République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté de : Génie électrique et d'informatique
Département : Informatique

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de
Master en Informatique

Spécialité : Systèmes Informatiques

Présenté par :
BELKACEMI Hayat et HEMDI Chafia

Thème :

Catalogage des manuscrits arabes anciens guidé par une ontologie

Proposé et dirigé par : **Mr. SOUALAH** Mohammed Ou Rabah

Soutenu le 30 Septembre 2019 devant le jury composé de :

Dr. G.SINI (Maitre de Conférence-UMMTO)	Présidente du Jury
Dr. S.FELLAG (Maitre de Conférence-UMMTO)	Examinatrice
Dr. A.MEZIANE (Maitre de Recherche- CERIST)	Examinateur
Dr. M.O. SOUALAH (Maitre de Conférence-UMMTO)	Directeur de mémoire

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Ce projet de fin d'études n'aurait pas vu le jour sans le soutien et l'aide de plusieurs personnes que nous souhaitons remercier.

Nous remercions, en premier lieu, notre promoteur, Monsieur ***SOUALAH Mohammed Ou Rabah*** *de nous avoir encadré et accepté de diriger ce travail. Nous lui sont reconnaissantes pour le temps qu'il nous a accordé et de nous avoir guidé, encouragé, et surtout conseillé, tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

Nous exprimons toute notre gratitude et remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre modeste travail et de l'enrichir avec leurs propositions.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants du département d'informatique qui ont participé à notre formation. Qu'ils trouvent ici, l'expression de notre profond respect et de notre haute considération.

Tout l'honneur et toutes nos reconnaissances vont spécialement à nos chers parents pour leurs encouragements, leurs bienveillances et leur apport moral durant tout notre cursus.

Enfin, nous remercierons tous nos amis et collègues qui nous ont soutenu et encouragé ainsi que tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

Dédicace

À la mémoire de Mustapha….

BELKACEMI Hayat

Dédicaces

A mes très chers parents et ma chère grand-mère

A la mémoire d'Ahcene…

A tous ceux qui m'aiment et souhaitent ma réussite.

HEMDI Chafia

Résumé

La mise en ligne des manuscrits arabes anciens numérisés ne pouvait avoir d'intérêt sans l'existence d'un outil de recherche efficace. Pour cela, la création des métadonnées comme moyen d'accès spécifique à ces manuscrits devient une nécessitée absolue.

Pour ce faire, il est nécessaire de mettre en place un système de catalogage normalisé, qui permettra de créer des notices bibliographiques qui décrivent d'une manière claire les manuscrits malgré leurs caractères d'hétérogénéité.

De nombreux formats et normes d'encodage sont développés et proposés, sans autant se mettre en accord sur un même format de catalogage.

Ainsi, il est impératif de rechercher une méthode efficace qui puisse retourner toutes les ressources correspondantes à une requête donnée, quel que soit le format d'encodage du catalogue et le lieu de stockage. Par conséquent, un rapprochement sémantique entre les différents formats de catalogage des manuscrits arabes s'avère nécessaire.

Pour se faire, il faut élaborer un système d'interopérabilité entre les différents formats de catalogage qui sera guidé par une ontologie.

Mots clés : Ontologies, métadonnées, interopérabilité, manuscrits arabes numérisés, formats d'encodage. XML, EAD, TEI, RDF et catalogage.

Table des matières

Résumé V
Liste des figures : XII
Liste des tableaux : XIV

Introduction générale

1. Contexte du travail : 15
2. Problématique : 15
3. Objectifs : 16
4. Organisation du mémoire : 16

Chapitre 1 : Les manuscrits arabes anciens

Introduction : 18
1) Généralités sur les manuscrits 18
1.1) Histoire des manuscrits arabes : 18
1.2) Définition du manuscrit : 20
1.3) Typologie des manuscrits arabes : 21
1.4.1) Typologie par catégorie : 21
1.4.2) Typologie par point de vue graphique : 21
1.4.3) Typologie par appartenance religieuse : 21
1.4) Spécificités des manuscrits arabes : 22
1.5) Les manuscrits arabes en Algérie : 22
1.6) Le processus de création des manuscrits : 23
1.7) Structure des manuscrits arabes : 23
1.8) Les domaines traités par les manuscrits arabes : 24
2) Les éléments descriptifs des manuscrits arabes 24
2.1) Les champs bibliographiques : 25
2.1.1) La mention de responsabilité : 25
2.1.2) Nom des propriétaires : 25
2.1.3) Le titre du manuscrit : 25
2.2) Les éléments relatifs à la codicologie : 25
2.2.1) Le Colophon : 25
2.2.2) Le cahier : 26
2.2.3) Les systèmes de repérage de l'ordre des feuillets : 26
2.2.4) La reliure : 27

2.2.5) La technique des décors dans le texte :.....28
2.2.6) Type de support :.....28
2.2.7) La réglure :.....28
2.3) Les éléments relatifs à la paléographie :.....29
2.3.1) les styles calligraphiques :.....29
2.3.2) Taille et forme des écritures :.....30
Conclusion :.....30

Chapitre 2 : Catalogage des manuscrits arabes anciens

Introduction :.....31
1) Le catalogage des manuscrits arabes :.....31
1.1) Définition du catalogue :.....32
1.2) Les avantages du catalogage :.....32
1.3) La notice bibliographique :.....32
1.3.1) Rédaction de la notice bibliographique :.....32
1.4) Le catalogage des manuscrits arabes :.....33
1.4.1) Protocole de catalogage des manuscrits arabes :.....33
1.5) Le catalogue informatisé des manuscrits :.....40
2) Les métadonnées descriptives du manuscrit arabe :.....40
2.1) Définition des métadonnées :.....41
2.2) Utilités des métadonnées :.....41
2.3) Les métadonnées et le catalogage des manuscrits arabes :.....41
2.4) Les métadonnées descriptives des manuscrits arabes :.....42
Conclusion :.....47

Chapitre 3 : Les formats d'encodage des manuscrits arabes anciens

Introduction :.....48
1) Principes de XML :.....48
1.1) Principes généraux :.....48
1.2) Préceptes :.....49
1.2.1) Éléments :.....49
1.2.2) Attributs :.....49
1.2.3) Documents bien formés :.....49
1.2.4) Le rôle de la DTD :.....49
2) Description du standard Encoded Archive Description (EAD) :.....50
2.1) Définition :.....50

2.2) Historique : 50
2.3) Mise en œuvre de l'EAD : 50
2.5) Les objectifs de l'EAD : 51
2.6) Structure de l'EAD : 51
2.5.1) Les éléments de l'EAD : 51
2.5.2) Les attributs de l'EAD : 53
2.7) Encodage des manuscrits arabes en utilisant la DTD EAD : 54
3) Description du standard Text Encoded Initiative (TEI) : 55
3.1) Définition du standard TEI : 55
3.2) Historique : 55
3.3) Caractéristiques de la TEI : 55
3.3.1) Principes de base du TEI : 56
3.4) Structure générale de la TEI : 57
3.4.1) Les éléments 57
3.4.2 Les attributs : 58
3.5) La TEI-Manuscript Description (TEI-ms) : 58
3.5.1) Caractéristiques de la TEI-ms : 59
3.5.2) Éléments de la TEI-ms : 59
3.5.3) Les manuscrits arabes anciens et la TEI-ms : 59
4) Description du standard Machine Readable Cataloging (MARC) : 60
4.1) Définition du MARC : 60
4.2) Historique : 60
4.3) Description du format MARC 60
4.3.1) Caractéristiques des formats MARC : 60
4.3.2) Structure des formats MARC : 61
4.4) Évolution des formats MARC : 62
4.5) MARC en XML (MARCXML) : 62
4.5.1) Fondement de passage de MARC vers XML : 62
4.6) Encodage des manuscrits arabes en utilisant MARC : 63
5) Synthèse sur les différents formats d'encodage : 64
Conclusion : 65
Chapitre 4 : Les ontologies et l'interopérabilité des catalogues des manuscrits
arabes anciens 66
Introduction : 66

1) L'interopérabilité des catalogues de manuscrits arabes :.....66
1.1) Définition de l'interopérabilité :.....67
1.2) Les niveaux d'interopérabilité :.....67
1.2.1) L'interopérabilité technique :.....67
1.2.2) L'interopérabilité syntaxique :.....67
1.2.3) L'interopérabilité sémantique :.....68
1.3) Les différentes méthodes d'interopérabilité :.....68
1.3.1) Les méthodes d'interopérabilité au niveau schéma :.....68
1.3.2) L'interopérabilité des catalogues des manuscrits arabes au niveau des instances de métadonnées :.....70
1.3.3 Interopérabilité au niveau de la valeur des éléments :.....71
1.4) Discussion :.....71
2) Les ontologies :.....71
2.1) Historique :.....72
2.2) Notion de terme « ontologie » :.....72
2.2.1) Définition 1 :.....72
2.2.2) Définition 2 :.....72
2.3) Rôle des ontologies dans la rédaction des notices bibliographiques :.....73
2.4) Les composants d'une ontologie :.....73
2.4.1) Concepts :.....73
2.4.2) Relations :.....74
2.4.3) Fonctions :.....74
2.4.4) Axiomes :.....74
2.4.5) Instances :.....74
2.5) Les types d'ontologies :.....74
2.5.1) Ontologie de représentation de connaissances :.....74
2.5.2) Ontologie de haut niveau / supérieure (Top-level / Upper-model) :.....74
2.5.3) Ontologie Générique (Generic ontology) :.....75
2.5.4) Ontologie du domaine (Domain ontology) :.....75
2.5.5) Ontologie de taches (Task Ontology) :.....75
2.5.6) Ontologie d'application (Application Ontology) :.....75
2.6) Les outils de construction d'ontologies :.....76
2.6.1) Terminae :.....76
2.6.2) OntoEdit :.....76
2.6.3) L'Editeur d'Ontologies Protégé :.....76

2.7) Langages de construction d'ontologies : 77
2.7.1) Le langage Ressource Description Framework (RDF) et RDF Schéma : 77
2.7.1) Le langage Ontology Web Language (OWL) : 78
Conclusion 78

Chapitre 5 : Conception

Introduction : 79
1) L'ontologie comme solution d'une plateforme interopérable : 79
2) Démarche de construction de l'ontologie : 80
2.1) Base de connaissances : 80
2.1.1) Les différents concepts de la base de connaissance : 80
2.1.2) Les axiomes : 83
2.2) Les liens sémantiques : 88
2.2.1) Les liens sémantiques de la codicologie : 88
2.2.2) Les liens sémantiques de la paléographie 96
2.2.3) Les liens sémantiques de contenu : 99
2.2.4) Les liens sémantiques de l'histoire : 102
2.3) Couverture sémantique minimale : 103
2.3.1) Couverture sémantique minimale de la codicologie : 103
2.3.2) Couverture sémantique minimale de la paléographie : 107
2.3.3) Couverture sémantique minimale du contenu du manuscrit arabe : 108
2.3.4) Couverture sémantique minimale de l'histoire du manuscrit arabe : 109
2.3.5) Graphe des liens sémantiques : 110
2.3.6) Classification des concepts : 113
Conclusion : 116

Chapitre 6 : Implémentation

Introduction : 117
1) Les outils et langages utilisés : 117
1.1) L'éditeur Protégé pour écrire l'ontologie : 117
1.1.1) Présentation : 117
1.1.2) Fonctionnalités de Protégé : 117
1.1.3) L'écriture de l'ontologie avec Protégé : 118
1.1.4) Vérification de la cohérence de l'ontologie : 121
1.1.5) Génération automatique du format RDF/XML de l'ontologie : 121
1.2) Web Ontology Language (OWL) : 123

1.3) Le langage RDF-Ressource Description Framework : 123
1.3.1) Qu'est ce que RDF ? 123
1.4) Passage des formats d'encodage vers le modèle RDF : 124
1.4.1) les règles de passage : 124
1.4.2) Application : 125
Conclusion : 129

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale : 131
Perspectives 132
Glossaire : 134
Bibliographie : 136
Annexe : Extrait du fichier RDF/XML généré par l'ontologie : 142

Liste des figures :

Figure 1: La constellation d'Andromède [BnF, 2015] 20

Figure 2: Kitâb al-Tabîkh d'Al-Warrâq, manuscrit d'Helsink [Pinterest, 2019] 20

Figure 3: Colophon de la Période Séfévides (1501-1736) [alamy, 2019] 26

Figure 4: Illustration de décors de marges de manuscrits et de section 28

Figure 5: La réglure 29

Figure 6: Exemple d'un manuscrit écrit en Coufi 29

Figure 7: Structure d'un attribut sous XML 49

Figure 8 : structure de l'élément <eadheader> 52

Figure 9 : Structure de l'élément <archdesc> 53

Figure 10: Syntaxe d'un attribut EAD 54

Figure 11: Modèle commun d'un document conforme à la TEI [Beaudry, 2007] 56

Figure 12: Exemple d'une notice au format MARCXML [Thierry, 2007] 63

Figure 13: Graphe des liens sémantiques 112

Figure 14: Écran d'accueil de protégé et création d'un nouveau projet 118

Figure 15: Création des classes 119

Figure 16: Création des propriétés d'objet 120

Figure 17 : Création des propriétés de données 120

Figure 18 : Vérification de la cohérence de l'ontologie 121

Figure 19: Génération du RDF/XML sous Protégé 122

Figure 20: Génération du RDF/XML sous un navigateur 122

Figure 21: Représentation graphique d'une déclaration RDF 123

Figure 22: Représentation d'une déclaration en RDF 124

Figure 23: Exemple d'une notice bibliographique en TEIms 125

Figure 24: Graphe RDF de la notice bibliographique en TEIms 126

Figure 25: Représentation RDF/XML du graphe RDF de l'élément msItem 126

Figure 26: Catalogage de la notice bibliographique sous l'ontologie 127

Figure 27: Exemple d'une notice bibliographique en MARCXML 127

Figure 28: Représentation RDF/XML de l'élément <author> 128

Figure 29: Catalogage de la notice bibliographique en MARCXML sous l'ontologie 129

Figure 30 : Structure d'une bibliothèque de manuscrits arabes anciens virtuelle universelle ... 133

Liste des tableaux :

Tableau 1: Évolution du support des manuscrits [Jamain.M, 2013].....19

Tableau 2 : Les différents styles de reliure 27

Tableau 3: Les métadonnées relatives à la codicologie 45

Tableau 4: Les métadonnées relatives à la paléographie 45

Tableau 5: Les métadonnées relatives au contenu 46

Tableau 6: Les métadonnées relatives à l'histoire du manuscrit arabe.....47

Tableau 7: Les attributs de <eadheader> 52

Tableau 8: Synthèse de différents formats d'encodage 64

Tableau 9: Les différents concepts de la codicologie 82

Tableau 10: Les différents concepts de la Paléographie 82

Tableau 11: Les différents concepts du contenu du manuscrit 83

Tableau 12: Les différents concepts de l'histoire du manuscrit 83

Tableau 13 : Les axiomes relatifs à la codicologie 85

Tableau 14 : Les axiomes relatifs à la paléographie 86

Tableau 15 : Les axiomes relatifs au contenu du manuscrit arabe 87

Tableau 16 : Les axiomes relatifs à l'histoire du manuscrit arabe.....87

Tableau 17: Les liens sémantiques de la codicologie 96

Tableau 18 : Les liens sémantiques de la paléographie 99

Tableau 19: Les liens sémantiques relatifs au contenu du manuscrit arabe 101

Tableau 20: Les liens sémantiques relatifs à l'histoire du manuscrit arabe.....103

Tableau 21: Couverture sémantique minimale de la codicologie 106

Tableau 22: Couverture sémantique minimale de la paléographie 108

Tableau 23: Couverture sémantique minimale du contenu.....109

Tableau 24: Couverture sémantique minimale de l'histoire du manuscrit 110

Introduction générale

Introduction générale

1. Contexte du travail :

Le catalogue est un outil descriptif des ressources documentaires d'une bibliothèque. Il permet d'identifier et de localiser ces ressources dans leur enceinte de rangement, voire d'y accéder directement dans le cas de ressources numérisées. Parmi ces ressources, nous citons les manuscrits arabes anciens, objet de notre travail de recherche.

Dans le souci de mise en ligne et d'accessibilité aux manuscrits arabes anciens, chaque bibliothèque, par voie de ses catalogueurs, procède au catalogage, puis à l'encodage, suivant un format spécifique, de ses manuscrits. Arrivées à ce point une question de taille mérite d'être soulevée : Quel protocole de catalogage adopté pour des ressources qui se présentent sous une forme hétérogène ?

Avant la mise en ligne du manuscrit, le documentaliste procède à sa description codicologique et paléographique pour créer une notice bibliographique. Le processus de catalogage consiste à créer un ensemble de notices bibliographiques qui contiennent des métadonnées descriptives du manuscrit.

De ce fait, le catalogue se voit confier la tâche de point d'accès aux manuscrits arabes anciens numérisés. Par ailleurs, plusieurs formats d'encodage du catalogue sont utilisés (EAD[1], TEI-ms[2],…). De plus, la structure du protocole de catalogage de ces œuvres n'est pas standardisée. Ainsi, se pose le problème de pertinence des requêtes d'accès aux manuscrits numérisés, qui pourrait accentuer le problème de silence et de bruit relatifs à l'accessibilité aux ressources numériques.

2. Problématique :

Notre souci reste d'offrir aux usagers un moyen d'accès fiable aux manuscrits numérisés. Au vu des problèmes d'hétérogénéité des manuscrits, de multitude de format d'encodage et des différentes structures des protocoles de catalogage, l'idée est d'intégrer et de pouvoir associer un sens à la requête de l'utilisateur, ce qui permettra d'associer les différents concepts de la requête à ceux qui lui sont équivalents dans le catalogue.

[1] Encoded Archival Description
[2] Texte Encoding Initiative Manuscript Description

La solution citée précédemment induit la mise en place d'un modèle de catalogage indépendant du format d'encodage. Ainsi, la problématique se résume à la mise en œuvre d'un catalogue guidé par une ontologie.

3. Objectifs :

La mise en œuvre d'une ontologie de catalogage des manuscrits arabes anciens numérisés, nécessite la définition de plusieurs objectifs au préalable, à savoir :

- La définition d'un protocole de catalogage des manuscrits arabes anciens. Cet aspect nécessitera l'investigation du domaine de connaissance du catalogage des manuscrits arabes anciens.
- L'étude des besoins des utilisateurs afin de définir les modes d'accès aux manuscrits anciens numérisés.
- L'étude des différents modes d'encodage des manuscrits. Ce qui permettra un rapprochement entre les différentes structures du catalogue.

Notons par ailleurs, l'objectif principal assigné à la définition de l'ontologie de catalogage de manuscrit arabes anciens est de définir un espace de connaissances universel, où tous les protocoles de catalogage trouveront assise. De ce fait, il en découlera implicitement une interopérabilité entre les différents catalogues.

Par conséquent, la solution de mise en œuvre d'une ontologie sera d'un apport incontestable pour assurer d'une part, l'interopérabilité entre les catalogues et d'autre part, assurer une meilleure traduction de la requête utilisateur dans les divers formats de catalogage utilisés.

4. Organisation du mémoire :

Notre travail de recherche est structuré en deux parties : La première, dresse un état de l'art sur les manuscrits arabes anciens et les problèmes liés au catalogage et à l'accès à ces ressources numérisées. La seconde, porte sur la conception et la mise en œuvre de l'ontologie de catalogage des manuscrits arabes. L'organisation de notre mémoire s'est faite comme suit :

Première partie : État de l'art. Elle est composée de quatre chapitres :

Chapitre 1 : Les manuscrits arabes anciens. Dans ce chapitre, nous décrirons les divers aspects de la description d'un manuscrit. Les aspects codicologiques et paléographiques d'un manuscrits seront abordés d'une manière succincte. Ce chapitre aboutira à la définition d'un protocole de description des manuscrits arabes anciens.

