur les systèmes, l'homme et la cybernétique*, 19 (1): 17-30.
- [88] Tversky, A. (1977). Caractéristiques de la similarité *Psychological Review*, 84: 327-352. Lund, K. et Burgess, C. (1996).
- [89] McGill et al., M. (1979). Une évaluation des facteurs affectant le classement des documents par des systèmes de recherche d'information. Rapport de projet, Ecole d'information de l'Université de Syracuse.
- [90] Claveau V. & Kijak E. (2010). Morphological analysis in biomedical terminology by alignment and unsupervised learning. In Proceedings of TALN 2010.
- [91] Lund, K., Burgess, C. et Atchley, R.A. (1995). Amorçage sémantique et associatif dans un espace sémantique de haute dimension. *Proceedings de la science cognitive (LEA)*, 660-665.
- [92] Produire des espaces sémantiques de grande dimension à partir d'une coexistence lexicale. *Behaviour Research Methods, Instruments & Computers*, 28 (2), 203-208.
- [93] Landauer, T.K. & Dumais, S.T. (1997). Une solution au problème de Platon: La théorie de l'analyse sémantique latente de l'acquisition, de l'induction et de la représentation des connaissances », *Psychological Review*, 104.
- [94] Matveeva, I., Levow, G., Farahat, A. et Royer, C. (2005). Analyse sémantique latente généralisée pour la représentation des termes. Dans Proc. de RANLP.

- [95] Gabrilovich E. & Markovitch, S. (2007). Calculer la relation sémantique à l'aide de l'analyse sémantique explicite basée sur Wikipedia, Actes de la 20e Conférence internationale conjointe sur l'intelligence artificielle, pages 6-12.
- [96] Martin, P., Benno, S. et Maik, A. (2008). Un modèle de récupération multilingue Wikipédia. Actes de la 30e Conférence européenne sur la recherche IR (ECIR), pp. 522-530
- [97] Turney, P. (2001). Extraire le web pour les synonymes: PMIIR versus LSA sur TOEFL. Dans les actes de la douzième Conférence européenne sur l'apprentissage automatique (CELV).
- [98] Islam, A. et Inkpen, D. (2008). Similitude du texte sémantique utilisant la similarité de mots basée sur le corpus et la similarité de chaîne. ACM Trans. Knowl. Discov. Données 2, 2 (juillet 2008), 1-25.
- [99] Islam, A. et Inkpen, D. (2006). PMI Cooccurrence de second ordre pour déterminer la similitude sémantique des mots, dans les Actes de la Conférence internationale sur les ressources linguistiques et l'évaluation (LREC 2006), Gênes, Italie, pp. 1033-1038.
- [100] Cilibrasi, R.L. et Vitanyi, P.M.B. (2007). La distance de similarité de Google, IEEE Trans. Connaissance et ingénierie des données, 19: 3, 370-383.
- [101] Huang H, et al. (2008) La structure cristalline et l'identification de NQM1 / YGR043C, une transaldolase de *Saccharomyces cerevisiae*. Protéines 73 (4): 1076-81.
- [102] Christine Langeron, Bernard Kaddour, Maria Fernandez. SoftJaccard: a measure of similarity between sets of strings for the unification of named entities. Extraction and Knowledge Management (EGC 2009), Jan 2009, Strasbourg, France. Cépaduès-Éditions, RNTI-E-15, pp.443-444, 2009.
- [103] Measure the similarity between sentences thanks to Wikipedia using a random indexing Hai-Hieu Vu, Jeanne Villaneau, Farida Said, Pierre-François Marteau 2015
- [104] Goutam Majumder, Partha Pakray, Alexandre Gelbukh, David Pinto; Méthodes, outils et applications de similarité textuelle sémantique: un sondage Goutan 2016
- [105] Robertson, S. E. (2004). Comprendre la fréquence des documents inverses: sur les arguments théoriques pour la FID. Journal of Documentation, 60, 5, 503-520.
- [106] Garcia, E. (2009). Didacticiel RSJ-PM: Didacticiel sur le modèle probabiliste de Robertson-Sparck Jones pour la recherche d'information.
- [107] Hubert Kadima and Valérie Monfort. March 2003. Web Services - Techniques, Approaches and Tools - XML, WSDL, SOAP, UDDI, Rosetta, UML. Dunod