Chapitre 2 : Catalogage des manuscrits arabes anciens. Ce chapitre traite l'aspect du catalogage des manuscrits arabes. Deux principales écoles seront abordées : l'école arabe d'une part et l'école orientaliste d'autre part.

Chapitre 3 : Les formats d'encodage des manuscrits arabes anciens. Ce chapitre traite le problème d'encodage de la description des manuscrits arabes. Dans ce chapitre nous passerons en revue les différents standards d'encodage de manuscrits, l'EAD, le TEI et le MARC, qui se soldera par une étude comparative entre les différents modèles d'encodage.

Chapitre 4 : Les ontologies et l'interopérabilité des catalogues de manuscrits arabes anciens. Dans ce chapitre, nous présenterons le concept d'ontologie et leur apport dans le domaine d'interopérabilité. Il sera aussi traité le rôle des ontologies dans le domaine de catalogage des manuscrits arabes.

Deuxième partie : Elle est composée de deux chapitres :

Chapitre 5 : La conception. Ce chapitre traite les différentes étapes qui vont nous permettre d'écrire notre ontologie.

Chapitre 6 : L'implémentation. Ce chapitre concernera l'écriture de l'ontologie basée sur les étapes du chapitre précedent.

Remarque : Pour les mots référencés par un Astérix (*), nous trouverons leurs définitions dans le glossaire dans les pages 134 & 135.

Partie 1 : État de l’art

Chapitre 1 : Les manuscrits arabes anciens

Chapitre 1 : Les manuscrits arabes anciens

Introduction :

Les manuscrits constituent une source indéniable de connaissances dans divers domaines. Ils sont considérés comme un patrimoine inestimable pour la civilisation humaine, en général et pour les scientifiques et les historiens en particulier.

Cet héritage patrimonial constitue pour une nation son identité, son passé et son présent **[N.Habak & A.Meziane, 2017]**, il est considéré comme une pièce archéologique disposée à être analysée à traves son histoire et ses caractéristiques physiques.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les manuscrits arabes. Ils seront décrits selon leurs différentes typologies et spécificités. Il sera procéder à présenter l'état des lieux des manuscrits arabes en Algérie. Pour finalement, porter un intérêt particulier sur les éléments descriptifs des manuscrits sur ses divers.

1) Généralités sur les manuscrits

1.1) Histoire des manuscrits arabes :

L'invention de l'écriture précède partout l'invention du livre. L'écriture emprunte des supports variés qui savent s'adapter aux usages. Mais dès lorsqu'il s'agit du livre et de la volonté de transmettre des textes structurés, des supports s'imposent, variant selon les civilisations **[BnF - l'aventure du livre - Arrêt sur].**

Durant tout le Moyen Âge, le support privilégié des manuscrits, est le parchemin*, conçu à partir de peaux d'animaux soigneusement préparé pour recevoir l'écriture. Succédant au papyrus, le parchemin sera peu à peu supplanté à son tour par le papier, dont l'usage, venu de Chine, ne se répandit qu'à partir de la fin du XIII^{e} siècle.

Historiquement, le changement de forme le plus important est le passage du rouleau au codex, fondamental en ce qu'il reconfigure le texte et la page en profondeur **[Jamain.M, 2013].**

Le tableau (**Tableau 1**), recense les dates marquant l'histoire des supports du manuscrit.

Matière du manuscrit	Date d'utilisation (début-fin)	Localisation
Papyrus	III^e millénaire – attesté au I^er siècle et jusqu'au XI^e siècle dans certaines chancelleries à Rome	Égypte, Moyen Orient, Grèce, bassin méditerranéen
Parchemin	II^e siècle av. J.-C. XVI^e av. J.-C. siècle en Occident X^e av. J.-C. siècle dans le monde arabe	
➢ **Rouleau de parchemin**	**Volumen antique :** II^e siècle av. J.-C. – v^e siècle	Pergame, Grèce, bassin méditerranéen
	Rotulus médiéval : jusqu'au XVI^e siècle	Occident médiéval
➢ **Codex de parchemin**	IV^e – ixe siècle	Moyen-Orient et monde musulman
	IV^e – ixe siècle	Grèce et bassin méditerranéen
Papier	II^e siècle av. J.-C. – aujourd'hui II^e siècle av. J.-C. – VIIIe siècle	
➢ **Rouleau**	VIII^e	Chine
➢ **Codex**	X^e	Monde musulman
	XIV^e	Égypte, Orient (Perse, Syrie) Bassin méditerranéen, Occident

Tableau 1: Évolution du support des manuscrits [Jamain.M, 2013]

Le premier manuscrit arabe est un traité d'astronomie, il a été composé par l'éminent astronome al-Sûfi en 965 **[BnF, 2015].** Il décrit les constellations en s'inspirant du système grec de Ptolémée, adapté en arabe au IX^{e} siècle **(*Voir Figure 1*)**.

Figure 1: La constellation d'Andromède [BnF, 2015]

1.2) Définition du manuscrit :

Le manuscrit, emprunté du Latin, Manus scriptus[3], est un texte original ou copie d'un ouvrage écrit à la main par son auteur (autographe) ou par un copiste*. **[La- définition, 2009].** Le manuscrit (**Figure 2**) n'est pas un simple ouvrage riche en science et en savoir, mais également un patrimoine et un objet de recherche dans ses volets matériels.

Nous distinguons deux sortes de manuscrits anciens : ceux disposés en rouleaux appelés volumen*, et ceux pliés en feuillets* formant des livres reliés appelés codex*.

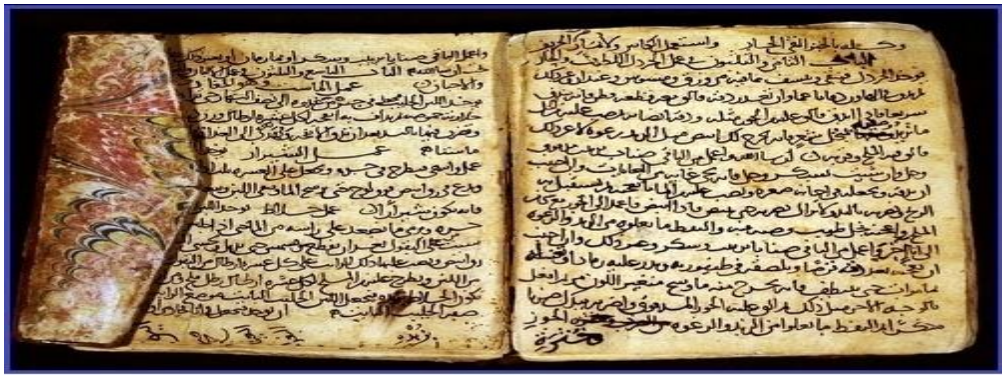


Figure 2: Kitâb al-Tabîkh d'Al-Warrâq, manuscrit d'Helsink [Pinterest, 2019]

[3] Le Petit Larousse illustré 2008, p. 617.

1.3) Typologie des manuscrits arabes :

La classification des manuscrits arabes se fait par catégorie, par aspect graphique et par appartenance religieuse.

1.4.1) Typologie par catégorie :

Deux types de manuscrits sont recensés : les manuscrits rédigés en arabe et ceux rédigés en Ajami[4]. Parmi les manuscrits arabes il peut y avoir des traités originaux ou des polycopiés, copiés par des scribes (copistes), contenant des variantes et des commentaires.

L'adoption d'Ajami se fait avec celle de la pédagogie islamique dans la diffusion de connaissance par l'étude du Coran, et d'autres manuels en arabe **[Bellassen, Medhat-Lecocq, & Ouvrard, 2012]**, en adaptant l'alphabet arabe au contexte linguistique local. Ce fut le début des manuscrits Ajamis.

1.4.2) Typologie par point de vue graphique :

Au X^{e} siècle, une graphie propre au Maghreb et à l'Espagne musulmane apparaît : le maghribî. Le maghribî se caractérise par son fin tracé, ses courbes généreuses et une notation différente de quelques lettres **[Les écritures maghrébines, 2013].** C'est la seule écriture utilisée durant plusieurs siècles, elle est supplantée par le naskhî oriental à l'avènement de l'imprimerie.

Dans les manuscrits arabes des milieux orientaux, l'écriture à une place prépondérante, où l'art de l'écriture, tenu dans une estime particulière, propulse une véritable culture calligraphique. À l'inverse, les manuscrits maghrébins accordent moins d'attention à ces aspects.

1.4.3) Typologie par appartenance religieuse :

Les manuscrits arabo-chrétiens sont aussi bien écrits en Copte dans les temps anciens, qu'en Arabe à partir de la période islamique. Il mélange les influences tout d'abord antiques, puis byzantines et arabes. Aussi, les manuscrits arabo-chrétiens se distinguent par l'introduction du système de datation grégorien.

Les enlumineurs* des manuscrits arabo-islamiques ont chapeauté l'art d'illustrer les livres dans le monde arabe. Après quelques rares créations au XI^{e} siècle, cet art se développe pleinement à la fin du XII^{e} siècle **[BnF, 2011].**

[4] De l'arabe Ajami : عجمي =étranger

1.4) Spécificités des manuscrits arabes :

Les manuscrits arabes ne respectent aucunement une forme ou une structure bien définie, ils sont généralement de dimensions inégales et formés d'un nombre de pages très varié **[M.Soualah, 2008],** ce qui distingue chaque manuscrit d'un autre.

Chaque manuscrit a des particularités qui le marquent et le différencient des autres, d'après Dr Abdelkrim MEZIANE **[Dr Meziane, 2013],** le propre de tout manuscrit est d'être :

a) Un objet unique.
b) Qui n'est pas multiplié par des procédés mécaniques de reproduction.
c) Défini par son format.
d) Son support (papier, parchemin, cuir)
e) Le nombre de lignes par page et de mots par ligne.
f) Le style de l'écriture.
g) La couleur de l'encre.

Il n'existe donc jamais deux manuscrits identiques, même s'il peut arriver que le texte de deux manuscrits soit identique.

1.5) Les manuscrits arabes en Algérie :

L'Algérie recèle un patrimoine très riche en manuscrits, malheureusement, il n'est pas connu à sa juste valeur, car rangés dans des khizanates[5] ou carrément, transporté par des particuliers notamment, les nomades, ces manuscrits sont devenus la cible de tous les agents de détérioration ce qui porte un préjudice au patrimoine culturel, historique et scientifique du pays.

Dans cette optique, le CERIST[6], sous couvert du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, a lancé, dans le cadre du Programme National de Recherche 2011-2013, un travail de Restauration des vieux manuscrits algériens, guidé par Dr Abdelkrim MEZIANE[7].

Les trois principaux établissements chargés de la numérisation du patrimoine culturel sont :

a) Le Centre Algérien de la Cinématographie (CAC) pour le patrimoine filmique et documentaire (Cinéma).
b) La Bibliothèque Nationale pour les livres et manuscrits (BN).

[5] En arabe, armoire
[6] **Ce**ntre de **R**echerche sur l'**I**nformation **S**cientifique et **T**echnique
[7] Maître de recherche-A- à CERIST

c) Centre National des Manuscrits d'Adrar pour les manuscrits (CNM).

1.6) Le processus de création des manuscrits :

La réalisation d'un manuscrit représente une œuvre de longue haleine, qui se déroule en plusieurs étapes et fait appel aux compétences de plusieurs artisans et artistes. Chaque manuscrit est un exemplaire unique : C'est une œuvre entièrement faite à la main **[C.oger & S.Simon, 2014]**

Les artisans commencent par découper le support d'écriture en morceaux, puis ils le plient en deux, en quatre ou en huit, selon le format souhaité, pour former les cahiers*.

L'ensemble des cahiers nécessaires à la réalisation du manuscrit est ensuite confié à un ou plusieurs scribes pour le travail de copie, et avant l'écriture, les feuillets du manuscrit reçoivent de la réglure* pour déterminer la surface écrite, guider le scribe et lui permettre de calibrer son écriture**.**

Pour pouvoir rassembler les cahiers dans le bon ordre, le copiste inscrit à la fin de chaque cahier une réclame*.

Le travail de correction est effectué par un chef d'atelier qui réunit les cahiers et corrige les erreurs en les soulignant en pointillés, puis le scribe se charge de réaliser une ornementation d'ampleur réduite sur le manuscrit.

Les cahiers sont ensuite confiés à un ou plusieurs enlumineurs pour la décoration. Lorsque les cahiers sont achevés (texte et enluminure), ils sont rassemblés et confiés au relieur pour pouvoir les coudre ensemble. Pour maintenir le manuscrit fermé, il ajoute des fermoirs* qui peuvent être des liens en peau ou des éléments métalliques.

1.7) Structure des manuscrits arabes :

Il serait impossible d'établir une structure pertinente pour les manuscrits arabes, tant chacun d'entre eux est le reflet des intérêts de son propriétaire. Ils ont toutefois quelques caractéristiques communes qui sont **[H.Kaileh, 2004] :**

a) Les manuscrits arabes débutent, généralement, au verso du premier feuillet, les rectos sont réservés à la présentation du manuscrit (frontispice*, l'inscription du titre et du nom de l'auteur, le cachet, et le nom du commanditaire).

b) Le début du texte peut être accompagné d'un décor particulier à la première page, c'est le début de chaque chapitre ou de sourate quand il s'agit d'une œuvre coranique.

c) Souvent le texte est écrit sur de longues lignes, sauf dans le cas du texte poétique où il est structuré en deux colonnes dans la même page.

d) plusieurs couleurs d'encre sont utilisées dans l'écriture des manuscrits en respectant certaines règles d'usage par exemple l'encre rouge est réservée aux titres et les noms propres.

e) L'usage du texte encadré dans les manuscrits coraniques.

f) Présence du texte en général, sous forme d'annotations, dans les marges, en lignes verticales ou en obliques.

1.8) Les domaines traités par les manuscrits arabes :

Les manuscrits arabes traitent des thèmes très divers, ce qui rend difficile leur classification thématique, **[Bellassen, Medhat-Lecocq, & Ouvrard, 2012]** parmi les disciplines les plus traitées nous distinguons :

a) L'histoire (ta'rikh) en particulier celle de l'époque précoloniale.

b) La théologie musulmane (tawhid).

c) L'astrologie ('ilm al-falak).

d) La littérature arabe (al-adab al-'arabi).

e) La poésie religieuse en langues africaines et arabe (unshüda diniyya)

f) Des traités en sciences occultes (sirr).

g) La dissertation en droit (tahrir fi 'l-fiqh).

h) La mystique musulmane (tasawwuf).

i) La médecine locale (al-tibb al-mahalli).

j) La pharmacopée (Saydala).

k) Des traités politiques (siyàsa).

l) Des notices biographiques sur des personnalités politiques et religieuses.

2) Les éléments descriptifs des manuscrits arabes

À la différence du livre imprimé, chaque manuscrit est un document unique et c'est en tant que tel qu'il faut l'examiner. C'est un témoignage historique qu'il convient de situer dans son devenir, depuis sa fabrication et l'établissement de la copie, jusqu'aux interventions des lecteurs et des possesseurs successifs. Dans cette perspective, les rédacteurs d'une notice bibliographique se doivent d'observer et de relever tout ce qui tient à la composition et au contenu d'un manuscrit y compris ses aspects codicologiques, paléographiques et décoratifs. Ces éléments permettent de dater ou de localiser un manuscrit anonyme ou mal identifié **[IRHT, 2016].**

2.1) Les champs bibliographiques :

Un champ bibliographique constitue un point d'entrée ou de recherche d'un document.

Les éléments des champs bibliographiques décrivent succinctement le manuscrit, ils sont indispensables pour son identification, Chaque élément se présente de façon homogène.

L'identité des éléments bibliographiques trouve son utilité pour la création d'un format de description électronique, propre aux manuscrits arabes **[H. Kaileh, 2004].**

Parmi les éléments d'identification nous retrouvons principalement :

2.1.1) La mention de responsabilité :

L'écriture du manuscrit est faite par son auteur et bien souvent par des copistes. Ils sont mentionnés au recto du premier feuillet du manuscrit et parfois le nom de l'auteur figure au début du texte alors que celui du copiste au colophon*.

2.1.2) Nom des propriétaires :

Le nom du possesseur du manuscrit figure sous forme d'un cachet, d'un médaillon ou écrit sur la page de garde, il peut être une personne, une bibliothèque ou une institution. C'est un bon indice pour les chercheurs désirant suivre le développement historique du manuscrit.

2.1.3) Le titre du manuscrit :

Le titre peut figurer dans plusieurs endroits du manuscrit (dans l'incipit, dans l'explicit ou dans le colophon), et souvent accompagné avec le nom de l'auteur. C'est l'élément principal pour l'identification du manuscrit.

2.2) Les éléments relatifs à la codicologie :

L'analyse codicologique d'un manuscrit constitue un passage obligatoire pour sa description physique. En effet, cette dernière permet d'en établir partiellement la composition du manuscrit et passe en revue ses techniques de fabrication.

Nous citons :

2.2.1) Le Colophon :

Transcription littéral du mot grec κολοφών **[Garel & Michel, 1976]** : « couronnement », « achèvement ».

Pour diverses raisons, tous les manuscrits ne possèdent pas de colophons, qui est situé à la fin du manuscrit. Par ailleurs, les informations qu'il contient (Nom du copiste, l'année de la copie, le nom du possesseur, la date d'achèvement, le nom de la bibliothèque pour laquelle le manuscrit a

été copié) peuvent être retrouvées à la fin d'un chapitre et ou, exceptionnellement en tête de l'ouvrage.

Souvent, le colophon (**illustré dans la figure qui suit**) prend la forme d'un triangle à la fin du texte mais, quelquefois, il ne se distingue pas du corps du texte.

Figure 3: Colophon de la Période Séfévides (1501-1736) [alamy, 2019]

2.2.2) Le cahier :

L'étymologie de ce mot vient du latin quaterni qui veut dire quatre, car à l'origine, les cahiers avaient quatre pages.

Le cahier est ensemble de bifeuillets emboîtés les uns dans les autres et unis par un même passage du fil de reliure. **[IRHT, 2018].**

Généralement, dans les manuscrits arabes, qui sont fait avec des peaux d'animaux, sur une double page, un côté chair* fait habituellement face à un côté poil*.

2.2.3) Les systèmes de repérage de l'ordre des feuillets :

La numérotation des pages n'est pas systématique dans les manuscrits arabes. Elle était destinée à conserver en ordre les feuillets lors des diverses manipulations subies par le manuscrit **[Guesdon.M, 2002].**

a) **La foliotation** est la numérotation de chaque feuillet (ensemble recto-verso).
b) **La signature** est la numérotation des cahiers.
c) **Une réclame** résulte de la notation par le copiste, en bas de page, du ou des premier(s) mot(s) du folio suivant.

2.2.4) La reliure :

Relier les cahiers d'un manuscrit, consiste à les assembler de sorte à former le corps du codex, puis de les protéger en les couvrant d'une matière souple ou rigide. Tous ces éléments répondent à la fois aux exigences de la conservation de l'objet et de son rangement dans la bibliothèque ou dans les archives. À ce titre, la reliure intéresse d'une part, l'histoire du livre et des techniques artisanales et d'autre part, l'histoire intellectuelle **[IRHT, 2015].** D'après **[M.Soualah, 2008],** la description de la reliure suit les étapes de fabrication, c'est-à-dire qu'elle se fait selon la séquence "Bloc, Aspect du dos, Les plats, Les pièces de renfort, La couvrure*, Le décor, Les éléments de protection, Les titres et les étiquettes et enfin la date de la reliure" .