- [108]Abdul-Kader, S., Woods, J. 2015. Enquête sur les techniques de conception de Chatbot dans les systèmes de conversation. *IJACSA Journal international des sciences et applications informatiques avancées*, 6, 72-80.
- [109]Shawar, B., & Atwell, E. 2007. Chatbots: sont-ils vraiment utiles? *LDV Forum*, 22, 29-49.
- [110]Oracle. 2016. *Les expériences virtuelles peuvent-elles remplacer la réalité?* Redwood Shores: Oracle Corporation. Pelton, L., Strutton, D., Lumpkin, J. 2002. *Canaux de commercialisation: Une approche de gestion des relations*. 1ère édition Édinburgh: The McGraw Hill Companies, Inc.
- [111]Accenture. 2017. *At Your Service: Embracing the Disruptive Power of Chatbots*. Dublin: Accenture.
- [112]Fele, Giolo (2008). La production en collaboration des réponses et l'envoi à la radio: analyse vidéo dans un centre d'appels d'urgence médicale [88 paragraphes]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Recherche sociale qualitative*, 9 (2), Art. 40, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0803408>.
- [113]GIOLO, Jaime. Enseignement en ligne et formation des enseignants. *Éducation et société*, Campinas, v. 29, n. 105, dix. 2008. Disponible sur: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302008000400013&lng=fr&nrm=i>. Consulté le: 14 sept. 2009. Doi: 10.1590 / S0101-73302008000400013.
- [114]FREITAS, Helena Costa Lopes de. La (nouvelle) politique de formation des enseignants: la priorité différée. *Éducation et société*, Campinas, v. 28, n. 100 - Spécial, p. 1203-1230, oct. 2007. Disponible sur: <<http://www.cedes.unicamp.br>>. Consulté le: 27 août 2013.
- [115]ALONSO, Kátia Morosov. L'expansion de l'enseignement supérieur au Brésil et à l'EaD: dynamiques et lieux. *Éducation et société*, Campinas, v. 31, n. 113, dix. 2010. Disponible sur:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010173302010000400014&lng=fr&nrm=iso>. Accédé le: 31 mars 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-73302010000400014>.
- [116]LAPA, Andrea; PRETTO, Nelson de Luca. L'éducation à distance et la précarité du travail d'enseignement. *En plein*, Brasília, v. 23, n. 84, p. 79-97, nov. 2010.
- [117]S. Cornelius, C. Higgison, 2000, "Le rôle du tuteur et des stratégies efficaces pour le web".
- [118]B. Denis B, "What roles and what training for tutors involved in training schemes", 2003.
- [119]I.Salah & S. Bouyahi, "Open and Distance Learning: Epistemology and Uses", Laboratory 'Paragraphe'; University Paris 8, Lavoisier, 2004, Paris.