Les trois styles de reliure existant, à savoir, la reliure avec emboîtage, la reliure sans emboîtage et la reluire à rabat sont illustrés dans le tableau qui suit ***(Tableau 2) :***

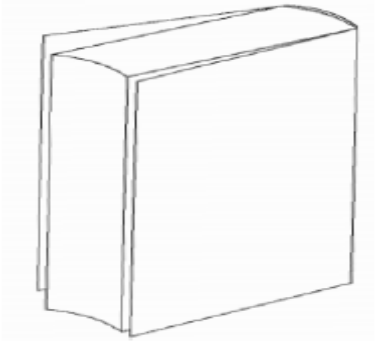
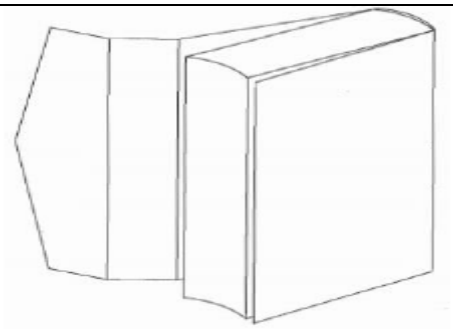
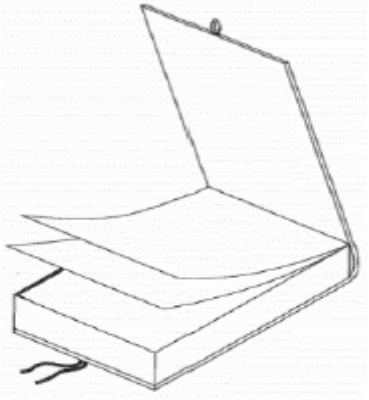
Style de reliure	Illustration
Reliure avec emboîtage	
Reliure avec rabat	
Reluire sans emboîtage	

Tableau 2 : Les différents styles de reliure

2.2.5) La technique des décors dans le texte :

Défini par un maître d'ouvrage qui peut être soit le commanditaire, soit le chef d'atelier, le programme iconographique est indiqué aux enlumineurs qui travaillent d'après un modèle, ou exemplum. Il y a peu de place pour la créativité dans les manuscrits religieux dont l'iconographie est codifiée. Par contre, nous trouvons une plus grande liberté d'expression dans les marges où l'enlumineur peut laisser libre cours à son imagination.

La décoration du texte est faite en utilisant des enluminures, considérées comme un moyen d'expression de l'art artistique de l'enlumineur. Ainsi, nous retrouvons le décor en plein texte, le décor de section, les signes de division de texte, les encadrements, les décors de reliures **[M.Soualah, 2008].** Les principaux types d'enluminure rencontrés dans les manuscrits islamiques sont : Le décor en pleine-page, les décors de section (***Illustré dans la Figure4)***, les colophons, les signes de division du texte, les encadrements et le décor des reliures, et des doublures.

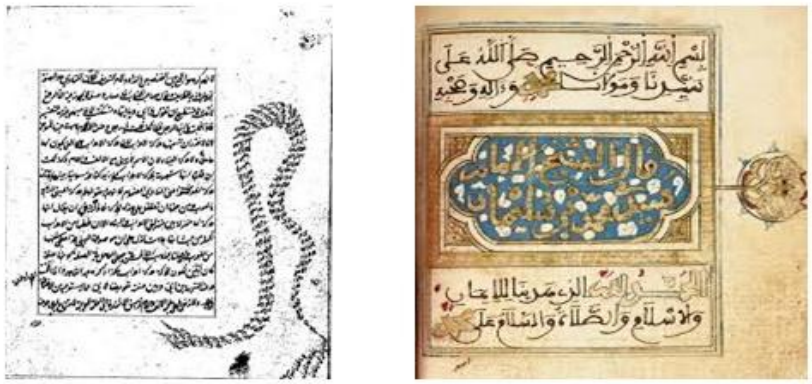


Figure 4: Illustration de décors de marges de manuscrits et de section

2.2.6) Type de support :

En orient, le parchemin et le papyrus ont eu comme rival le papier, bien après le X^{e} siècle. Le parchemin est demeuré principalement destiné à la transcription du Coran et des documents officiels, autrement dit pour le prestige **[H.Kaileh, 2004].**

2.2.7) La réglure :

Avant le travail d'écriture, les feuillets du manuscrit recevaient ce qu'on appelle la réglure ***(Voir Figure 5)***. Il s'agit d'un ensemble de lignes déterminant la surface écrite. Elle est en général, régulière pour un même manuscrit.

La réglure avait pour utilité d'homogénéiser l'aspect du manuscrit, de guider le scribe et de lui permettre de calibrer son écriture. Elle permet également de structurer la mise en page et de délimiter l'espace réservé aux illustrations ou aux gloses*.

Figure 5: La réglure

2.3) Les éléments relatifs à la paléographie :

La paléographie consiste à étudier la forme des lettres, l'analyse de leur apparence externe et leurs liaisons ainsi que l'épaisseur de la ligne.

Tout autant que la codicologie, la paléographie joue un rôle important dans l'étude descriptive d'un manuscrit qu'il convient de décrire, elle permet de déterminer une partie de l'histoire du manuscrit telle que son origine, sa période et sa mobilité.

2.3.1) les styles calligraphiques :

La calligraphie est considérée comme étant un art ou tous ceux qui interviennent dans la réalisation du manuscrit expriment leurs talons, de ce fait plusieurs styles ont été créés dont nous citons : naskhî (النسخي), muhaqqaq (المحقق), thuluth (الثلث), rayhânî (الريحاني), riqa'(الرقع), et coufi (الكوفي)**(Figure 6).** Il y a aussi des styles régionaux comme le maghribî, le bihârî en Inde et des styles développés en Iran tels que ta'lîq et nasata'lîq **[M.Soualah, 2008].**

Figure 6: Exemple d'un manuscrit écrit en Coufi

2.3.2) Taille et forme des écritures :

La paléographie est aussi une étude de la taille de l'écriture et de sa position par rapport à la page **[H.Kaileh, 2004].** La diversité est très remarquable dans la taille de chaque modèle d'écriture, ce qui affecte le nombre de lignes dans la page. Ainsi lorsque le nombre de lignes est petit, par rapport à la taille de la page, on constate une augmentation relative des dimensions du modèle de l'écriture.

La forme des écritures de quelques lettres arabes varie d'une région à une autre, car les copistes ne suivent pas des règles d'écriture. Par exemple, quelques mots qui doivent être écrits avec un alif maksûra, sont écrits avec alif mamdûda, L'hâ (ه) et les mim (م) circulaires chevauchent la ligne d'écriture.

Conclusion :

Dans ce premier chapitre, nous avons apporté des éclaircissements sur les manuscrits arabes anciens. Un manuscrit est une œuvre unique témoin de son ère.

Ces manuscrits, nous les avons classifiés par catégorie, par aspect graphique et par appartenance religieuse. Ensuite, nous avons porté un intérêt aux manuscrits arabes en Algérie, malheureusement, ils sont exposés à tous les agents de détérioration ce qui leurs portera un énorme préjudice.

Puis, nous nous sommes intéressées, d'une manière claire, aux éléments descriptifs des manuscrits sur ses divers aspects.

À travers cette étude, nous avons constaté que les manuscrits arabes ne respectent aucunement une forme ou une structure bien définie, par conséquent leurs accès en ligne nécessite la mise en place d'un protocole de catalogage, lequel on s'intéressera dans le prochain chapitre.

.

Chapitre 2 : Catalogage des manuscrits arabes anciens

Chapitre 2 : Catalogage des manuscrits arabes anciens

Introduction :

Le nombre élevé de manuscrits anciens dans le monde, principalement en langue arabe et la grande dispersion de leurs fonds, rend leurs accessibilités très difficiles si ce n'est impossible.

L'inexistence de base générale de manuscrits arabes à cause de leurs hétérogénéités, rend complexe leurs catalogages, par conséquent leurs classifications, d'autant plus, nécessaires à leurs bonnes conservations. On relèvera tout de même la rédaction de quelques modèles de catalogage propres à chaque bibliothèque ; destinés à classifier ces manuscrits.

La question d'une normalisation du format de catalogue bien réfléchie se pose, afin de pouvoir communiquer entre les différentes institutions scientifiques de manière globale et de pousser, donc, à une meilleure interopérabilité des données.

Dans ce chapitre, nous nous sommes inspirées, fondamentalement, des travaux de recherche sur les catalogages des manuscrits arabes anciens, effectués par Mr.SOUALAH **[M.Soualah, 2008].** À cet effet, nous ne cherchons pas à comprendre le processus de numérisation des manuscrits arabes anciens, nous partons du principe que le catalogage de chaque manuscrit se fait, au préalable, après son opération de numérisation. Pour ce faire, nous avons entamé notre chapitre par des notions générales sur le catalogage notamment sa définition, ses avantages ainsi que la notice bibliographique et sa rédaction. Par la suite, nous expliquerons les métadonnées adoptées dans le catalogage des manuscrits arabes, pour conclure avec celles que nous avons proposé.

1) Le catalogage des manuscrits arabes :

Le catalogage des manuscrits arabes constitue un travail de grande envergure au vu de l'inexistence d'une norme de catalogage de ce genre d'œuvre. En effet, plusieurs tentatives ont été réalisées sans pour autant produire un modèle unique, sur lequel pourrait s'appuyer l'ensemble des catalogueurs de manuscrits arabes **[M.Soualah, 2008].**

1.1) Définition du catalogue :

Le catalogage est le processus d'enregistrement des informations détaillées, et de la description des caractéristiques internes et externes spécifiques d'un document. Le catalogage est la base du travail technique et professionnel de la documentation. Il concerne l'élaboration de notices catalographiques **[N.Piérache, 2008].**

1.2) Les avantages du catalogage :

Parmi les différents avantages qu'offre le catalogage nous citons **[N.Piérache, 2008]** :

- **a)** Description et identification d'un document : Le catalogage consiste en la description de la forme (auteur, titre, années d'apparitions… etc.).
- **b)** Indexation : C'est la description du contenu d'un document.
- **c)** Récupération des éléments d'identification d'un document qui diffère selon son type. Cela permet aux utilisateurs de connaitre et de chercher l'existence d'un document, ou bien de le sélectionner.
- **d)** L'élaboration des notices bibliographiques strictement normalisées.

1.3) La notice bibliographique :

La collection de manuscrits a pris, au fil des siècles, de l'importance, et, conscients du caractère particulier de ce type de documents par rapport aux livres imprimés, les bibliothécaires se rendaient compte de la nécessité de leur réserver un traitement particulier. De ce fait, la rédaction d'un modèle de catalogage standard au travers des notices bibliographiques s'avère très urgent et très pertinent vu le caractère fragile de ces manuscrits.

L'IRHT définit la notice bibliographique comme suit : « L'objectif principal de la notice bibliographique est de reporter d'une manière ordonnée et sous une forme claire et lisible les résultats de l'analyse du manuscrit**.** Le contenu de la notice est présenté selon une terminologie bien précise et codifiée » **[IRHT, 2016].**

1.3.1) Rédaction de la notice bibliographique :

L'accès facile et efficace aux manuscrits arabes anciens, ne peut se faire sans la rédaction d'une notice bibliographique décrivant succinctement ces manuscrits.

La rédaction d'une notice bibliographique vise, essentiellement, et avant tout, à assurer le confort de recherche des utilisateurs d'un catalogue, elle s'appui, principalement, sur les aspects codicologiques et paléographique des manuscrits.

1.4) Le catalogage des manuscrits arabes :

Les manuscrits arabes sont des documents d'une grande utilité et d'importance patrimoniale, pour cela, ils doivent être conservés et, aussi, mis à la disposition de toute personne désirant les consulter. Ce qui est réalisable à l'aide du catalogue. Le processus de catalogage des manuscrits arabes a évolué d'une manière remarquable, en commençant par les catalogues imprimés jusqu'à l'arrivée d'internet et l'apparition des catalogues en ligne.

1.4.1) Protocole de catalogage des manuscrits arabes :

« La mise en place d'un protocole de catalogage de manuscrits arabes anciens demeure encore une problématique, malgré les multiples travaux effectués à nos jours » **[M.Soualah, 2008].** Nous citons entre autre, les travaux de Brockelmann **[Brockelmann, 2019]** et de l'IRHT[8]. Dans le domaine de la recherche fondamentale, nous citons les travaux de **[H.Kaileh, 2004]** et de **[M.Soualah, 2008].**

Un protocole de catalogage de manuscrits anciens est constitué d'un ensemble de métadonnées descriptives relatives au manuscrit. Ces métadonnées représentent des points d'accès au manuscrit, en particulier, quand il se trouve dans sa forme numérique. Malheureusement, leur disponibilité est aléatoire. En effet, souvent des manuscrits se retrouvent sans auteurs, parfois, sans titre.

Par conséquent, la conceptualisation du protocole de catalogage doit reposer sur le principe de fouille de données, afin de pouvoir trouver les liens existant entre les diverses informations disponibles. Pour ce faire, la stratégie de mise en place d'un protocole repose sur l'assemblage des divers protocoles proposés par les divers auteurs et écoles, puis trouver les liens reliant les divers concepts et métadonnées.

Ainsi, nous avons procédé à l'assemblage des protocoles proposés par l'IRHT **[KOGEL, 2015]**, l' **[IRHT, 2015]** et celui proposé par **[M.Soualah, 2008]** dans ses travaux de recherche de protocole de catalogage de manuscrits arabes anciens numérisés.

L'étude du manuscrit est basée, essentiellement, sur l'étude du contenant et celle du contenu, de ce fait, notre protocole est subdivisé en quatre volets, à savoir : codicologie, paléographie, contenu et histoire.

Codicologie :

a) **Cote :** La cote, généralement est donnée sous une forme conventionnelle. Elle est formée d'un numéro séquentiel. Mais, souvent, elle peut être le fruit d'une concaténation de plusieurs informations telle que le nom de la Ville, le dépôt et un numéro d'ordre séquentiel. Éventuellement, la ou les cotes antérieures sont mentionnées.

[8] Institut de Recherche de l'Histoire et du Texte

b) **Dimension :** Les dimensions du manuscrit devront être mentionnées en millimètre (mm).

c) **Auteur :** Personne responsable de la propriété intellectuelle du manuscrit. Il figure au début du texte, sur la page de titre, mais bien souvent cité dans le colophon. Aussi, parfois il figure au recto du premier feuillet. Le catalogueur devra signaler toutes les informations disponibles, relatives à l'auteur (Date de naissance, date de son décès, "Ism"[9], "Laqab"[10], "Kunya"[11] , "Nisba"[12] et "Alkhitab"[13])

d) **Titre du manuscrit :** Le titre est la désignation du manuscrit attribué par son auteur. Par ailleurs, en cas d'indisponibilité, le catalogueur se donne le droit d'attribuer un titre pour le manuscrit, tout en indiquant ce type d'information. Le titre est indiqué souvent, accompagné du nom de l'auteur sur le recto de la première page ou dans le colophon. En général, le titre dans le colophon, précédé du terme "wasamaytuhu ..... و سميته).

e) **Nombre de Volumes** : Un manuscrit peut être formé d'un ou de plusieurs volumes. Chaque volume devra faire objet d'une description minutieuse (pagination, nombre de lignes.).

f) **Type de support :** Le support du manuscrit représente un témoin de taille pour sa datation. Ainsi, la matière de fabrication du manuscrit devra être signalée dans le détail (papyrus, parchemin, papier).

g) **État du Manuscrit** : L'état du manuscrit décrit l'état dans lequel se trouve la version physique du manuscrit. Il peut prendre la valeur "Bon", "Moyen" ou "Mauvais". Cette information est très utile pour le conservateur pour assurer une bonne maintenance de la version physique du manuscrit.

h) **Description du volume :**

Chaque volume est décrit comme suit :

- **<u>Libellé général</u> :** Le libellé général définit les aspects suivants :
  - ***i)*** **Matière :** Elle indique la matière utilisée pour la réalisation du manuscrit.
  - ***ii)*** **Dimension des pages** : La dimension varie selon celle de la feuille de parchemin, de papyrus ou celle du papier. Elle est donnée en millimètre.
  - ***iii)*** **Nombre total de folios :** Le papier étant un produit rare, les auteurs transcrivent sur les deux faces d'une feuille, c'est le folio*.

[9] Nom donné dans l'ordre direct
[10] Nom de célébrité de la personne.
[11] Marque de distinction appliquée à des personnages de premier plan pour les honorer.
[12] Un adjectif qui indique l'origine, le lieu de naissance ou de résidence d'une personne. Exemple : le mathématicien "alkhawarizmii" se réfère à Khuwarism, nom d'un lieu situé en Asie centrale.
[13] L'appellation de toujours

- **Numérotation :**
  - ***ii)*** **Pagination** : Le catalogueur signal la nature de la pagination appliquée, elle est en générale mentionnée en Arabe, chiffres indiens ou abǧad.
  - ***iii)*** **Foliotage** : Le foliotage peut être trouvé sous forme de réclame, qui indique la suite logique des folios. Le catalogueur doit observer l'emplacement des nombres dans l'une des marges de la page (marge supérieure et marge inferieur : au milieu, dans l'angle interne ou externe) et leur forme.
- **Reliure :** L'opération de reliure achève le processus de fabrication du manuscrit. A ce niveau, il faut détailler les concepts suivants :
  - ***i)*** Type : Trois grands types de reliures existent : les reliures-emboîtage, les reliures sans emboîtage et les reliures à rabat*****.
  - ***ii)*** Datation par siècle.
  - ***iii)*** Originale ou non.
  - ***iv)*** Dimension des plats en millimètre, elle est mentionnée si elle est différente de celles des pages.
  - ***v)*** Épaisseur du volume fermé en millimètre,
  - ***vi)*** Ais *: Aux origines, les ais en bois constituaient les plats de couverture, avant d'être remplacés par du carton.
  - ***vii)*** Couvrure : matière (cuir, étoffe, papier marbré), et couleur,
  - ***viii)*** Décoration (estampage des plats et contre-plats*****, dans les différentes zones),
  - ***ix)*** État de conservation : Est l'état dont la reliure se trouve, il peut être bon ou mauvais.

i) Unité (s) codicologique (s) :

- **Papier :** La fabrication du papier est apparue dans le monde islamique au milieu du huitième (VIII^{e}) siècle. Elle diffère selon les régions, ce qui permet parfois aux historiens de déterminer l'origine et la date des manuscrits. La description du papier se fait selon les éléments suivants :
  - ***i)*** Filigrané ou non : Description des filigranes***** (image ou texte).
    - ❖ Image : son échelle doit être précisée, de même pour son estompage.
    - ❖ Texte : la disposition, l'échelle et la couleur (foncée ou translucide) doivent être cités.

ii) Mesure de la largeur de 20 vergeures***** : 20 vergeurs est indiqué sous cette forme : 20=28, c'est-à-dire vingt vergeures mesurant 28 millimètres.

iii) Orientation des vergeures : pliage et format de la feuille et origine du papier.

iv) Disposition : La disposition peut être simple ou groupé.

v) Datation.