- [120]M. Barange, A. Kabil, C. De Keukelaere et P. Chevaillier. Modélisation collaborative des comportements des agents virtuels à l'aide de la communication dans un travail d'équipe mixte homme-agent. *Int J. sur les progrès dans les systèmes intelligents*, 7 (3 et 4): 423-438, 2014.
- [121]C. Barot, D. Lourdeaux, J.-M. Burkhardt, K. Amokrane et D. Lenne. V3S: Un environnement virtuel pour la formation à la gestion des risques basée sur des modèles d'activité humaine. *Présence*, 22 (1): 1-19, 2013.
- [122]C. Buche, C. Bossard, R. Querrec et P. Chevaillier. Pegase: Un système intelligent générique et adaptable pour les environnements d'apprentissage de la réalité virtuelle. *Int. J. de la réalité virtuelle*, 9 (2): 73-85, 2010.
- [123]S. Choi et R. E. Clark. Bénéfices cognitifs et affectifs d'un agent pédagogique animé pour l'apprentissage de l'anglais langue seconde. *J. de la recherche en informatique éducative*, 34 (4): 441-466, 2006.
- [124]C. Clavel, A. Cafaro, S. Campano et C. Pelachaud. Vers des systèmes robotiques socialement croyables - Volume II: Modélisation des signaux sociaux, chapitre Encourager l'engagement des utilisateurs dans les interactions homme-agent face à face: un sondage, pages 93-120. Springer International Publishing, 2016.
- [125]Lac, Letzter. 2016. Qu'est-ce qu'un public cible? The Balance [consulté le 23 avril 2017]. Disponible sur: <https://www.thebalance.com/what-is-a-target-audience-2295567>
- [126]Shawar, B., & Atwell, E. 2007. Chatbots: are they really useful? *LDV Forum*, 22, 29--49.
- [127]Chai JY, Kim NY, Guk SM, Parc YK, Seo M, Han ET, Lee SH. Forte prévalence et saisonnalité de la cryptosporidiose dans un petit village rural occupé principalement par des personnes âgées en République de Corée. *Am J Trop Med Hyg*. 2001. 65: 518-522. PMID: 11716107.
- [128]L'équipe de MarutiTechlabs Professional fournit des solutions logicielles d'entreprise - développement de Bot, Big Data Analytics, applications Web et mobiles, et intégration AI & ML. 7 novembre 2017
- [129]Sassi F, 2017, *COMPTER LES COÛTS DE L'ALCOOL: COMBIEN D'AIDE À LA POLITIQUE?, TOXICOMANIE*, VOL: 112, Pages: 569-570, ISSN: 0965-2140
- [130]Bagniewska, Joanna. M. et Kamler, J. F. (2014) Les chacals à dos noir affectent-ils le nombre de petits carnivores et de proies? *African Journal of Ecology*, 52 (4). pp. 564-567. ISSN 1365-2028 doi.
- [131]IKEA, Suède, Assistant virtuel mars 2005, Artificial Solutions (Tous les assistants virtuels par Artificial Solutions) <http://193.108.42.79/ikea-se/cgi-bin/ikea-se.cgi>
- [132]Niki, agent virtuel, les machines sont prêtes à prendre en charge même les meilleurs emplois décisionnels que la révolution de l'intelligence artificielle prend de la vitesse, écrit Michael Odell, 2014

- [133]Abashev TM, et al. Dev Dyn. 2017. Dev Dyn. 2017 février; 246 (2): 135-147. doi: 10.1002 / dvdy.24476. Université de Louisville, École de dentisterie, Département de biologie moléculaire, cellulaire et craniofaciale, Louisville, Kentucky.
- [134]HUNG, R. Y. Y., Lien, B.Y. H., Fang, S.C., McLean, G.N. (2010). La connaissance en tant que facilitateur pour améliorer la performance de l'innovation grâce à la gestion de la qualité totale. Gestion de la qualité totale, 21 (4), 425-438.
- [135]Quarteroni, Alfio.Mathématiques numériques / Alfio Quarteroni, Riccardo Sacco, Fausto Saleri.p.Mcm. - (Textes en mathématiques appliquées; 37) Comprend des références bibliographiques et un index. ISBN 0-387-98959-5 (papier alk)
- [136]S Manandhar, S Basnyat, J Sharma, BM Pokhrel, B Koirala, Profil bactériologique des valves cardiaques résequées des patients atteints d'endocardite infectieuse. Journal du Conseil de recherches en santé du Népal Vol.7 (2) Avr 2009 108-111
- [137]McTear, M. F., Callejas, Z., et Griol, D., 2016. L'interface conversationnelle. Springer.
- [138]Léon Smiers, expert en PaaS, SaaS, SOA, architecture de solutions. Comment les Chatbots peuvent-ils répondre aux attentes? Présentation du Bot Maturity Model, 2017
- [139]Michael B. Horn, cofondateur et distingué boursier. Michael Horn parle et écrit sur l'avenir de l'éducation et travaille avec un portefeuille d'organismes d'éducation pour améliorer la vie de chaque étudiant, 2008.
- [140]Mike Butcher MBE est rédacteur en chef de TechCrunch. Il détient des actions de FNB, des actions de Verizon par l'intermédiaire d'attributions d'actions à l'intention des employés et de petites quantités de cryptomonnaies diverses. 2016
- [141]EdTech France est l'initiative des entrepreneurs français qui ont décidé de rendre la technologie utile pour l'éducation et la formation. Le marché EdTech est en forte croissance: Benjamin Vedrenne-Cloquet, fondateur d'Ibis Capital et d'EdTechXEurope 2017.
- [142]a data interoperability initiative Project Unicorn is an effort to improve data interoperability in K-12 education. Project Unicorn does not endorse a specific product or data standard but rather is an educational advocacy initiative dedicated to secure and controlled data exchange. 2018. InnovateEDU 240 Jay Street Brooklyn, NY 11201.