- **Cahiers** : Un cahier est ensemble de feuillets conçu conjointement et simultanément en bifeuillets, emboîtés les uns dans les autres et unis par un même passage du fil de couture. Un cahier est présenté comme suit :

i) Nature des cahiers :

- *Binion*: est un cahier formé par deux bifeuillets.
- Ternion : est un cahier formé par trois bifeuillets.
- Quaternion : est un cahier formé par quatre bifeuillets.
- Quinion : est un cahier formé par cinq bifeuillets.
- Sénion : est un cahier formé par six bifeuillets.
- Septénion : est un cahier formé par sept bifeuillets.
- Octonion : est un cahier formé par huit bifeuillets.

ii) Collation***** des cahiers **:** La collation des cahiers vise à reconstituer l'état primitif du manuscrit, pour se faire, il faut prélever le nombre de feuillets, le nombre de cahiers et la somme des folios.

iii) Relevé des anomalies de composition : localiser les feuillets manquants, les feuillets ajoutés et donner l'ordre de lecture.

iv) Numéro de cahier : Un manuscrit est un ensemble de cahiers, à chacun d'eux est assigné un numéro localisé à l'angle externe du premier folio. Le numéro de cahier permet de se repérer dans un manuscrit.

v) Relevé des marques de milieu de cahiers, sur les bifeuillets centraux en considérant la :

- localisation : (Coins supérieur externe de droite, Inférieur externe gauche, coins supérieur externe de droite et inferieur externe gauche, coins inferieur externe de droite et supérieur. externe. de gauche, milieu de marge externe droite, milieu de marge externe gauche.)
- Forme : (Chiffre *rūmī*; Tiret ; Barre ; Point ; Chiffre indien ; trois points en triangle ; Petit cercle).

vi) Les réclames : La réclame permet au relieur d'enchaîner les cahiers dans le bon ordre, si elle est présente, le catalogueur doit signaler sa localisation (tous les feuillets, en fin de cahier, milieu de cahier ou en marge).

- **Préparation de la page avant l'écriture :** Avant la transcription sur le manuscrit, une préparation préliminaire et adéquate est réalisée. La préparation consiste à l'introduction de décors ou de tracés de lignes. Elle est décrite par :
  - **i)** La surface écrite.
  - **ii)** Le nombre de lignes par page.
  - **iii)** L'instrument de réglure (pointe sèche, mistara[14] ou mixte).
  - **iv)** La description des piqûres* : série de petits trous ou fentes alignés sur le feuillet, destinés à guider le traçage de la réglure.
  - **v)** Palimpseste. : Manuscrit dont on a fait disparaître le texte primitif (par grattage, lavage...) pour copier un nouveau texte **[IRHT, 2019].**

Paléographie :

a) Calligraphie :

La calligraphie est un moyen d'exprimer les talents artistiques des auteurs, des copistes et des enlumineurs.

Ainsi, plusieurs styles calligraphiques se distinguent les uns des autres par la forme et le caractère. La calligraphie se trouve décrite par les éléments suivants :

- **Style calligraphique :** Le degré de cursivité, la couleur d'encre, la taille, la particularité d'écriture, la proportion des lettres, les ligatures particulières et l'inclinaison sont autant d'éléments qui définissent le style calligraphique.
- **Description des usages orthographiques :** Cet élément est décrit par :
  - **i)** Les signes de vocalisation et sukun s'ils sont fréquents, rares ou absents.
  - **ii)** La ponctuation des lettres si elle est complète, partielle ou inexistante.
  - **iii)** L'usage de S*ädda*.
  - **iv)** L'omission ou non de *hamza.*
  - **v)** Les points sous le yā. Final.
- **Organisation de la copie du manuscrit :** Description de l'articulation des textes, des chapitres entre eux et de la hiérarchie des subdivisions (la structure du manuscrit diffère selon les sujets traités)

[14] Règle en Arabe

- **Mouvement de la copie :** Le mouvement de la copie d'un manuscrit concerne le cas où la copie d'un manuscrit est écrite par plusieurs copistes qu'il faut mentionner.
- **Correction de copiste :** Raturage, grattage, omissions*, rectifications, collation, additions marginales et surlinéaires. A mentionner dans la partie « notes » si l'on n'est pas sûr de les distinguer des notes de lecture.

b) Décoration :

La décoration du texte permet au lecteur de se repérer et d'articuler le texte et également d'apporter des indices de datation et de localisation du manuscrit. La décoration est faite en utilisant des enluminures*.

- **L'enluminure :**

Autant que la calligraphie, l'enluminure est considérée comme un moyen d'expression de l'art artistique de l'enlumineur. Ainsi nous rencontrons :

i) Nom enlumineur

ii) Lieu d'enluminure : en pleine-page, à la section, aux colophons, dans les reliures, et des doublures.

iii) Type d'enluminure :

- Décor de ponctuation : on y' trouve des petits cercles, des fleurettes, de deux petits points entourés de cercle ou petite fleur cruciforme.
- Décor de la marge* **:** médaillon rond sur un fond doré, fleur colorée sur un fond doré, tapis entrelacé sur les marges, Bandeau décoré par des feuilles et des fleurs dorées, décor enforme de couronne disposée verticalement, décor de larme horizontale ou verticale.
- Décor de fond de page **:** décor d'arabesques et de nuages, décor de nuages, fond décoré par des fleurs.

Contenu :

a) Texte :

- **Numérotation du texte :** La numérotation du texte se fait selon l'ordre d'apparition dans le volume.
- **L'intitulé :** Dans cette partie, le catalogueur doit mentionner :

i) Le titre normalisé de l'œuvre,

ii) Le nom de l'auteur,

iii) Les titres alternatifs,

iv) La localisation du titre dans le volume (page de titre, frontispice, incipit, colophon),

v) Le cas d'anépigraphe (absence du titre et de l'auteur) ou de pseudépigraphe (texte ou auteur, ne correspond pas à la vérité).

- **Matière scientifique :** divers domaines scientifiques et littéraires traités par les manuscrits arabes anciens, parmi ces domaines : *fiqh*, *tafsīr*, *adab*, médecine, astronomie, *kalām.*
- **Résumé :** Le résumé décrit contextuellement le volume, tout en notant les mots clés.
- **Contenu du texte :** Si le texte est inédit, indiquez le sommaire du texte et les en-têtes de chapitres. En cas d'une copie, la description portera sur le raturage, le grattage, la collation, l'omission, l'addition marginale et la rectification.
- **Auteur :** Le catalogueur doit Indiquer les références bibliographiques et la date de décès de l'auteur.

b) Notes : l'hétérogénéité de la structure de manuscrit oblige les spécialistes à réserver un élément qui portera les spécificités non communes, c'est le rôle de l'élément note décrit selon :

- **Notes de lecture :** gloses, attestations de lecture, attestations de collation, certificats d'audition (samã), certificats de transmission (igãza).
- **Notes diverses :** Plusieurs informations supplémentaires peuvent être mentionnées. Nous citons : inscription de waqf, table des matières, vers, carrés magiques, formules propitiatoires, invocations, exercices d'écriture, essais de plume, prix de vente.

Histoire :

a) Date d'élaboration : Elle représente la date de fin du manuscrit. Cette information se retrouve souvent explicitée au niveau du colophon. Le catalogueur devra la porter en cas de sa présence sur le manuscrit, dans le cas contraire, il se donne le droit de citer la période ou la date approximative de l'élaboration du manuscrit.

b) Commanditaire du Manuscrit : Le commanditaire représente la personne pour laquelle le manuscrit a été destiné. En général, il s'agit du propriétaire ou possesseur du manuscrit. Il se retrouve transcrit soit au premier recto, soit sous forme d'un cachet ou dans le colophon. Dans la mesure de disponibilité des informations, le catalogueur devra indiquer tous les détails relatifs au commanditaire, à savoir :

- Date de naissance

- Date de son décès (un bon indice pour les chercheurs et les historiens pour un meilleur suivi du manuscrit.),
- "Ism", "Laqab", "Kunya" , "Nisba" et "Alkhitab".

c) Cachet : Le cachet représente une forme de signature pour marquer l'authenticité ou une possession du manuscrit, il représente un bon moyen de traçabilité d'un manuscrit. Le cachet contient le nom du propriétaire, nous le trouvons spécialement sur la page du titre ou sur une page entièrement vide du manuscrit.

d) Colophon : Le colophon se trouve toujours sur la dernière page. Il s'agit de la note finale (généralement en forme d'un triangle) dans laquelle il faut identifier le titre du manuscrit, le copiste, l'auteur, la date et le lieu où a été achevée la copie du manuscrit.

e) Incipit : L'incipit est le premiers mot du texte, les éléments qui le décrivent sont : la basmala, amma baâdu (entrée en matière) et la hamdala.

f) Explicit : L'explicit est le dernier mot du texte avant le colophon. Dans le cas où le manuscrit est Acéphale*, l'explicit permet au catalogueur d'identifier le texte.

1.5) Le catalogue informatisé des manuscrits :

Le langage XML[15] ouvre la voie à des formats permettant de rendre les données bibliographiques - mais aussi archivistiques - compatibles avec le développement du web **[BNF, Formats de catalogage],** toutefois, notre catalogue sera guidé, principalement, par une ontologie.

A ce titre, signalons que plusieurs normes d'encodage sont apparues qui permettent dans leur majorité de décrire les manuscrits : EAD[16], TEI[17] et MARC[18] en XML, avec la détermination d'un ensemble d'éléments d'accès aux ressources numérisées, appelées les métadonnées.

2) Les métadonnées descriptives du manuscrit arabe :

Les métadonnées jouent un rôle fondamental dans la gestion des ressources numériques. Dans notre cas, nous allons les définir pour qu'elles jouent le rôle d'une plateforme interchangeable avec tous les autres modèles de catalogage qui se sont basés sur les différents encodages.

[15] eXtensible Markup **L**anguage : Langage de balisage inextensible
[16] Encoded Archive Description : description archivistique encodée
[17] Text Encoded Initiative : Initiative Texte Encodé
[18] Machine Readable Cataloging : catalogage lisible par machine

2.1) Définition des métadonnées :

La création des métadonnées est indispensable dans tout projet de catalogage informatisé pour pouvoir accéder aux manuscrits. Les métadonnées (data about data) sont définies par **[H.Kaileh, 2004]** comme « Le contenu d'un enregistrement de substitution qui caractérise un objet » ou comme « un élément de référence à une donnée utilisée pour aider à l'identification, à la description et à la localisation d'un réseau de ressources électroniques », elles couvrent non seulement la description formelle du document et les informations de liens entre notice et document physique, mais font aussi apparaître trois nouveaux aspects :

a) Les potentialités offertes par les métadonnées permettent d'abord une description plus fine (et donc un accès plus précis) à l'information.

b) Un élargissement de la description à des éléments jusqu'à présent exclus des catalogues habituels.

c) L'usage de l'Internet a donné naissance à des documents purement électroniques pour lesquels les règles classiques de catalogage ne pourront plus être appliquées avec efficacité.

2.2) Utilités des métadonnées :

L'utilité des métadonnées se résume comme suit :

a) La description de tous les éléments associés à une ressource comme : les droits, formats, dates, etc.

b) Facilite l'organisation de l'information.

c) L'amélioration de la pertinence et de l'exhaustivité des recherches, le tri et le filtrage des résultats.

d) Edition, gestion, recherche, réutilisation, diffusion et publication de multiples contenus.

e) Facilite le repérage de l'information, recherche et localisation des documents.

2.3) Les métadonnées et le catalogage des manuscrits arabes :

L'objectif de notre travail est de permettre aux utilisateurs l'accès aux manuscrits arabes. Les projets de catalogage des manuscrits arabes anciens nécessitent la création des métadonnées comme moyen d'accès spécifique à ces manuscrits. Le but principal des métadonnées est de matérialiser, en quelque sorte, le lien entre les différents catalogages et le manuscrit.

Cette matérialisation dépend des besoins particuliers des lecteurs. Qui peuvent être des caractéristiques descriptives du manuscrit : titre, auteur, etc.

Les métadonnées doivent satisfaire quatre besoins : les catalogueurs, les utilisateurs, les experts techniques et les administrateurs. Pour cela, il faut qu'elles contiennent des informations crées par l'ensemble des acteurs mentionnés ci-dessous **[H.Kaileh, 2004]:**

a) Donner aux catalogueurs la possibilité de saisir toutes les informations dont ils ont besoin pour l'intégration d'un nouveau document dans la collection. Les métadonnées doivent aussi concerner non seulement le document lui-même, mais aussi ses composantes graphiques ou textuelles en vue d'une recherche par le contenu.

b) Donner aux utilisateurs de multiples points d'accès à la collection, afin de permettre non seulement l'identification des documents pertinents mais aussi une recherche fine sur le contenu.

c) Les experts techniques doivent trouver toutes les informations dont ils ont besoin concernant le manuscrit, ce qui les aidera dans la transformation et la préservation des informations dans le futur.

d) Les administrateurs ont besoin des métadonnées de gestion. Cela pour évaluer l'activité de la collection en termes de coût d'acquisition de documents, de saisie, d'accès, de satisfaction des usagers et pour permettre de faire des bilans périodiques.

2.4) Les métadonnées descriptives des manuscrits arabes :

Deux aspects fondamentaux décrivent les manuscrits : Il s'agit des caractéristiques paléographiques et des caractéristiques codicologiques. Ces deux aspects permettent une prise de connaissance élémentaire sur le manuscrit sur divers points de vue: historique, social, etc.

L'accessibilité à ces informations devra être facile afin que l'utilisateur d'une manière générale, ou le chercheur d'une manière particulière, puisse consulter le manuscrit en ayant à sa disposition le maximum d'informations **[M.Soualah & M.Hassoun, 2011].**

Par ailleurs, nous avons proposé 117 métadonnées plus détaillées qui sont le résultat de la combinaison des métadonnées des aspects codicologique, paléographique, historique et contenu du manuscrit, nous les avons structurés sous forme de tableaux, à savoir :

a) Aspect codicologique :

Dans cette partie, nous avons recensé, sous forme d'un tableau **(Tableau 3),** toutes les métadonnées relatives à la codicologie **:**

N° Ordre	Métadonnée	Observation
01	**Cote**	Code qui sert à identifier le manuscrit de façon unique.
02	**Cotes_Antérieures**	Cote associée à une ancienne notice bibliographique d'un manuscrit.
03	**Nom_Ville**	Détermine le nom de la ville où se trouve le manuscrit.
04	**Dépôt**	Détermine le lieu où se trouve le manuscrit.
05	**N°_Ordre**	Numéro séquentiel attribué au manuscrit.
06	**Auteur**	Personne responsable du contenu du manuscrit.
07	**Copiste**	Personne ayant transcrit le manuscrit suite à l'obtention de la qualification (Iggaza) de la part du maitre (Auteur).
08	**Ism**	Nom donné dans l'ordre direct.
09	**Laqab**	Nom de célébrité de la personne.
10	**Kuniya**	Marque de distinction appliquée à des personnages de premier rang pour les honorer.
11	**Nisba**	Adjectif qui indique l'origine, le lieu de naissance ou de résidence d'une personne.
12	**Alkhitab**	Appellation de toujours.
13	**Date_Naissance**	Date de naissance de la personne.
14	**Date_Décès**	Date de décès de la personne.
15	**Type-Datation**	Type de date utilisé, qui peut être en Hégire ou Grégorien.
16	**Titre_Manuscrit**	Désignation du manuscrit attribuée par son auteur ou par le copiste.
17	**Nbr_De_Volume**	Nombre de volumes qui forme le manuscrit.
18	**Dimension**	Taille du manuscrit.
19	**Etat_Du_Manuscrit**	État dans lequel se trouve la version physique du manuscrit.
20	**Etat_De_Conservation**	État dans le quel le manuscrit est conservé.
21	**Qualité_Copie**	État de la copie du manuscrit.
22	**Type_De_Support**	Matière utilisée pour la fabrication du manuscrit.
23	**Matière**	Type de matière utilisé pour la réalisation du manuscrit.
24	**Dimension_Des_Pages**	Taille des pages du manuscrit.
25	**Nbr_Total_Folios**	Nombre de feuillets utilisé dans le manuscrit.
26	**Parchemin**	Peau d'animaux traitée et préparée pour recevoir de l'écriture.
27	**Papyrus**	Plante traité dont la tige servait à fabriquer des feuilles pour écrire.
28	**Numérotation**	Type de numérotation utilisé dans le manuscrit.
29	**Pagination**	Action ou manière de numéroter les pages du manuscrit.
30	**Type_Pagination**	Nature de pagination appliquée.
31	**Foliotage**	Action de marquer les feuilles du manuscrit.

N° Ordre	Métadonnée	Observation
32	**Emplacement_Foliotage**	lieu où se situe le foliotage.
33	**Reliure**	Art de relier les manuscrits.
34	**Type_Reliure**	Type de reliure appliquée.
35	**Dimension_Des_Plats**	Taille du support formant la couverture d'un manuscrit relié.
36	**Epaisseur_Des_Volumes_Fermés**	Épaisseur du volume en millimètres.
37	**Ais**	Planchette de bois servant de plat pour la reliure.
38	**Couvrure**	Pièce de peau ou de tissu qui recouvre le dos et les ais.
39	**Matière_Couvrure**	Support de couverture utilisée.
40	**Couleur**	Couleur de couvrure utilisée.
41	**Datation_Siècle_Reliure**	Date de réalisation de reliure indiquée en siècles.
42	**Papier**	Un des types de support utilisé pour la réalisation du manuscrit.
43	**Type_Papier**	Modèle du papier utilisé.
44	**Filigrane**	Marque du papetier qui figure en transparence sur la feuille.
45	**Datation_Papier**	Date du papier utilisé.
46	**Mesure en vergeures**	Taille des fils de laiton attaché en long pour la fabrication du papier.
47	**Orientation_Des_Vergeures**	Indique le format de la feuille et l'origine du papier.
48	**Cahier**	Ensemble de feuillets obtenus par pliage d'une feuille.
49	**Nature_Des_Cahiers**	Indique en combien les feuillets sont pliés.
50	**Collation_Des_Cahiers**	comparaison des différents cahiers d'un même manuscrit.
51	**Nbr_Feuillets**	Nombre de feuillets utilisés pour former le cahier.
52	**Nbr_De_Cahiers**	Nombre de cahiers dans le manuscrit.
53	**N°_Cahier**	Identifiant du cahier.
54	**Anomalie_De_Composition**	État anormal lors de la composition du cahier.
55	**Marque_De_Milieu_cahier**	signes utilisés pour reconnaitre le milieu de cahier.
56	**Localisation_Marque_De_Milieu**	Lieu où se trouve la marque de milieu du cahier.
57	**Forme_Marque_De_Milieu**	Forme des signes utilisés.
58	**Réclame**	Premier mot de la page suivante inscrit dans la page précédente du cahier.
59	**Lieu_Réclame**	Emplacement de la réclame dans le cahier.
60	**Préparation_Page_Avant_Ecriture**	Préparation préliminaire de la page avant de recevoir l'écriture.
61	**Surface_Ecrite**	Surface indiquée pour écrire le texte.
62	**Nbr_Lignes_Page**	Nombre de lignes existantes dans une page.

N° Ordre	Métadonnée	Observation
63	**Description_Des_Piqûres**	Série de petits trous alignés sur le feuillet, destinés à guider le traçage de la réglure.
64	**Palimpseste**	Manuscrit dont on a fait disparaitre l'écriture pour y écrire un autre texte.

Tableau 3: Les métadonnées relatives à la codicologie

b) Aspect paléographique :

Le tableau qui suit (**Tableau 4),** englobe l'ensemble des métadonnées relatives à la paléographie :

N° Ordre	Métadonnée	Observation
65	**Style_Calligraphique**	Style d'écriture en arabe.
66	**Degré_Cursivité**	Degré des espaces entre les lettres.
67	**Taille_Lettre**	Taille des lettres.
68	**Couleur_Encre**	La couleur d'encre utilisée pour l'écriture
69	**Particularité_écriture**	Indication d'écriture particulière.
70	**Proportion_lettres**	Dimension des lettres.
71	**Les_ligatures**	Lettres unies les unes aux autres d'un seul trait.
72	**Inclinaisons_Lettre**	Désigne l'écriture en italique.
73	**Description_Des_Usages**	Description de l'orthographe.
74	**Signes_Vocalisation_SUKŔUN**	Action de noter expressément les voyelles dans l'écriture.
75	**Ponctuation**	Action de ponctuer lors de l'écriture.
76	**Organisation_Copie_Manuscrit**	Structure de la copie du manuscrit.
77	**Articulation_Du_Texte**	Façon de dicter pour l'écriture.
78	**Hiérarchie_des_Subdivisions**	Façon dont le manuscrit est organisé.
79	**Description_Des_Chapitres**	Définition des chapitres contenus dans le manuscrit
80	**Mouvement_De_La_Copie**	Indique une copie écrite par plusieurs copistes.
81	**Correction_Copiste**	Correction effectuée par le copiste sur un texte fautif.
82	**Décoration**	Action de décorer le manuscrit.
83	**Enluminure**	Ensemble des éléments décoratifs et des miniatures exécutés dans un manuscrit.
84	**Enlumineur**	Peintre chargé de la décoration des manuscrits.
85	**Lieu_Enluminure**	Emplacement de l'enluminure.
86	**Enluminure_Colophon**	Décoration effectuée sur le colophon.
87	**Enluminure_Reliure**	Décoration effectuée sur la reliure.
88	**Type_Enluminure**	Type de décoration utilisée.