[143] Thomas J. Kane, Data & Analytics 2018, Proving Ground is an initiative to help educational agencies meet their practical needs by making evidence cheaper, faster and easier to use. 50 Church Street 4th Floor Cambridge, MA 02138...

[144] Jefferson Education, DeMille, Oliver et Rachel, L'éducation au leadership: les phases de l'apprentissage, 2008; Chapitre un: "Deux visions de l'enfance"; ISBN 978-0-9671246-4-3.

[145] Jefferson Education Exchange INC 2018, The Jefferson Education Exchange (JEX) helps educators and educators make more informed decisions about educational technology.

[146] RC Chakraborty. Intelligence artificielle. Conférence de l'Université Jaypee, 2010.

Annexe

Prototype du tuteur virtuel de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire

Tuteur Virtuel de l'UVCI



Adresse email

Nom

Selectionnez le cours



Connexion

ANNONCES

Paramètres de connexion veuillez utiliser *vosre adresse mail* (Email UVCI) et *vosre mot de passe* (campus)

Vue d'ensemble des cours

Chronologie Cours

En cours À venir Passé



Architecture et Technologies des Ordinateurs - BD

Tuteur Virtuel de l'UVCI



Adresse email

Entrez votre email

Nom

Entrez votre Nom

Sélectionnez le cours

sélectionnez le cours

Connexion

ANNONCES

Paramètres de connexion veuillez utiliser *vosre adresse mail* (Email U

Vue d'ensemble des cours

Chronologie Cours

En cours À venir Passé



Architecture et Technologies des Ordinateurs - B

Tuteur virtuel




Bonjour, en quoi puis-je vous aider ?

vosre question

soumettre


L'interface de soumission des préoccupations de l'apprenant


Tuteur virtuel — 📄 ✕


 Bonjour, en quoi puis-je vous aider ?

votre question soumettre 📄

Tuteur virtuel — 📄 ✕

 Bonjour, en quoi puis-je vous aider ?

Impossible de lire les messages de mes camarades étudiants dans le forum 

 Voulez vous dire : Pourquoi je n'arrive pas à lire les messages des autres étudiants ? (oui / non)

votre question soumettre 📄

Quelques préoccupations des apprenants recueillies dans la base de connaissance

102.136.6.217	0	affoua.djassaye@uvci.edu.ci	j'ai combien de cours en ligne?	ai combien cours ligne	24-05-2018
154.232.32.135	0	alassane.bazie@uvci.edu.ci	salut ,lorsque je suis entrain de faire mes devoir...	salut lorsque suis entrain faire devoir maison ren...	24-05-2018
154.232.32.135	0	alassane.bazie@uvci.edu.ci	le devoir de l'initiation à l'informatique j'étais...	devoir initiation informatique etais entrain faire...	24-05-2018
196.181.28.94	0	adama.samake@uvci.edu.ci	j'aimerais savoir quand est-ce que les notes de la ...	aimerais savoir notes premiere composition seront d...	25-05-2018
196.181.28.94	0	adama.samake@uvci.edu.ci	comment avoir accès à mes notes?	acces notes	25-05-2018

Quelques questions / réponses de l'enseignant implementter dans la base de connaissance

Pourquoi ne puis-je pas me connecter ?	pouvoir connecter	Il peut y avoir plusieurs raisons mais le plus pro...	03-04-2018	1
Comment basculer entre mes cours ?	basculer entre cours	Utilisez le bloc de cours s'il existe sur votre pa...	03-04-2018	1
Comment revenir à la page d'accueil ?	revenir page accueil	Utiliser la barre de navigation en haut à gauche d...	03-04-2018	1
Comment trouver le cours ?	trouver cours	Si vous n'êtes pas déjà inscrit à un cours, vous p...	03-04-2018	1
Pourquoi je ne reçois pas de courriel ?	recois courriel	Il est possible que votre adresse de courriel dans...	03-04-2018	1
Comment arrêter tous ces courriels ?	arreter ces courriels	Les courriels sont une partie essentielle du fonct...	03-04-2018	1
Pourquoi n'y a-t-il pas de champ de dépôt de fichi...	y il champ depot fichier	Il n'y en a pas parce que : L'échéance de dépô...	03-04-2018	1
Comment voir le feedback de mon dernier devoir ?	voir feedback dernier devoir	Il y a plusieurs façons d'y accéder. La plus simpl...	03-04-2018	1
Pourquoi ma note moyenne pour ce cours est-elle si...	note moyenne cours elle basse	Pas de panique ! Le carnet de notes Moodle tient c...	03-04-2018	1
Sur quel bouton dois-je appuyer quand j'ai terminé...	bouton dois appuyer j ai termine test	Cela dépend de ce que vous voulez faire... Si vous...	03-04-2018	1
Où trouver l'ensemble de mes cours ?	trouver ensemble cours	A-Tous les cours dans lesquels vous êtes inscrits ...	03-04-2018	1
Quels sont les outils de communication disponibles...	outils communication disponibles campus uvci	La messagerie, le forum et le chat sont des outils...	03-04-2018	1

Quelques questions et leurs réponses proposées par l'enseignant portant sur la maîtrise de la plateforme pédagogique de l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire

Q1 : Pourquoi ne puis-je pas me connecter ?

Il peut y avoir plusieurs raisons mais le plus probable est que vous avez simplement oublié votre mot de passe, vous en avez écrit un mauvais ou vous l'avez écrit incorrectement. Vous pouvez aussi vérifiez :

Est-ce que votre nom d'utilisateur et mot de passe contiennent une mixture de lettres majuscules et minuscules ? Il devrait être écrit correctement.

Est-ce que les cookies sont autorisés dans votre navigateur ?

Q2 : Comment basculer entre mes cours ?

Utilisez le bloc de cours s'il existe sur votre page

Retournez à la page d'accueil et utilisez ensuite la liste de cours (si elle existe !)

Q3 : Comment revenir à la page d'accueil ?

Utiliser la barre de navigation en haut à gauche de la page ou le bouton tout en bas de la page de cours.

Q4 : Comment trouver le cours ?

Si vous n'êtes pas déjà inscrit à un cours, vous pouvez le chercher par son nom et sa description.

Q5 : Pourquoi je ne reçois pas de courriel ?

Il est possible que votre adresse de courriel dans votre profil soit erronée ou désactivée. Il se pourrait aussi que vous ne soyez pas abonné au(x) forum(s) de votre cours.

Q6 : Comment arrêter tous ces courriels ?

Les courriels sont une partie essentielle du fonctionnement de Moodle. Ils sont utilisés pour vous maintenir à jour avec ce qui se passe dans votre cours. Si vous voulez réduire la quantité de courriels que vous recevez, vous pouvez :

Revoir votre profil et changez votre configuration de courriel pour n'avoir qu'un courriel quotidien

Vous désabonner des forums que vous jugez non essentiels (Même s'ils existent sûrement pour une bonne raison).

Désactiver votre adresse de courriel dans votre profil, même si ce n'est pas recommandé et peut aller contre les règles de la maison.

Q7 : Pourquoi n'y a-t-il pas de champ de dépôt de fichier ?

Il n'y en a pas parce que :

L'échéance de dépôt est maintenant dépassée

La date de dépôt n'est pas encore arrivée

Vous avez déjà déposé un devoir et un nouveau rendu n'est pas autorisé.

Q8 : Comment voir le feedback de mon dernier devoir ?

Il y a plusieurs façons d'y accéder. La plus simple, c'est d'aller directement à l'endroit où vous avez déposé votre devoir. Vous pouvez aussi suivre le lien qui apparaît dans le bloc Activité récente (si l'enseignant l'a inclus dans le cours). Vous pouvez aussi passer par le cahier de notes et suivre le lien menant au devoir en question. Selon les paramètres du devoir, vous pourriez recevoir un courriel contenant un lien direct vers le feedback lorsque la correction est terminée.

Q9 : Pourquoi ma note moyenne pour ce cours est-elle si basse ?