Tableau 4: Les métadonnées relatives à la paléographie

c) Le Contenu :

Le tableau (**Tableau 5)** liste toutes les métadonnées relatives à l'étude du texte :

N° Ordre	Métadonnées	Observations
89	**Numérotation_Du_Texte**	Façon dont le texte est numéroté.
90	**Intitulé**	formule contenant une désignation quelconque du manuscrit, placée en tête ou à la fin.
91	**Titre_Normalisé**	Lorsqu'il existe plusieurs titres , ces derniers sont rassemblés pour en former un seul.
92	**Titre_Alternatif**	Lorsque le titre du manuscrit est absent, le copiste lui en attribue un selon son contenu.
93	**Localisation_Titre**	Lieu où se trouve le titre.
94	**Matiere_Scientifique**	Sujet traité par le manuscrit.
95	**Résumé**	Résumer le contenu du manuscrit en petit paragraphe.
96	**Contenu_Du_Texte**	Décrire brièvement ce que le manuscrit contient.
97	**Sommaire_Du_Texte**	Description globale des titres principaux du manuscrit.
98	**Entêtes_Des_Chapitres**	Ce qui est écrit en tête du chapitre du manuscrit.
99	**Copie**	Manuscrit dont le texte a été reproduit d'un autre exemplaire manuscrit.
	Notes	Remarques que l'on inscrit en quelques endroits du l'écrit.
100	**Note_De_Lecture**	Remarques inscrites sur la lecture du texte.
101	**Gloses**	Ajout des notes explicatives permettant d'en préciser le sens (commentaires).
102	**Attestation_De_Lecture**	Inscriptions d'une note en marge, attestant que le texte contenu dans le manuscrit a été lu à haute voix ou récité.
103	**Attestation_De_Collation**	Inscription d'une note attestant qu'une comparaison a été effectuée.
104	**Certificat_Audition**	Inscription d'une note que le copiste été entrain d'écouter le texte écrit.
105	**Certificat_De_Transmission**	Inscription d'une note certifiant que le texte a été transmis.
106	**Notes_Diverses**	Informations supplémentaires sur le manuscrit.
107	**Waqf**	Manuscrit devenu, à la suite d'un acte juridique, propriété de la bibliothèque d'une institution pieuse.
108	**Table_De_Matière**	Description détaillée des titres du manuscrit.
109	**Vers**	Ensemble de mots formant une unité rythmique et régit par des règles de poésie.
110	**Prix_de_vente**	Prix avec lequel le manuscrit est vendu.

Tableau 5: Les métadonnées relatives au contenu

d) Histoire du manuscrit :

Dans cette partie, nous avons proposé toutes les métadonnées en relation avec l'histoire du manuscrit ancien **(Tableau 6) :**

N° Ordre	Métadonnées	Observations
111	**Date_Elaboration**	Représente la date de fin d'élaboration du manuscrit.
112	**Commanditaire_Du_Manuscrit**	Personne pour laquelle le manuscrit a été destiné.
113	**Cachet**	Forme de signature pour marquer l'authenticité ou la possession du manuscrit.
114	**Colophon**	formule finale dans laquelle le copiste mentionne son nom, le lieu et la date de copie.
115	**Lieux_Colophon**	Lieu où le colophon est mentionné.
116	**Incipit**	Premier mot du manuscrit.
117	**Explicit**	Dernier mot du manuscrit.

Tableau 6: Les métadonnées relatives à l'histoire du manuscrit arabe

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons défini le catalogage des manuscrits arabes anciens et la rédaction d'une notice bibliographique.

Ensuite, nous avons élaboré le protocole de catalogage qui s'appui sur les aspects codicologique, paléographique et historique de ces manuscrits.

L'accès aux manuscrits numérisés se fait grâce aux notices bibliographiques, Pour cela, cette dernière doit contenir une description complète du manuscrit à travers les métadonnées.

Les métadonnées s'appliquent aux manuscrits arabes, elles servent à organiser la connaissance et à utiliser et exploiter ces manuscrits.

Dans le chapitre qui va suivre et avant d'entamer le chapitre sur les ontologies, nous allons décrire quelques formats d'encodage proposés par la BNF (Bibliothèque Nationale de France).

Chapitre 3 : Les formats d’encodage des manuscrits arabes anciens

Chapitre 3 : Les formats d'encodage des manuscrits arabes anciens

Introduction :

La multiplication des ressources numériques, le développement des techniques du web et l'émergence du mouvement des métadonnées ont permis l'apparition de plusieurs formats d'encodages des manuscrits arabes anciens.

Le langage XML ouvre la voie à ces formats permettant de rendre les données bibliographiques, mais aussi archivistiques, compatibles avec le catalogage des manuscrits arabes.

Visant à uniformiser autant que possible le catalogage des manuscrits en vue de leurs échanges et de la portabilité de leurs données, plusieurs formats de description de manuscrits sont proposés, en occurrence l'EAD (Encoded Archival Description), la TEI (Text Encoding Initiative), le MARC (Machine Readable Cataloging), le Dublin Core…etc.

Dans ce qui suit nous allons décrire les principes généraux de ces différents standards et montrerons les avantages et les inconvénients de l'un et de l'autre dans la description des manuscrits : Ce qui justifiera notre choix sur un format de description des manuscrits arabes ou sur une autre solution.

1) Principes de XML :

1.1) Principes généraux :

Recommandation promulguée par le **W**orld **W**ide **W**eb **C**onsortium (**W3C**) en 1998, XML est un métalangage de balisage pour la structuration des documents et des données textuels, il est compatible avec les jeux de caractères définis par la norme ISO 10646[19]. Cette intime association entre Unicode et XML fait en sorte que les systèmes d'information basés sur XML peuvent gérer des documents ou des informations de toutes les langues, y compris dans les mêmes documents.

XML est indépendant des plates-formes techniques, des logiciels, des systèmes d'exploitation, etc., et produit des fichiers auto-documentés. Les documents produits peuvent donc être archivés au format XML sans risque de devenir illisibles, d'où les incitations

[19] Intitulée Technologies de l'information : elle définit un système de codage universel pour tous les systèmes d'écriture. Cette norme est le fondement du standard Unicode.

gouvernementales à utiliser XML pour l'archivage à long terme **[Groupe d'experts AFNOR, 2009].**

1.2) Préceptes :

1.2.1) Éléments :

Tout document XML est un arbre d'éléments, permettant de décomposer le texte en unités d'informations. Définis par des balises de début et de fin de contenu, les éléments peuvent contenir directement : du texte ou d'autres éléments (l'élément conteneur est un élément englobant), ou les deux (modèle de contenu mixte).

1.2.2) Attributs :

Des attributs peuvent qualifier les éléments et en préciser le sens, ou fournir des métadonnées pour les éléments. Nous leur donnons une valeur selon le contexte dans lequel ils apparaissent. Afin d'attacher un ou plusieurs attributs à un élément, nous devons inclure le nom de chaque attribut à l'intérieur de la balise ouvrante, avec la valeur qu'il doit prendre ; le caractère "=" sépare le nom de l'attribut de sa valeur, les guillemets simples ou doubles délimitent la valeur et un espace sépare les attributs entre eux (**Figure 7**).

```
<Balise attribut1="valeur1"  attribut2="valeur2"  attribut3="valeur3">……</Balise>
```

Figure 7: Structure d'un attribut sous XML

1.2.3) Documents bien formés :

Lorsqu'un document XML respecte les règles de la grammaire XML (balises ouvertes, balises fermées, correctement imbriquées), alors c'est un document bien formé.

1.2.4) Le rôle de la DTD :

XML permet d'utiliser un fichier afin de vérifier qu'un document XML est conforme à une syntaxe donnée. La norme XML définit ainsi une définition de document type appelée DTD (Document Type Definition), c'est-à-dire une grammaire permettant de vérifier la conformité du document XML. La norme XML n'impose pas l'utilisation d'une DTD pour un document XML, mais elle impose par contre le respect exact des règles de base de la norme XML.

Le rôle d'une DTD est de définir précisément la structure d'un document. Il s'agit d'un certain nombre de contraintes que doit respecter un document pour être valide. Ces contraintes spécifient quels sont les éléments qui peuvent apparaître dans le contenu d'un élément, l'ordre

éventuel de ces éléments et la présence de texte brut. Elles définissent aussi, pour chaque élément, les attributs autorisés et les attributs obligatoires **[Carton, 2015].**

2) Description du standard Encoded Archive Description (EAD) :

2.1) Définition :

L'EAD, en français description archivistique encodée, est un standard d'encodage basé sur le langage XML, destiné à mettre en ligne des instruments de recherche de type archivistique : inventaires, répertoires, catalogues de collections **[C.Vallée, 2014].** Il est disponible sous la forme d'une DTD ou d'un schéma XML.

2.2) Historique :

Le développement de l'EAD a commencé en 1993 dans le cadre d'un projet de recherche à l'Université de Berkeley (Californie). La version 1.0 a été publiée à la fin d'août 1998 et une seconde version, EAD 2002, en décembre 2002 fondée sur le langage XML. Par ailleurs, la DTD EAD 2002 permet un respect complet de la norme générale et internationale de description archivistique ISAD(G).

En février 2007, l'EAD a été publié sous la forme d'un schéma XML, dont la mise en œuvre permet de mieux contrôler la valeur et le format de certaines informations et de favoriser les échanges éventuels avec d'autres DTD.

Depuis 2010, l'EAD est en cours de révision par la SAA[20] afin d'améliorer son interopérabilité avec d'autres normes archivistiques, et de faciliter les échanges entre établissements. Une nouvelle version, l'EAD 3, a été publiée en 2015 mais n'est actuellement pas en usage **[EAD, 2013].**

2.3) Mise en œuvre de l'EAD :

L'EAD version 2 a été mise en œuvre dans de nombreux établissements du monde. Son utilisation s'est généralisée au cours de la décennie 2000-2010 dans les bibliothèques françaises gérant des manuscrits. Elle est aujourd'hui notamment utilisée par la Bibliothèque nationale de France (BNF) au département archives et manuscrits pour la description des manuscrits isolés et des fonds d'archives, ainsi que le réseau des bibliothèques universitaires (CALAMES[21]) et par un nombre grandissant de bibliothèques dont les catalogues de manuscrits sont accessibles via le Catalogue collectif de France (CCFr) **[C.Vallée, 2014].**

[20] Société des Archivistes Américains.
[21] Catalogue Accessible en Ligne des Archives et des Manuscrits de l'Enseignement Supérieur.

EAD est également utilisé dans un grand nombre de pays, notamment en Allemagne par les archives fédérales et des bibliothèques, et par des projets internationaux comme le Portail européen des archives.

2.5) Les objectifs de l'EAD :

Le format EAD a été développé à l'initiative de la bibliothèque de l'Université Berkeley, il permet de construire une description hiérarchisée restituant l'imbrication des composants et sous-composants, et de faciliter l'intégration des données dans des portails et catalogues collectifs. Il a pour objectifs **[EAD, 2013] :**

a) Présenter les informations descriptives étendues habituellement trouvées dans les instruments de recherche archivistiques et permettre de les lier ensembles.
b) Conserver les relations de hiérarchie existantes entre les différents niveaux de description.
c) Prendre en compte l'information descriptive héritée d'un niveau hiérarchique supérieur.
d) Permettre de se déplacer au sein d'une structure informationnelle hiérarchisée.
e) Permettre une indexation et une extraction de l'information spécifiques au niveau des éléments de la DTD.

2.6) Structure de l'EAD :

L'EAD a été développé comme une DTD pour encoder les instruments de recherche qui décrivent les fonds d'archives. C'est donc une structuration hiérarchique qui contient un ensemble d'éléments et d'attributs.

2.5.1) Les éléments de l'EAD :

La DTD EAD contient 146 éléments, dont 8 seuls sont obligatoires, nous distinguons trois importants segments sous l'élément racine <ead> qui sont : <eadheader>, <frontmatter> et <archdesc> **[guide-ead, 2019].**

a) Le segment <eadheader> :

L'élément en-tête EAD est obligatoire, il contient des informations bibliographiques et descriptives sur l'instrument de recherche (titre, auteur, date, etc.). C'est cette partie qui contient les métadonnées et permet la gestion électronique du document.

L'élément <eadheader> peut contenir quatre éléments dans l'ordre suivant **(Figure 8)** :

- Identifiant EAD <eadid> (obligatoire)

- Description du fichier <filedesc> (obligatoire)
- Description du profil <profiledesc> (facultatif)
- Description des révisions <revisiondesc> (facultatif)

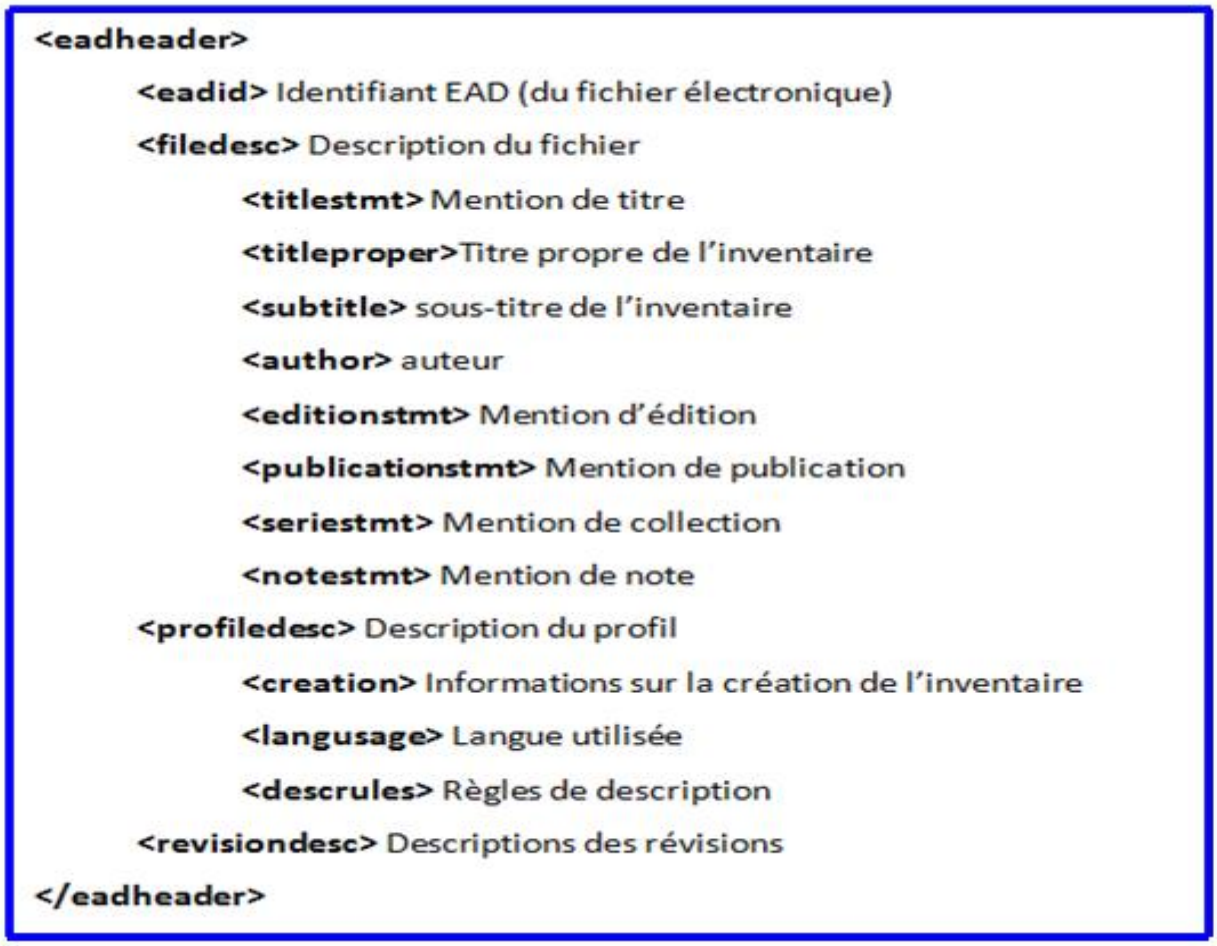


Figure 8 : structure de l'élément <eadheader>

<eadheader> peut être qualifié par cinq attributs ISO : ceux-ci doivent être renseignés pour assurer l'interopérabilité **(voir Tableau 7)**.

Nom de l'attribut	Valeur
COUNTRYENCODING	ISO 3166-1
DATENCODING	ISO 8601
LANGENCODING	ISO 639-2b
REPOSITORYENCODING	ISO 15511
SCRIPTENCODING	ISO 15924

Tableau 7: Les attributs de <eadheader>

b) Le segment <frontmatter> :

L'élément Préliminaires <frontmatter>est utile pour décrire les éléments nécessaires à l'affichage et à la publication des éléments de recherche, il sert à créer une page de titre ou une première de couverture, une préface, une dédicace, des tables de concordance, un mode d'emploi de l'instrument de recherche.

c) Le segment <archdesc> :

L'élément Description archivistique <archdesc> est obligatoire, il englobe toutes les informations décrivant un corpus documentaire dans son ensemble et recouvrant les différents niveaux hiérarchiques de cette description. L'élément <archdesc> comprend des informations de haut niveau **(Figure 9)** : identification du fonds (élément <did>), biographie/histoire institutionnelle (élément <bioghist>) ; puis il décrit les parties du fonds dans l'élément <dsc> Description des sous-composants, en commençant par le niveau hiérarchique le plus élevé et en allant jusqu'au niveau de la pièce.

Figure 9 : Structure de l'élément <archdesc>

2.5.2) Les attributs de l'EAD :

Les attributs sont associés à la plupart des éléments contenus dans l'EAD pour les qualifier. Les DTD permettent de déclarer des attributs et leurs valeurs (**Figure 10**) et de les associer aux éléments, ces attributs peuvent prendre différents types de valeurs, qui peuvent être du texte ou des chaînes de caractères alphabétiques ou numériques **[AFNOR, 2009].** Chaque attribut est constitué par :

- **Un nom :** Qui correspond à une propriété d'un élément.
- **Une valeur :** Selon le contexte dans lequel il apparait.

```
< [Balise]  [attribut] = "[valeur]" >
```

Figure 10: Syntaxe d'un attribut EAD

La plupart des attributs sont facultatifs à l'exception de deux qui sont obligatoires, l'attribut **LEVEL** et l'attribut **COLS.**

a) L'attribut **LEVEL :** De l'élément description archivistique <archdesc> et de l'élément groupe de description archivistique <archdescgrp>, il permet de définir le niveau de description.

Exemple : LEVEL = collection, série, classe…etc.

b) L'attribut **COLS :** De l'élément groupe d'éléments de tableau <tgroup>, donne le nombre de colonnes dans un tableau.

Exemple : <tgroup COLS ="4">

2.7) Encodage des manuscrits arabes en utilisant la DTD EAD :

Notre intérêt d'étudier la DTD EAD est de voir à quel point ce standard apporterait un résultat à la description des manuscrits arabes.