Pas de panique ! Le carnet de notes Moodle tient compte des travaux qui ne sont pas encore évalués ou remis. Autrement dit, votre note moyenne commence à zéro et, à mesure que vous progressez dans le cours et effectuez des activités évaluées, le pourcentage correspondant à cette note moyenne augmentera régulièrement.

Q10 : Sur quel bouton dois-je appuyer quand j'ai terminé un test ?

Cela dépend de ce que vous voulez faire... Si vous avez répondu à toutes les questions et souhaitez tout terminer, cliquer sur "Tout valider et envoyer"

Q11 : Ou trouver l'ensemble de mes cours ?

A-Tous les cours dans lesquels vous êtes inscrits sont affichés sur www.campus.uvci.edu.ci sous la rubrique "Mes cours".

Q12 : Quels sont les outils de communication disponibles dans CAMPUS UVCI ?

La messagerie, le forum et le chat sont des outils de communication disponibles dans CAMPUS UVCI.

Q13 : Qu'est-ce qu'un forum ?

Le forum est un espace où les étudiants et les enseignants peuvent avoir des discussions en différé, en écrivant des messages visibles dans le cours.

Q14 : Comment participer à un forum ?

Vous pouvez participer à un forum soit en créant une nouvelle discussion en cliquant sur "Ajouter une nouvelle discussion" soit en publiant un article dans un sujet déjà existant en cliquant sur "Répondre" dans le sujet.

Q15 : Pourquoi je n'arrive pas à participer à une discussion existante ?

Les paramètres d'accès aux forums sont gérés par l'enseignant et vous n'êtes peut-être pas autorisé à y participer et selon les réglages de l'UVCI.

Q16 : Pourquoi je n'arrive pas à lancer une discussion ?

Si vous ne parvenez pas à lancer une discussion, c'est certainement parce que vous n'êtes pas autorisé(e) à le faire.

Q17 : Pourquoi je n'arrive pas à lire les messages des autres étudiants ?

Dans un forum de type Questions/Réponses, vous devez d'abord contribuer au forum en déposant une contribution avant d'avoir accès aux messages des autres étudiants.

Q18 : Comment me tenir au courant de l'actualité du ou des forums auxquels je suis abonné ?

Dans l'espace de travail "Mes cours", un message vous informe des ajouts au(x) forum(s).

Q19 : Comment visualiser l'ensemble de mes publications dans les forums ?

Dans l'onglet " Ma page - Mon profil - Messages du forum ", vous pouvez visualiser toutes les contributions aux forums, discussions lancées ou réponses apportées.

Q20 : Comment rendre un devoir dans CAMPUS UVCI ?

Pour remettre un devoir, il suffit de cliquer sur l'icône "Devoir" dans le cours puis sur "Remettre un devoir" sur la page de remise.

Q21 : Comment avoir accès à mes notes ?

L'accès aux notes est possible dans " Mes cours – Notes.

Q22 : A qui m'adresser en cas de problème technique ?

Vous pouvez-vous adresser à l'équipe technique en utilisant l'adresse support@uvci.edu.ci

Quelques questions et leurs réponses proposées par l'enseignant portant sur le cours d'architecture des ordinateurs

Q1 : Qu'est ce que l'informatique

L'informatique est l'étude des ordinateurs et des systèmes informatiques.

Q2 : De quoi est constitué un ordinateur

Un ordinateur est constitué de deux parties : la partie hardware et la partie software

Q3 : Comment se compose l'architecture de von neuman

Elle est composée des éléments suivants :

- Une mémoire contenant programme et donnée (mémoire vive, et mémoire morte),
- Un processeur,
- Les organes périphériques (input- output) permettant :
La communication avec l'utilisateur : écran, clavier, souris, imprimante ...
Le stockage
- Des composants matériels divers : cartes son, vidéo, cartes d'acquisition
- Un canal de communication (le bus) ou unité d'échange d'information entre la mémoire et les périphériques.