Dans ses travaux de recherches **[M.Soualah, 2008]** affirme que L'EAD décrit d'une manière marginale les manuscrits arabes, et n'impose aucune contrainte de représentation du fonds à décrire, bien au contraire, les seuls objets que devrait respecter l'encodeur sont les noms des éléments et leurs hiérarchies. Quant à l'objet document à décrire, l'appréciation est laissée à l'encodeur.

Les protocoles de description de manuscrits arabes exigent une finesse et précision dans la description de ces manuscrits. Objectif que n'offre aucunement la DTD EAD dans sa forme actuelle. De ce fait, la DTD EAD demeure une solution inadaptée pour la description des manuscrits arabes.

3) Description du standard Text Encoded Initiative (TEI) :

Pour traiter des documents texte, il faut un format qui puisse s'adapter à tous les domaines. La TEI propose un ensemble de recommandations pour baliser un contenu texte. La mise en forme s'effectue grâce au langage XML.

Le besoin de normalisation dans le balisage des textes en littérature et sciences humaines a conduit vers la Text Encoding Initiative.

3.1) Définition du standard TEI :

La TEI est principalement un ensemble de recommandations de mise en forme de l'information dans tout type de textes électroniques. Lancé au départ avec SGML22 puis ayant migré sur XML. Il s'agit de baliser les textes afin de faciliter le traitement de ces documents. Ce format est aussi voué à être interdisciplinaire afin de promouvoir le partage de la connaissance et de l'information **[B.Duplessier, 2014].**

3.2) Historique :

La naissance de la TEI a eu lieu officiellement en 1988, surnommée la TEI P1, avec la participation d'un grand nombre de chercheurs à travers le monde sous forme de comités. Depuis, la TEI a connu l'apparition de différentes versions (chaque version apporte des améliorations par rapport à sa précédente). La TEI P2 vit le jour en 1992, ensuite la TEI P3 en 1994 sous forme de recommandations pour le codage et l'échange des textes informatisés en SGML.

En Juin 2003 la TEI P4, a convertit les recommandations de la TEI P3 en XML. En final, la TEI P5 est apparue en Novembre 2007, qui est une révision majeure des recommandations de la TEI P4. Cette version fournit d'importantes nouvelles fonctionnalités telles que la gestion de l'encodage des caractères, la prise en compte d'éléments graphiques et les descriptions manuscrites **[TEI, 2014].**

3.3) Caractéristiques de la TEI :

TEI est une norme de balisage, de notation et d'échange de documents électroniques, fondée sur le SGML et s'appuyant sur le XML. La TEI se présente sous forme d'un ensemble de recommandations rassemblées en modules distincts :

[22] Standard Generalized Markup Language : Langage de Balisage Généralisé Standard

a) Un ensemble d'éléments organisés en modules différents, les « **tag sets** » que l'on sélectionne en fonction des besoins spécifiques de l'utilisateur pour former un Document Type Définition(DTD).

b) Un ensemble de recommandations, les « **Guidelines** » qui expliquent comment utiliser la DTD.

Une DTD conforme à la TEI est composée de quatre fragments de DTD, proposée par **[Beaudry, 2007] :**

a) Un ensemble de balises obligatoires (Core tag sets)

b) Un ensemble de balises de base (base tag set)

c) Un ensemble de balises additionnelles (additional tag set).

d) Un ensemble de balises auxiliaires (auxiliary tag set)

Au plus haut niveau, tous les documents conformes à la TEI partagent un modèle commun (**Figure 11**) composé d'un **en-tête bibliographique** et de l'élément **<text>**. Voici un exemple d'un document minimal conforme à la TEI :

```
<!DOCTYPE tei [ <!ENTITY TEI.prose "INCLUDE">
]>


<tei>
    <teiHeader>
        <fileDesc>
            <titleStmt>
                <title>Le plus petit document conforme à la TEI</title>
            </titleStmt>
            <publicationStmt>
                <p>Ce document n'est pas publié.</p>
            </publicationStmt>
            <sourceDesc>
                <p> Ce document est original.</p>
            </sourceDesc>
        </fileDesc>
    </teiHeader>
    <text>
        <body>
            <p>Voici le document conforme à la TEI le plus court qu'on puisse imaginer.
            </p>
        </body>
    </text>
</tei>
```

Figure 11: Modèle commun d'un document conforme à la TEI [Beaudry, 2007]

3.3.1) Principes de base du TEI :

Le codage TEI permet de noter toutes les informations concernant la structure interne du texte, sa mise en page (celle du manuscrit ou bien celle de l'édition de référence), certaines

interventions éditoriales (ajout ou suppression d'un mot par l'éditeur, correction, etc.) et, dans le cas d'un manuscrit, il permet de rendre compte de son aspect visuel (rature, insertion interlinéaire, etc.) **[Martineau, 2008].**

Ces informations sont indiquées par l'entremise de balises XML. Ces dernières sont délimitées par des chevrons et se présentent normalement en paires : une balise ouvrante <...> et une balise fermante </...> qui encadrent un ou plusieurs mots ou une section du texte.

3.4) Structure générale de la TEI :

Comme l'EAD, la TEI utilise la grammaire formelle de SGML pour définir l'encodage. Les groupes, travaillant sur la TEI, visent à créer une DTD, flexible pour répondre aux besoins de la majorité des chercheurs et de catalogueurs. Par conséquent, la TEI est conforme au principe de balisage utilisé par XML, tel que les éléments et les attributs. Tout document TEI doit avoir une liste d'éléments valides et un ensemble d'attributs.

3.4.1) Les éléments

Un texte encodé avec la TEI est un arbre d'éléments, permettant de le décomposer en unités d'informations définis par des balises de début et de fin de contenue.

La structure générale du document TEI-XML, à travers son balisage, est décomposée en deux éléments principaux qui sont précédés par l'élément racine <tei> :

a) L'en-tête TEI <teiHeader> :

Élément qui intègre à la fois des données sur la source et des métadonnées sur la transcription (responsables, version, mode de disponibilité, ...). En d'autres termes tous les éléments de catalogage d'un ouvrage sont précisés à ce niveau.

L'entête TEI peut contenir 4 éléments :

- **<fileDesc>** : Description du document électronique.
- **<encodingDesc>** : Description des normes d'encodage.
- **<profileDesc> :** Description du texte représenté par la transcription, indépendante de sa forme matérielle.
- **<revisionDesc> :** Historique des modifications du document numérique.

b) Texte de l'œuvre <text> :

Élément englobant l'ensemble du texte. Le texte est structuré au maximum en cinq composantes ; deux sont obligatoires et trois optionnelles :

- **<text>** : Élément obligatoire, il peut être unitaire ou composite comme dans un recueil.
- **<front>** : Élément optionnel, il regroupe les pièces situées avant le début du texte lui-même comme la page de titre de l'ouvrage et les pièces liminaires.
- **<group>** : Élément optionnel, il regroupe plusieurs textes.
- **<body>** : Élément obligatoire, il regroupe le corps entier d'un texte unitaire.
- **<back>** : Élément optionnel, il regroupe les annexes qui suivent le corps du texte.

3.4.2 Les attributs :

On appelle « attribut » un paramètre associé à un élément, Un attribut est lui-même composé d'une valeur. Ils existent **[Dufournaud, 2012] :**

a) **Des attributs globaux** : utilisés par tous les éléments. Par exemple, l'attribut @n pour un changement de ligne avec son numéro.

Exemple : <lb n="36">

b) **Des attributs particuliers** spécifiques à quelques éléments, tel que l'attribut @when qui est un attribut réservé à l'élément <date> pour l'encodage de la date au format ISO (aaaa-mm-jj).

Exemple : <date when="1515-04-28">28 avril 1515</date>

Notre principal objectif d'étudier la TEI est la possibilité d'encoder les manuscrits arabes avec cette norme d'une manière fine et cohérente. Pour cela, nous nous intéresserons à l'étude du module TEI-ms (Text Encoding Initiative Manuscript Description), qui est destiné à la description des manuscrits.

3.5) La TEI-Manuscript Description (TEI-ms) :

La TEI propose un module spécifique pour la description des manuscrits nommé TEI-ms. La TEI Manuscript Description dans sa version P5 est une révision majeure des lignes directrices qui offre de nombreuses fonctionnalités nouvelles et améliorées. Elle a été officiellement publiée en Novembre 2007.

3.5.1) Caractéristiques de la TEI-ms :

La TEI-ms propose deux méthodes pour décrire les manuscrits **[M.Soualah & M.Hassoun, 2011] :**

a) **Méthode simple :** consiste en une série de paragraphes imbriqués, composés de phrases courtes décrivant le manuscrit.
b) **Méthode complexe :** le manuscrit est décrit d'une manière précise et complète à l'aide d'une notice dotée d'une structure de balisage plus détaillée.

La première méthode est intuitive et simple à utiliser. Elle offre aux catalogueurs le cadre familier pour la description des manuscrits, mais elle présente également de grandes difficultés pour une indexation conceptuelle. La seconde méthode nécessite le respect de la structure TEI-ms, mais elle facilite l'étape de l'indexation et la recherche d'information.

3.5.2) Éléments de la TEI-ms :

Utilisé pour la description des manuscrits la TEI-ms propose <msDesc> l'élément racine de tous les éléments descriptifs du manuscrit, il doit être placé après l'élément <sourceDesc> TEI. Il ne décrit qu'un manuscrit à la fois.

Il contient sept sous-éléments décrits ci-dessous :

- **<msIdentifier> :** définit les informations nécessaires à l'identification d'un manuscrit.
- **<head> :** c'est l'en-tête.
- **<msContents> :** Décrit le contenu textuel du manuscrit.
- **<physDesc> :** Il contient la description physique complète du manuscrit.
- **<history> :** contient des éléments décrivant l'histoire du manuscrit (datation, origine).
- **<additional> :** contient des informations supplémentaires sur le manuscrit (par exemple, une bibliographie).
- **<msPart> :** Il contient des informations sur une partie d'un manuscrit.

3.5.3) Les manuscrits arabes anciens et la TEI-ms :

En termes d'encodage de manuscrits dans leur ensemble, le module TEI-ms se considère comme étant le plus proche à fournir une réponse adéquate aux problèmes rencontrés par les catalogueurs, tel qu'il offre un ensemble concis des éléments descriptifs pour le codage des métadonnées sur les manuscrits.

Ce module a été développé à l'origine pour répondre aux besoins des catalogueurs et des chercheurs qui travaillent avec les manuscrits. Mais malgré tous ces points forts le module TEI-ms a encore des faiblesses qui ne le rendent pas particulièrement adapté pour décrire des manuscrits arabes.

Sachant que, le module TEI P5 est un outil adéquat pour le catalogage des manuscrits, mais il lui manque certaines fonctionnalités permettant une description exhaustive des manuscrits arabes anciens **[M.Soualah & M.Hassoun, 2011].**

4) Description du standard Machine Readable Cataloging (MARC) :

De nos jours, il est impossible de lire une revue de bibliothéconomie, d'assister à une conférence pour bibliothécaires sans entendre parler du format MARC, des notices MARC ou de compatibilité avec la norme MARC.

4.1) Définition du MARC :

Le format MARC (Machine Readable Cataloging) est un format d'échange de données bibliographiques informatisées des catalogues de bibliothèques, finalisé en 1968. Un format MARC désigne aussi bien un format appartenant à la famille des nombreuses variantes déclinées à partir du format MARC original **[enssib, 2013].**

Ce format très spécialisé, il n'est utilisé que par les bibliothèques et leurs partenaires institutionnels ou commerciaux, contiennent seulement de l'information bibliographique calquée sur les normes de catalogage comme l'ISBD[23] .

4.2) Historique :

Le format MARC, qui se traduit par catalogage ordinolingue, dit plus couramment catalogage lisible par machine, a pour origine la Bibliothèque du Congrès (Washington, D.C.).

Les travaux conduisant à l'adoption du format commencent en 1965 et sont pilotés par l'informaticienne Henriette Avram[24]. Le projet pilote aboutit en juin 1968 et c'est en mars 1969 qu'est lancé le premier service d'échanges de notices au format MARC.

4.3) Description du format MARC

4.3.1) Caractéristiques des formats MARC :

MARC se caractérise par :

[23] International Standard Bibliographic Description : Norme internationale bibliographique
[24] Programmatrice et analyste système américaine, qui est à l'origine des formats MARC

a) **Un contenu très spécialisé :**
   - Information bibliographique calquée sur l'ISBD
   - Pas (ou peu) de données de gestion

b) **Des utilisateurs peu nombreux :**
   - Bibliothèques
   - Métiers de la chaîne éditoriale
   - Fournisseurs de SIGB[25]

4.3.2) Structure des formats MARC :

D'après **[Thierry, 2007]**, l'organisation de MARC se fait par :

a) **Structuration sur deux niveaux :**
   - Zones de données de type numérique (étiquette)
   - sous zones

b) **Correspondance stricte avec les normes de catalogage :**
   - ISBD
   - AACR[26] puis RDA[27] pour les formats anglo-américains (US MARC, MARC 21)

c) **Structuration normalisée :**
   - Norme ISO 2709 : échange
   - Z 3950 (ISO 23950) : protocole de requête associé

Pour détailler, le format MARC se présente comme une succession de champs de données, de longueur variable ou fixe portant chacun une étiquette (un nombre de 3 chiffres), et pour les champs de longueur variable deux indicateurs et des sous-champs, eux-mêmes de longueur variable ou fixe. Les délimiteurs de sous-champs dans un même champ sont caractérisés par le caractère dollar ($). Les sous-champs sont, soit répétables (duplicables pour accueillir une donnée de même niveau) soit non répétables.

Certains champs sont définis de manière précise par l'IFLA[28], mais il est possible pour les utilisateurs de créer des étiquettes locales comportant le chiffre 9. Ces données ne sont pas susceptibles d'être exportées au niveau international.

[25] Système Intégré de Gestion de Bibliothèque
[26] Anglo-American Cataloguing Rules : Règles de catalogage anglo-américaines
[27] Resource Description and Access : Ressources : description et accès
[28] International Federation of Library Associations and Institutions : Fédération internationale des associations et institutions de bibliothèques

4.4) Évolution des formats MARC :

a) En 40 ans, les formats MARC ont pu évoluer :

- Même type de contenu
- Même structuration à deux niveaux
- Mêmes utilisateurs : les bibliothèques

b) Qu'est ce qui a changé ? : Rien fondamentalement :

- De nouvelles zones et sous-zones pour s'adapter aux besoins des bibliothèques
- Une tendance à structurer plus finement que par le passé
- Davantage de données codées.

Aujourd'hui, ils nous isolent dans un environnement web et face à l'explosion des schémas de métadonnées en XML : Dublin Core, EAD, …

4.5) MARC en XML (MARCXML) :

En 2001, la Bibliothèque du Congrès a développé un ensemble d'outils pour permettre l'utilisation des données structurées en format MARC dans un environnement XML **[BNF-Marc, 2019].**

MARCXML est une définition de type de document (DTD) décrivant le format MARC 21 en XML, autrement dit, développer un cadre pour travailler avec les données MARC dans un environnement XML, il permet d'exprimer en XML des métadonnées descriptives riches, avec un niveau de complétude et de granularité identique au format MARC 21.

MARCXML est utilisé dans de nombreuses applications, notamment à la Bibliothèque du Congrès, elle a été conçu pour aider à l'évolution des formats bibliographiques vers XML, tout en maintenant la compatibilité avec les données bibliographiques existantes.

En effet, l'utilisation de XML est particulièrement intéressante pour éditer et afficher les notices, gérer leurs cohérences et leurs corrections et convertir ces notices (MARC) vers d'autres formats en XML, comme Dublin Core.

4.5.1) Fondement de passage de MARC vers XML :

Le centre de ce fondement est constitué par un schéma XML très simple qui exprime en XML la structure du format MARC21 : MARCXML. D'après **[BNF-Marc, 2019],** le principe de ce schéma est le suivant :

Chaque zone du format MARC devient un élément, comportant en attributs l'étiquette et les indicateurs (**Figure 12**). Les sous-zones deviennent elles-mêmes des sous-éléments, avec le

code de sous-zone en attribut. Les zones de contrôle du format MARC (zones 00X) ainsi que le label de notice constituent des éléments spécifiques à l'intérieur desquels les données codées sont traitées comme des chaînes de caractères. Cela permet des conversions entièrement réversibles, sans aucune perte d'information, d'une notice MARC conforme à la norme ISO 2709[29] vers une notice MARC en XML, et vice-versa.

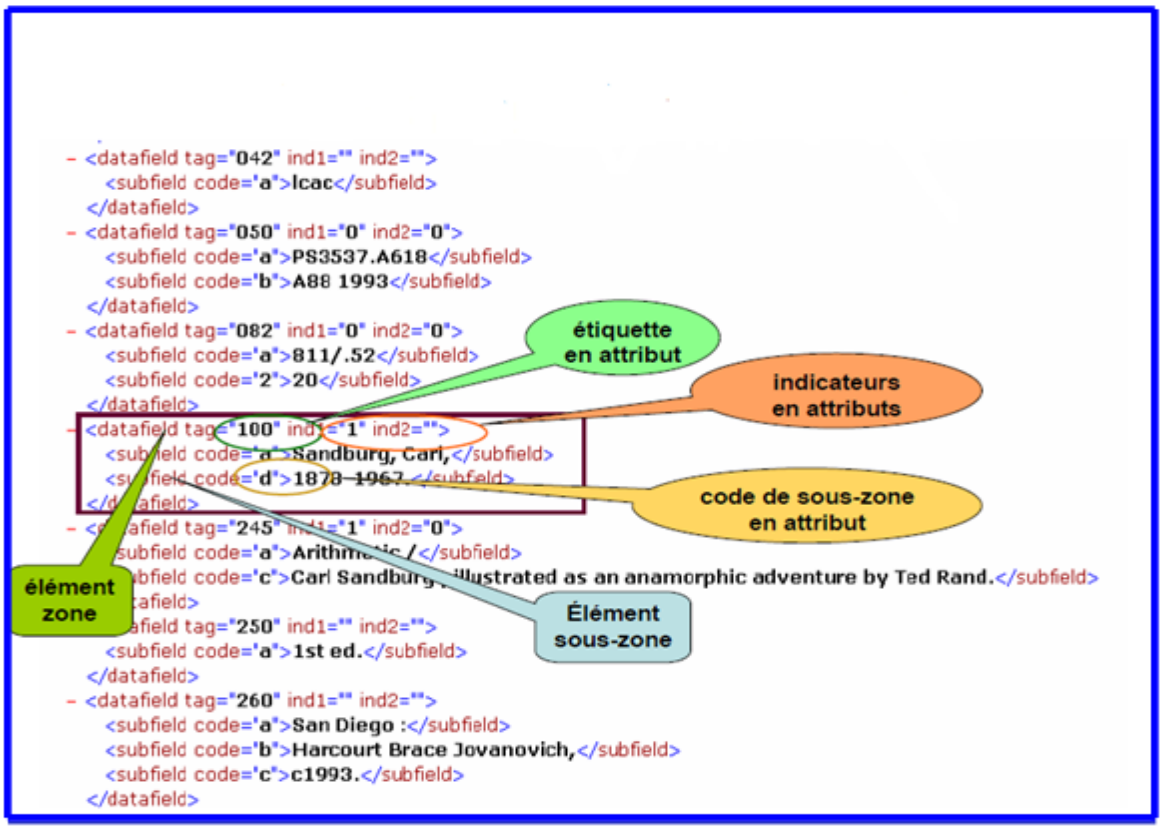


Figure 12: Exemple d'une notice au format MARCXML [Thierry, 2007]

4.6) Encodage des manuscrits arabes en utilisant MARC :

La création de notices sur MARC a fourni la possibilité aux chercheurs de trouver les informations, avec une facilité pareille à celle du catalogue sur papier, nonobstant, elles n'étaient que des notices abrégées et ne permettaient pas la mise en œuvre de stratégie fine de recherche d'informations sur les aspects codicologiques et paléographiques des manuscrits arabes anciens.

Par ailleurs, nous avons constaté que les formats MARC peuvent difficilement évoluer donc, et par conclusion, ces mêmes formats ne peuvent pas faire évoluer les catalogues des manuscrits arabes. De ce fait, le format MARC demeure une solution inadaptée pour la description des manuscrits arabes.

[29] Est une norme internationale (ISO) qui définit un format d'échange informatique de notices bibliographiques.

5) Synthèse sur les différents formats d'encodage :

Format	Points fort	Faiblesses
EAD	La DTD EAD offre : ➢ Une grande souplesse dans l'encodage des outils de recherche ; ➢ Une possibilité d'encoder à différents niveaux (fonds, sous fonds, série, sous série, pièce, …etc.) ; ➢ Un grand usage dans la description de fonds de manuscrits.	➢ Plus adaptée à la description de fonds archivistiques. ➢ Manque de finesse et de précision dans la description des manuscrits arabes.
TEI	➢ Une forme souple et adaptable (Structure modulaire). ➢ Modularité de la TEI permettant à l'usager de choisir les outils qui lui conviennent. De plus, la norme présente des éléments descriptifs de manuscrits issus directement des techniques de catalogage de manuscrits. ➢ Une structure hiérarchique (arborescente) ouverte pouvant s'adapter à toute évolution des méthodes de description de manuscrits.	➢ Nécessité d'utilisation des éléments spécialisés dans la description des manuscrits. ➢ Regroupement dans une même balise des informations dissociables.
MARC	➢ permet d'exprimer en XML des métadonnées descriptives riches, avec un niveau de complétude et de granularité identique au format MARC 21. ➢ À travers MARCXML, l'utilisation de XML est particulièrement intéressante pour éditer et afficher les notices, gérer leurs cohérences et leurs corrections et convertir ces notices (MARC) vers d'autres formats en XML, comme Dublin Core.	➢ Le format MARC n'évolue pas donc, il ne peut pas faire évoluer les catalogues des manuscrits arabes.

Tableau 8: Synthèse de différents formats d'encodage

Par ailleurs, la production des notices bibliographiques décrites selon les formats de métadonnées : EAD, TEI et MARC n'offrent pas une description complète des manuscrits arabes. Pour cela un enrichissement des normes MARC, EAD et TEI au préalable est inévitable pour présenter les manuscrits arabes d'une façon exhaustive.

Conclusion :

Le problème majeur lié à l'élaboration de notices bibliographiques des manuscrits arabes anciens réside dans l'inexistence d'une norme commune de leurs catalogages. Chaque institution adopte un format d'encodage propre à sa convenance. Plusieurs initiatives d'encodage du catalogue visent à la création de métadonnées propres aux documents électroniques sur le Web afin de trouver un moyen d'accès simple et rapide aux manuscrits numérisés, nous citons à titre d'exemple la TEI, l'EAD et le MARC.

Par ailleurs, la production des notices bibliographiques décrites selon les formats de métadonnées d'EAD, TEI et MARC n'offrent pas une description complète et exhaustive des manuscrits arabes, ce qui réduit notablement, les possibilités d'accès en ligne à ces ressources numérisées.

Par conséquent, le problème d'optimisation d'accès aux manuscrits numérisés nous interpelle pour chercher de nouveaux moyens de description des manuscrits arabes anciens. À cet effet, l'idée est d'inclure l'ensemble des métadonnées descriptives des manuscrits arabes d'une manière globale. Pour ce faire, le domaine des ontologies se présente comme une voie salutaire.

En effet, l'ontologie permettra de modéliser l'univers de connaissances liées au catalogage des manuscrits arabes anciens. Elle sera formée par un ensemble de métadonnées interconnectées par des liens fonctionnelles. De ce fait, le résultat sera un ensemble de concepts représentatifs du domaine de catalogage des manuscrits arabes anciens, liés sémantiquement et permettant aux différents modèles de catalogage de puiser des connaissances s'y trouvant dans la plateforme. Cette optique favorisera de fait, l'interopérabilité entre les différents modèles de catalogage. D'où le double objectif d'une part, d'accès aux manuscrits numérisés et d'autre part, d'interopérabilité de catalogues de manuscrits arabes anciens.

Chapitre 4 : Les ontologies et l’interopérabilité des catalogues de manuscrits arabes anciens

Chapitre 4 : Les ontologies et l'interopérabilité des catalogues des manuscrits arabes anciens

Introduction :

Afin qu'un accès efficace soit possible aux manuscrits arabes quelque soit le format d'encodage utilisé pour son catalogage, un langage commun doit s'imposer. Dans ce cas de figure, nous devons avoir accès non seulement à la base de connaissances utilisée par tous les formats d'encodage, mais aussi à la sémantique qui leurs sont associée, autrement dit comment interroger les différents catalogues, encodés différemment, avec la même requête ?

La panoplie de technologies du Web sémantique fournit un environnement où les catalogueurs usant de ces différents formats d'encodage peuvent manipuler ces connaissances, effectuer des inférences en employant des vocabulaires et des relations sémantiques.

À cet effet, les ontologies vont servir à l'interprétation de ces connaissances, en développant une plateforme interopérables des différents formats d'encodage en spécifiant la sémantique des différentes représentations utilisées, afin de pouvoir traduire les requêtes des utilisateurs et d'accéder aux manuscrits arabes anciens.

Nous débutons ce chapitre par préciser la définition de l'interopérabilité, ses différents niveaux puis, nous passons en revu les méthodes utilisées pour réaliser l'interopérabilité des métadonnées, puis, nous allons aborder les ontologies dans le domaine de catalogage.

1) L'interopérabilité des catalogues de manuscrits arabes :

En réponse au développement rapide des catalogages informatisés des manuscrits arabes anciens par de nombreuses bibliothèques et à l'avènement de la bibliothèque numérique, de nombreuses normes d'encodage de métadonnées spécifiques au domaine de catalogage ont été développées par diverses communautés d'utilisateurs.

L'interprétation de ces différentes formats d'encodage de métadonnées, qui forme une base de connaissance consistante, par les catalogueurs et les utilisateurs, nécessite une connaissance à priori de tous les formats possibles, l'EAD, la TEI et le MARC. Cet aspect n'est pas facilement envisageable. L'interopérabilité des formats d'encodage des métadonnées est à ce titre, un enjeu crucial.

1.1) Définition de l'interopérabilité :

L'avènement de nouveaux modèles bibliographiques, de codes de catalogage, de nouveaux formats d'échange a ouvert de nombreux débats sur la façon de rendre interopérables les données relatives à ces différents modèles bibliographiques, non seulement entre les bibliothèques, mais aussi sur le World Wide Web **[Svensson, 2015].**

Dans le contexte des métadonnées, l'interopérabilité est considérée comme la capacité d'intégrer des métadonnées provenant de vocabulaires différents et de les réutiliser de façon efficace quelle que soit leur source. Elle implique la capacité pour différents systèmes d'échanger des informations relatives aux ressources. Ainsi, les métadonnées créées dans un système et transférées dans un autre seront traitées par ce dernier d'une manière consistante avec l'intention du créateur des métadonnées **[Amir, 2011].**

L'interopérabilité recouvre plus que de simples questions techniques de bas niveau qui permettent aux informations de circuler correctement entre systèmes et qui sont régies par des normes et protocoles de communication.

1.2) Les niveaux d'interopérabilité :

On distingue 3 niveaux d'interopérabilité :

1.2.1) L'interopérabilité technique :

L'interopérabilité technique désigne le recours à la définition et l'utilisation d'interfaces technologiques, des normes et des protocoles, en vue de créer des systèmes d'information collaboratifs fiables, efficaces et performants capables d'échanger l'information **[Yahia, 2011].**

Ainsi ce niveau fait appel aux infrastructures, protocoles et services qui permettent, entre autres, la communication des données entre ordinateurs. On peut citer, à titre d'exemple, les protocoles TCP/IP, HTTP, etc.

1.2.2) L'interopérabilité syntaxique :

Ce niveau porte sur la syntaxe, c'est- à-dire la structure des messages échangés et vise à garantir la cohérence dans la manière dont les informations échangées sont représentées. C'est ici qu'entre en jeu le langage XML qui fournit un format de données standard pour permettre l'échange de données entres systèmes hétérogènes. De plus, Les données exprimées en XML présentent l'avantage d'être manipulables avec les outils génériques tel que XPATH et XSLT.

L'interopérabilité syntaxique, si importante soit-elle, est cependant insuffisante. En effet, la cohérence formelle des messages ne garantit pas, par elle-même, la cohérence des

significations perçues par les différents utilisateurs d'un système. Un autre niveau d'interopérabilité, basé sur la signification des messages est donc nécessaire.

1.2.3) L'interopérabilité sémantique :

L'interopérabilité sémantique consiste à faire en sorte que la signification des informations échangées ne soit pas perdue dans la procédure d'interopération et qu'elle soit préservée et comprise par les personnes, les applications et les institutions concernées (les formats des messages, la structuration, la sémantique des constituants). Elle nécessite que l'interopérabilité technique soit effective **[Yahia, 2011].**

1.3) Les différentes méthodes d'interopérabilité :

Le besoin de plus en plus grand d'un accès transparent et fiable à des différentes notices bibliographiques en ligne rend nécessaire l'interopérabilité des formats d'encodage des manuscrits arabes anciens.

En suivant une classification proposée par **[Zeng & Chan, 2006]** et **[Chan & Zeng, 2006**], nous verrons successivement les techniques d'interopérabilité utilisées au niveau du schéma, au niveau des métadonnées, et enfin au niveau de la valeur des éléments.

1.3.1) Les méthodes d'interopérabilité au niveau schéma :

Entrent dans cette catégorie les techniques de dérivation, de traduction, de mapping et de switching de schémas existants.

a) La dérivation :

La dérivation consiste à créer un nouveau schéma de métadonnées à partir d'un schéma existant. Celui-ci, généralement plus complet ou plus complexe, sert de point de départ ou de modèle pour l'élaboration d'un schéma plus simple et plus spécialisé. L'objectif étant de mieux répondre aux besoins d'une clientèle bien déterminée. Le nouveau schéma, ainsi constitué devient dépendant du schéma source. Dans ce cas, l'interopérabilité repose à la fois, sur une structure de base identique et la présence d'éléments communs aux deux schémas. Comme exemple de dérivation, mentionnons le Metadata Object Description Schema (MODS)[30] qui est un sous-ensemble du format MARC **[BIZIMANA, 2009].**

b) La traduction :

[30] http://www.loc.gov/standards/mods/

Un schéma est développé à partir des termes traduits d'un autre schéma dans une autre langue avec ou sans modification. On peut citer, par exemple, les différentes traductions de Dublin CORE[31] **[BIZIMANA, 2009].**

La dérivation et les techniques affiliées exploitent les principes de modularité et d'extensibilité des métadonnées dans le but de répondre aux exigences d'une application particulière, tout en voulant préserver l'interopérabilité avec les schémas d'origine. Cependant, cette approche ne permet pas de résoudre le problème d'interopérabilité des schémas existants, ils sont totalement indépendants les uns des autres. Dans ce cas, d'autres techniques s'avèrent nécessaires. Nous décrirons ci-dessous la technique du mapping qui est la plus utilisée actuellement.

c) Le mapping :

Le mapping est la technique la plus répandue pour assurer l'interopérabilité entre différents schémas de métadonnées voir plusieurs versions d'un même schéma. Le mécanisme utilisé est généralement une table de correspondance qui sert à établir les équivalences entre différents éléments de métadonnées.

Dans le cas où le mapping porte sur un nombre important de schémas, l'identification de toutes les correspondances est loin d'être triviale. En effet, si on dispose de n schémas de métadonnées, il faut faire n x (n-1) conversions pour garantir une totale interopérabilité. Le mapping est un processus très coûteux, qui requiert en général une intervention humaine. Des efforts significatifs ont été effectués pour la mise en œuvre des outils automatisés pour le mapping de plusieurs schémas. Toutefois, ils se heurtent inévitablement, à des obstacles d'ordre sémantique. Par contre, lorsque le nombre de schémas devient important, l'utilisation d'un langage intermédiaire est conseillée. Cette technique est couramment appelée « switching ».

d) Le Switching :

La technique du Switching consiste à rendre interopérables plusieurs schémas par l'intermédiaire d'un langage de médiation. Plutôt que de faire n x (n-1) conversions dans le cas de n schémas comme dans le cas du mapping, on utilise un schéma unique vers lequel tous les autres sont « mappés » ou mis en correspondance.

[31] Il existe près de 20 traductions du Dublin Core; elles sont recensées sur le site http://dublincore.org/resources/translations/

Dans ce modèle, un schéma est utilisé comme mécanisme de commutation entre des schémas différents. Au lieu de faire des équivalences entre différents pairs, chaque élément du schéma est mis en correspondance uniquement avec le schéma de base. À première vue, cette approche n'est pas très différente de construire carrément un nouveau schéma avec un seul langage et ne résout donc pas totalement les problèmes d'interopérabilité. Une solution en amont consiste à définir un modèle conceptuel de référence. De tels modèles favorisent des pratiques cohérentes dans la conception des schémas de métadonnées interopérables.

1.3.2) L'interopérabilité des catalogues des manuscrits arabes au niveau des instances de métadonnées :

Elle se pose lorsque différents schémas de métadonnées, conçus pour répondre aux besoins de diverses communautés d'intérêt, ont été utilisés pour décrire des ressources. Comment alors intégrer ces métadonnées dans un dépôt ou les réutiliser pour créer des nouvelles notices de métadonnées ? Deux approches sont souvent utilisées : la conversion ou l'intégration des notices.

a) La conversion :

Dans la conversion, le problème crucial consiste à éviter les pertes d'information. Par exemple, la conversion des notices MARC en format MODS, Dublin CORE ou MARCXML. Si la conversion du MARC vers MARCXML se fait sans perte d'information et vice-versa ce n'est pas le cas lorsqu'on convertit une notice MARC en format MODS. Lorsqu'une notice MARC contient des champs qui ne sont pas prévus dans le format MODS, les données inconnues sont perdus au moment de la conversion. Des notices codées en MARC21 peuvent être traduites en MODS, mais il est impossible de les reconvertir dans le format original sans perte d'information **[BIZIMANA, 2009].**

b) Intégration des métadonnées :

L'intégration des métadonnées repose sur le principe de réutilisation. En application du principe de modularité des métadonnées, différents éléments d'un schéma ou de plusieurs schémas peuvent être intégrés ou réutilisés pour la description d'une ressource quelconque. C'est de cette façon que les nombreuses métadonnées descriptives créées par les bibliothèques peuvent être réutilisées et intégrées avec des métadonnées techniques et administratives pour décrire de façon plus complète une ressource en ligne.

1.3.3 Interopérabilité au niveau de la valeur des éléments :

Ce problème se pose particulièrement lorsque différents utilisateurs effectuent simultanément des recherches par sujets dans plusieurs catalogues qui utilisent des langages d'indexation différents. Dans un environnement unilingue, l'indexeur français, par exemple, utilise les termes français pour représenter les sujets couverts par les documents à traiter quelle que soit leur langue de publications. Le lecteur français utilisera les termes français pour repérer les documents pertinents dans plusieurs langues. Par contre, le lecteur anglais éprouvera des difficultés énormes lors d'une recherche par sujet. Contrairement à la recherche par auteur ou par titre, la recherche sujet sera confrontée à la diversité des langages d'indexation et aux différentes langues naturelles de l'utilisateur final.

1.4) Discussion :

Dans ce qui a précédé, nous avons exposé les différentes méthodes d'interopérabilité des catalogues de manuscrits arabes anciens. Notre souci majeur réside dans l'interrogation de ces catalogues, encodés différemment, avec la même requête et arriver à obtenir des résultats pertinents avec toute transparence.

Les méthodes citées plus haut demeurent insuffisantes pour l'interopérabilité des formats d'encodage des manuscrits arabes, notamment la méthode d'interopérabilité au niveau schéma, dans laquelle les nouveaux schémas d'encodage dépendent toujours des schémas existants. Nous citons aussi le mapping, qui est une dérivation de cette méthode, qui est confronté à des obstacles d'ordre sémantique.

Par ailleurs, le risque de perte d'informations s'accroit lors de la conversion, si nous utilisons la méthode d''interopérabilité au niveau des instances de métadonnées.

Ceci dit, les limites constatées lors d'utilisation des différentes méthodes, sus citées, nous suggère qu'un rapprochement sémantique entre les différents formats de catalogage des manuscrits arabes est nécessaire. C'est pour cette raison que nous avons fait appel à l'ontologie, elle nous permettra d'associer à chaque requête un environnement de connaissance propre à chaque format d'encodage utilisé (TEI, EAD, MARCXML) et d'assurer ainsi, un accès fiable à ces différents catalogues.

2) Les ontologies :

L'explosion du nombre de sources d'informations accessibles via le Web multiplie les besoins de techniques permettant leurs intégrations. En définissant les concepts associés à des domaines particuliers, les ontologies sont un élément essentiel des systèmes d'intégration, car

elles permettent à la fois de décrire le contenu des sources à intégrer et d'expliciter le vocabulaire utilisable dans les requêtes des utilisateurs **[Safar, Reynaud, & Calvier, 2007].**

Afin qu'une communication efficace soit possible entre les différents systèmes d'encodage quelque soit la notice bibliographique élaborée ; notre base de connaissances doit alors, avoir accès non seulement aux termes utilisés par les catalogueurs mais aussi à la sémantique qui leurs est associée.

Dans ce cadre, les ontologies vont servir à l'interprétation de ces connaissances en spécifiant la sémantique de la représentation utilisée, afin de pouvoir les exploiter par des machines **[M.Chaour & M.Kermani, 2014].**

2.1) Historique :

À l'origine, l'ontologie est une notion philosophique, et on considérait que l'étude de l'ontologie était une partie de la métaphysique, qui s'intéresse à l'étude des propriétés de l'être, et par extension de l'existence.

John McCarthy a introduit l'ontologie en intelligence artificielle en 1980, par le principe que les concepteurs de systèmes intelligents fondés sur la logique devraient d'abord établir une base de données complète de ce qui existe, et ensuite utiliser ces données. Les ontologies sont apparues en intelligence artificielle, comme réponses aux problématiques de représentation et de manipulation des connaissances au sein des systèmes informatiques **[Hadjui, 2012].**

2.2) Notion de terme « ontologie » :

2.2.1) Définition 1 :

Le terme est construit à partir des racines grecques « onto » qui veut dire ce qui existe, l'être, l'existant, et « logos » qui veut dire l'étude, le discours, d'où sa traduction par « l'étude de l'être » et par extension de l'existence.

Dans le cadre de l'intelligence artificielle ; « une ontologie définit les termes et les relations de base de vocabulaire d'un domaine, ainsi que les règles qui indiquent comment combiner les termes et les relations de façon à pouvoir étendre le vocabulaire» **[Hadjui, 2012].**

2.2.2) Définition 2 :

Cette notion est définie comme suit : « **Une ontologie est une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée** », avec la signification des termes suivants :

Formelle : réfère au fait qu'une ontologie doit être compréhensible par la machine, c'est-a-dire que cette dernière doit être capable d'interpréter la sémantique de l'information fournie ;

Explicite : signifie que le type de concepts utilisés et les contraintes sur leur utilisation doivent être explicitement définis ;

Conceptualisation : se réfère a un modèle abstrait de certains phénomènes dans le monde qui identifie les concepts appropries de ce phénomène ;

Partagée : indique que l'ontologie supporte la connaissance consensuelle, et elle n'est pas restreinte à certains individus mais est acceptée par un groupe **[Elbyed, 2009].**

Ainsi une ontologie représente un modèle conceptuel sur lequel il est possible de développer des systèmes de connaissances qui soient partageables et réutilisables permettant ainsi, l'interopérabilité entre plusieurs sources d'information et de connaissances **[H.GHERBI, 2011].**

2.3) Rôle des ontologies dans la rédaction des notices bibliographiques :

Nées des besoins de représentation des connaissances, les ontologies sont à l'heure actuelle au cœur des travaux menés dans le Web sémantique.