Q4 : Quels sont Les composants matériels d'un ordinateur

Les fonctions de l'ordinateur sont de permettre d'effectuer des calculs, de stocker des données et de communiquer. Pour cela, l'ordinateur a les composants physiques suivants :

- Les périphériques
- Le processeur
- Les mémoires
- Les bus

Q5 : Quelle est la structure d'un ordinateur personnel

Les éléments de base d'un ordinateur personnel sont :

- Le boîtier, appelé unité centrale : c'est l'élément le plus important, il représente l'ordinateur et contient tous les composants permettant à un ordinateur de fonctionner.
- L'écran : permet la visualisation des informations
- Le clavier : permet à l'utilisation d'entrée des informations dans l'ordinateur
- La souris : permet à l'utilisateur de se déplacer à l'écran et de piloter l'ordinateur de façon graphique.

Q6 : Quel est le rôle de la carte mère

Elle relie tous les éléments constituant un ordinateur. La principale fonction d'une carte mère est la mise en relation de ces composants par des bus sous forme de circuits imprimés

Q7 : Qu'est-ce qu'un microprocesseur

Un microprocesseur est une puce électronique qui se présente sous la forme d'une boîte, dont la taille et la forme varient selon son degré de perfectionnement et la technologie qui a permis sa fabrication.

Q8 : Quel est le rôle d'un microprocesseur

Un microprocesseur est un composant qui exécute les instructions et les tâches impliquées dans le traitement informatique.

Q9 : Que signifie RAM

RAM signifie Random Access Memory (Une Mémoire vive)

Q10 : Quel est le rôle de la RAM

La RAM stocke les informations des programmes et données en cours de fonctionnement. C'est l'un des éléments les plus importants d'un ordinateur.

Q11 : Qu'est-ce qu'une mémoire morte ROM

La mémoire morte ou mémoire ROM est présente dans chaque PC sous la forme d'une petite puce soudée près du processeur.

Q12 : qu'est-ce qu'un bus ?

Le(s) bus est le système de communication entre les composants d'un ordinateur.

Q13 : À quoi sert la carte graphique

La carte graphique ou carte vidéo, permet de produire une image pouvant être affichée sur un écran. La carte graphique dispose de son propre processeur appelé le GPU (Graphic Processing Unit) qui s'occupe de calculs de graphisme 2D ou 3D. On parle d'accélération matérielle qui désigne le fait de confier une tâche de calcul à un composant informatique

tiers (carte PCI, PCI Express, AGP...) en vue de soulager le processeur et d'augmenter les performances

Q14 : qu'est ce que Les interfaces d'entrées-sorties

Les interfaces d'entrées-sorties sont des dispositifs qui permettent de communiquer avec le monde extérieur.

Q15 : quel est le role d'un disque dur

Le disque dur (DD), en anglais Hard Disque Drive (HDD ou HD) stocke les données de façon permanente (les fichiers du système d'exploitation, les logiciels et surtout vos données (photo, vidéo, musique, etc.). Il dispose d'une mémoire cache qui conserve les données auxquelles on accède le plus souvent ce qui offre une lecture plus rapide.

Q16 : Quel est le role du bloc d'alimentation

C'est lui qui alimente le PC en électricité, il convertit la tension qui arrive pour la rendre compatible avec les circuits de l'ordinateur. il dispose de plusieurs connecteurs pour les cartes graphiques, disques durs

Q17 : Qu'est ce que la carte reseau

C'est elle qui envoie et contrôle les données sur le réseau, elle est identifiée par une adresse MAC, elle traduit les signaux numériques en électriques ou optiques.

Q18 : Quel est le role de la carte son

Elle permet de gérer les entrées-sorties sonores de l'ordinateur, dès qu'on branche un micro, un casque. On parle de résolution pour le rendu sonore.

Q19 : Qu'est ce qu'un systeme embarque

Un système embarqué est défini comme un système électronique et informatique autonome. Les systèmes embarqués utilisent généralement des microprocesseurs ou des micro-contrôleurs pas nécessairement très puissants mais bien adaptés à la tâche. Souvent, le temps d'exécution de la tâche doit être connu et borné et le système doit être fiable et sécuritaire

Q20 : Qu'est ce qu'un ordinateur optique

Un ordinateur optique (également appelé ordinateur photonique) est un dispositif qui utilise les photons dans la lumière visible ou dans les faisceaux infrarouges (IR), plutôt que dans le courant électrique, pour effectuer des calculs numériques.