Nous nous sommes fixées comme objectif de rendre une notice bibliographique rédigée dans un format quelconque, tels que l'EAD, TEI ou encor MARC, lisible par les autres formats d'encodage ou de catalogage sans perte d'informations : c'est l'interopérabilité.

Par soucis de sauvegarde et de la valorisation des documents patrimoniaux, notamment les manuscrits arabes anciens, notre ontologie va établir et regrouper le maximum de connaissances sur ces manuscrits. Grâce à l'ontologie, les catalogueurs peuvent manipuler la sémantique des notices bibliographiques, quelque soit le format d'encodage utilisé.

2.4) Les composants d'une ontologie :

Les ontologies rassemblent les connaissances propres à un domaine donné. En représentation des connaissances, l'ontologie existe sous la forme de concepts et de relations, et permet d'en fixer la sémantique selon un degré de formalisme variable. Nous détaillons ci-dessous les différents composants de l'ontologie **[M.Chaour & M.Kermani, 2014] :**

2.4.1) Concepts :

Un concept peut représenter un objet, une notion, une idée. Il peut être divisé en trois parties : un terme (ou plusieurs), une notion et un ensemble d'objets.

a) Le terme est un élément lexical qui permet d'exprimer le concept en langue naturelle, il peut admettre des synonymes.

b) La notion également appelée **intension** du concept, contient la sémantique du concept, exprimée en termes de propriétés et attributs, et de contraintes.

c) L'ensemble d'objets appelé **extension** du concept, regroupe les objets manipulés à travers le concept ; ces objets sont appelés instances du concept.

2.4.2) Relations :

Une relation permet de lier des instances de concepts, ou des concepts génériques. Elles sont caractérisées par un terme (voir plusieurs) et une signature qui précise le nombre d'instances de concepts que la relation lie, leurs types et l'ordre des concepts, elle permet de structurer la connaissance au sein de l'ontologie.

2.4.3) Fonctions :

Les fonctions constituent des cas particuliers de relations, dans laquelle un élément de la relation, le nième est défini en fonction des n-1 éléments précédents.

2.4.4) Axiomes :

Les axiomes constituent des assertions acceptées comme vraies à propos des abstractions du domaine traduit par l'ontologie. Ils interviennent dans la définition des concepts ou des relations et dans l'inférence de nouvelles informations.

2.4.5) Instances :

Les instances constituent la définition extensionnelle de l'ontologie, ces objets véhiculent les connaissances (statiques, factuelles) à propos du domaine du problème.

2.5) Les types d'ontologies :

Les ontologies peuvent être subdivisées en plusieurs types qui sont, entre autres **[Bounaceur & Kahloul, 2016]** :

2.5.1) Ontologie de représentation de connaissances :

Elle modélise les représentations primitives utilisées pour la formalisation des connaissances sous un paradigme donné, autrement-dit elle conceptualise les primitives des langages de représentation des connaissances.

2.5.2) Ontologie de haut niveau / supérieure (Top-level / Upper-model) :

Elle exprime des conceptualisations valables dans différents domaines. Elle décrit des concepts très généraux comme l'espace, le temps, la matière, les objets, les évènements, les

actions, etc. ces concepts ne dépendent pas d'un problème ou d'un domaine particulier, et doivent être, du moins en théorie, consensuels à de grandes communautés d'utilisateurs.

Ce type d'ontologies est fondé sur la théorie de la dépendance. Son sujet est l'étude des catégories des choses qui existent dans le monde. Comme les concepts de haute abstraction tels que les entités, les évènements, les états, les processus, les actions, les relations, les propriétés.

2.5.3) Ontologie Générique (Generic ontology) :

Elle est appelée également noyau ontologique, modélise des connaissances moins abstraites que celles véhiculées par l'ontologie de haut niveau mais assez générales néanmoins pour être réutilisées à travers différents domaines. Cette ontologie inclut un vocabulaire relatif aux choses, évènements, temps, espace, causalité, comportement.

2.5.4) Ontologie du domaine (Domain ontology) :

Cette ontologie exprime des conceptualisations spécifiques à un domaine. Elle fournit les concepts et les relations permettant de couvrir les vocabulaires, activités et théories de ces domaines. Elle caractérise la connaissance du domaine où la tache est réalisée.

C'est ce type qui nous sera utile pour la modélisation de notre ontologie dans le domaine du catalogage des manuscrits arabes anciens.

2.5.5) Ontologie de taches (Task Ontology) :

L'ontologie de taches fournit un vocabulaire systématisé des termes employés pour résoudre des problèmes liés aux taches qui peuvent être ou non du même domaine. Elle fournit un ensemble de termes au moyen desquelles nous pouvons décrire généralement comment résoudre un type de problèmes. Elle inclut des noms, des verbes et des adjectifs génériques dans les descriptions de taches.

2.5.6) Ontologie d'application (Application Ontology) :

C'est l'ontologie la plus spécifique, elle contient des concepts dépendants d'un domaine et d'une tache particulière, elle est spécifique et non réutilisable. Ces concepts correspondent souvent aux rôles joués par les entités du domaine lors de l'exécution d'une certaine activité.

Il s'agit donc ici de mettre en relation les concepts liés à une tache particulière de manière à en décrire l'exécution.

2.6) Les outils de construction d'ontologies :

De nombreux outils de construction d'ontologies utilisant des formalismes variés et offrant différentes fonctionnalités ont été développés citant :

2.6.1) Terminae :

Terminae, développé au LIPN[32] de l'Université Paris-Nord, permet, à travers l'outil d'ingénierie linguistique LEXTER, d'extraire d'un corpus textuel les candidats termes d'un domaine. Ces concepts doivent ensuite être triés par un expert et organisés hiérarchiquement, puis la sémantique du domaine est précisée à travers des axiomes. TERMINAE offre ainsi une aide à la conceptualisation.

2.6.2) OntoEdit :

OntoEdit (Ontology Editor) développé par la compagnie Ontoprise, est également un environnement de construction d'ontologies basé sur une méthodologie. Il permet l'édition des hiérarchies de concepts et de relations dans le cadre du paradigme des frames et l'expression d'axiomes algébriques portant sur les relations, et de propriétés telles que la généricité d'un concept. Des outils graphiques dédiés à la visualisation d'ontologies sont inclus dans l'environnement.

OntoEdit intégré, dans sa version commerciale, est un serveur destiné à l'édition d'une ontologie par plusieurs utilisateurs ainsi qu'un plug-in permettant le test de la cohérence d'une ontologie. Enfin, un plugin nommé ONTOKICK offre la possibilité de générer les spécifications de l'ontologie par l'intermédiaire de questions de compétence. OntoEdit gère de nombreux formats de représentation de connaissance dont DAML+OIL, RDFS et FLogic **[Bounaceur & Kahloul, 2016].**

2.6.3) L'Editeur d'Ontologies Protégé :

Protégé est le plus connu et le plus utilisé des éditeurs d'ontologies. Open-source, développé par l'Université de Stanford, il a évolué depuis ses premières versions (Protégé-2000), c'est un éditeur qui permet de construire une ontologie pour un domaine donné, de définir des formulaires d'entrée de données, et d'acquérir des données à l'aide de ces formulaires sous forme d'instances de cette ontologie.

Protégé est également une librairie Java qui peut être étendue pour créer de véritables applications à bases de connaissances en utilisant un moteur d'inférence pour raisonner et déduire de nouveaux faits par application de règles d'inférence aux instances de l'ontologie et à l'ontologie elle-même (méta-raisonnement)**.**

[32] Laboratoire d'Informatique de Paris Nord.

Protégé possède une interface graphique qui offre un ensemble de fonctionnalités qui permet d'éditer les ontologies. Des extensions permettent de sauvegarder les ontologies créées sous le format OWL-DL, RDF et RDFS **[Bounaceur & Kahloul, 2016].**

2.7) Langages de construction d'ontologies :

Les langages de construction d'ontologie ont étés considérablement améliorés depuis la création du premier environnement ; parmi lesquels nous citons **[GHORBEL, BAHRI, & BOUAZIZ, 2008] :**

2.7.1) Le langage Ressource Description Framework (RDF) et RDF Schéma :

a) RDF :

Ressource Description Framework (RDF) est le langage de base du Web sémantique, publié par le consortium W3C[33] le 10 février 2004. C'est un modèle de graphe destiné à décrire de façon formelle les ressources Web et leurs métadonnées, de façon à permettre le traitement automatique des telles descriptions. RDF a pour rôle de relier chaque concept de base à d'autres définitions, afin de lui donner un sens. Les documents RDF peuvent être écrits en différentes syntaxes, y compris en XML. Il est simplement une structure de données constituée de nœuds et organisée en graphe. Bien que RDF/XML (la version XML proposée par W3C) ne soit qu'une sérialisation du modèle, elle est souvent appelée RDF.

Un document structuré en RDF est un ensemble de triplets. Un triplet RDF est une association <Sujet, objet, prédicat> où :

- **Le sujet** représente la ressource à décrire.
- **L'objet** représente une donnée ou une autre ressource.
- **Le prédicat** représente un type de propriété applicable à cette ressource.

b) RDF Schéma :

RDF Schéma est un langage permettant de définir des propriétés sémantiques pour les ressources par un schéma. Dans un schéma, on peut définir de nouvelles ressources comme des spécialisations d'autres ressources. Les schémas contraignent aussi le contexte d'utilisation des ressources. Avec RDFS, de nouvelles notions sémantiques apparaissent. La principale est la distinction entre une classe (concept d'une ontologie) et une instance (individu d'une ontologie).

[33] World Wide Web Consortium.

2.7.1) Le langage Ontology Web Language (OWL) :

Ontology Web Language (OWL) fournit des mécanismes pour créer tous les composants d'une ontologie : classes, instances, propriétés et axiomes. OWL repose également sur la syntaxe des triplets RDF et réutilise certaines des constructions RDFS.

En OWL, nous distinguons :

- **les propriétés d'objet (Object Property) :** les relations, qui relient des instances de classes à d'autres instances de classes. C'est l'équivalent des triplets RDF dont l'objet est une ressource.
- **Les propriétés type de données (data type property) :** les attributs, qui relient des instances de classes à des valeurs de types de données (nombres, chaînes de caractères,…). C'est l'équivalent des triplets RDF dont l'objet est une valeur littérale.
- **Les axiomes :** fournissent de l'information au sujet des classes et des propriétés, spécifiant par exemple l'équivalence entre deux classes. Donc OWL permet de définir des ontologies comme un jeu de définition de classes, de propriétés et de contraintes.

Toute classe définie dans une ontologie OWL est une sous-classe d'owl : **Thing.**

Conclusion

Dans ce chapitre, le dernier de la première partie de notre travail de recherche, nous avons présenté une taxonomie des différentes méthodes d'interopérabilité dont le but est d'effectuer un accès transparent aux différents formats d'encodage.

À cet effet, nous avons constaté que ces techniques d'interopérabilité ne répondent pas aux exigences des catalogages des manuscrits arabes et ne facilite pas la représentation sémantique des différents encodages. Raisons pour lesquelles, nous avons proposé l'ontologie, comme solution pour les problèmes d'interopérabilité des formats d'encodage.

Par ailleurs, nous avons expliqué le rôle de l'ontologie dans la rédaction des notices bibliographiques et présenté les principales notions portant sur les composants, les types et les outils de construction de cette ontologie.

.

Partie 2 : Conception et Implémentation

Chapitre 5 : Conception

Chapitre 5 : Conception

Introduction :

Rappelons que notre principal objectif est la mise en place d'un modèle de catalogage universel, englobant toutes les connaissances du domaine de catalogage des manuscrits arabes anciens. Pour ce faire, la logique de conception repose sur l'acquisition de toutes les métadonnées descriptives proposées par l'ensemble des écoles de catalogage des manuscrits arabes anciens.

Notre raisonnement ne s'arrête pas au seul aspect d'énumération des métadonnées, mais un intérêt particulier sera porté au rôle joué par chaque métadonnée dans le processus de catalogage, ce qui permettra implicitement, de déterminer les liens existant entre ces diverses métadonnées.

Par conséquent, dans ce chapitre nous allons décrire les différentes étapes effectuées pour l'acquisition des connaissances, la détermination de leurs liens sémantiques, leur représentation graphique sous forme de réseau sémantique pour enfin modéliser l'ontologie s'y rapportant au catalogage des manuscrits arabes anciens.

1) L'ontologie comme solution d'une plateforme interopérable :

L'approche de notre démarche est l'assemblage de l'ensemble des connaissances relatives au domaine du catalogage des manuscrits arabes anciens, dans une même et unique plateforme. Cette dernière sera constituée d'un ensemble de métadonnées sémantiquement reliées entre elles. Les liens peuvent être d'ordre fonctionnel, technique ou organisationnel.

L'architecture globale du système apparait sous une structure d'un réseau sémantique. De ce fait, la conception d'une ontologie de catalogage des manuscrits arabes anciens semble être la solution la plus appropriée qui répond à la structure de notre plateforme de catalogage.

De plus, au vu de la panoplie de formats d'encodage des catalogues de manuscrits arabes anciens, l'ontologie constitue un moyen efficace d'interchangeabilité de notices bibliographiques entre les institutions de catalogage. En effet, l'ontologie servira de médiateur aux diverses institutions d'accéder aux ressources des autres sans se soucier du format d'encodage ; d'où l'option d'interopérabilité entre les différents formats d'encodage.

2) Démarche de construction de l'ontologie :

Pour construire l'ontologie de domaine qui se rapporte au catalogage des manuscrits arabes anciens, nous avons considéré dans un premier temps le protocole de catalogage des manuscrits arabes anciens. A travers ce dernier, nous avons identifié deux niveaux de connaissances pouvant caractériser les manuscrits. Le premier, correspond aux connaissances descriptives (codicologie et paléographie) qui se rapportent à l'exploitation des manuscrits indépendamment de leur contenu. Le deuxième est relatif aux connaissances issues du contenu des manuscrits (aspects textuel et histoire du manuscrit).

En termes de méthodologie, nous nous sommes inspirées du modèle des dépendances fonctionnelles, dont la liaison se fait, généralement, par un lien de détermination unique, mettant en évidence un lien sémantique entre les deux entités reliées. Par conséquent, afin d'éviter toute confusion conceptuel, au lieu d'invoquer les dépendances fonctionnelles, nous parlerons des liens sémantiques qui définissent les liens, selon un sens, entre les différentes connaissances du domaine de connaissances.

Dans ce qui va suivre, nous allons énumérer l'ensemble des étapes sur lesquelles nous nous sommes appuyées pour concevoir et décrire l'ontologie de catalogage des manuscrits arabes anciens :

2.1) Base de connaissances :

La base de connaissances constitue une représentation abstraite des éléments du domaine de catalogage des manuscrits arabes anciens. Les concepts, que nous avons appelé aussi connaissances descriptives, sont des connaissances se rapportant au catalogage des manuscrits arabes anciens, les axiomes quant à eux, ils régissent le mode d'exploitation de ces connaissances. Ces dernières ont été structurées en quatre volets : Codicologique, Paléographique, Contenu et Histoire.

2.1.1) Les différents concepts de la base de connaissance :

Pour la description de la base de connaissances, nous avons commencé par répertorier l'ensemble des concepts qui constituent les objets du domaine de catalogage des manuscrits arabes anciens, que nous énumérons ci-dessous.

a) Codicologie :

Le tableau (**Tableau 9**), répertorie Les différents concepts de la codicologie.

N° Ordre	Concept	N° Ordre	Concept
01	Volume	46	Qualité_Copie
02	Cote	47	Papyrus
03	Cote_Antérieures	48	Parchemin
04	Auteur	49	Papier
05	Titre_Manuscrit	50	Reliure
06	Nombre_De_Volume	51	Matière
07	Dimension	52	Dimension_Des_Pages
08	Etat_Du_Manuscrit	53	Nbr_Total_Folios
09	Type_De_Support	54	Nom_Ville
10	Date_Naissance	55	Dépôt
11	Date_Décès	56	N°_Ordre
12	Kuniyah	57	Libelle_général
13	Ism	58	Numérotation
14	Laqab	59	Foliotage
15	Nisba	60	Type-Pagination
16	Al-khitab	61	Emplacement_Foliotage
17	Type-Datation	62	Marge_Supérieure
18	Hégirien	63	Marge_Inférieure
19	Grégorien	64	Epaisseur_Volumes_Férmés
20	Etat_De_Conservation	65	Texte_Filigrané
21	Ais	66	Échelle
22	Couvrure	67	Estompage
23	Datation_Siècle_Reliure	68	Disposition_Texte
24	Originale	69	Pliage
25	Reliures_Emboîtage	70	Origine_Du_Papier
26	Reliures_Sans_Emboîtage	71	Format_Feuille
27	Reliures_à_Rabat	72	Nature_Des_Cahiers
28	Matière_Couvrure	73	Collation_Des_Cahiers
29	Couleur	74	N°_Cahier
30	Cuire	75	Anomalie_De_Composition
31	Étoffe	76	Marque_De_Milieu-Cahier
32	Papier_Marbré	77	Réclame
33	Cahier	78	Nombre_Feuillets
34	Préparation_Page_Avant_Ecriture	79	Nombre_De_Cahiers
35	Type_Papier	80	Localisation_Milieu_De_Cahier
N° Ordre	Concept	N° Ordre	Concept

36	Somme_Des_Folios	**81**	Surface_Ecrite
37	Feuillets_Manquants	**82**	Nombre_Lignes_Page
38	Feuillets_Ajoutés	**83**	Instrument_Réglure
39	Ordre_De_Lecture	**84**	Description_Des_Piqûres
40	Foliotage	**85**	Palimpseste
41	Réclame_Présente	**86**	Disposition
42	Lieu_Reclame	**87**	Papier_Filigrané
43	Datation_Papier	**88**	Papier_Non_Filigrané
44	Orientation_Des_Vergeurs	**89**	Image
45	Mesure_En_Vergeurs		

Tableau 9: Les différents concepts de la codicologie

b) La paléographie :

Les concepts relatifs à la paléographie sont cités dans le tableau qui suit (**Tableau 10**) :

N° Ordre	Concept	N° Ordre	Concept
01	Style_Calligraphique	**15**	Organisation_Copie_Manuscrit
02	Degrés_Cursivité	**16**	Enluminure_Reliure
03	Couleur_Ancre	**17**	Doublure
04	Taille_lettre	**18**	Pleine_Page
05	Particularité_écriture	**19**	Section
06	Proportion_Lettres	**20**	Type_Enluminure
07	Les_Ligatures	**21**	Décor_Ponctuation
08	Inclinaison_lettre	**22**	Décor_Marge
09	Description_Des_Usages	**23**	Décor_Fond_Page
10	Signes_Vocalisation_SUKŔUN	**24**	Articulation_Du_Texte
11	Ponctuation	**25**	Correction_Copiste
12	La_Hamza	**26**	Enluminure_Colophon
13	Usage_ṠADDA	**27**	Enlumineur
14	Ẏa_Final	**28**	Lieu_Enluminure

Tableau 10: Les différents concepts de la Paléographie

c) Le contenu :

Les concepts liés à la description du contenu du manuscrit sont listés le tableau suivant (**Tableau 11**) :

N° Ordre	Concept	N °Ordre	Concept
01	Numérotation_Du_Texte	18	Raturage
02	Intitulé	19	Grattage
03	Titre_Normalisé	20	Omissions
04	Titre_Alternatif	21	Rectifications
05	Anépigraphe	22	Collation
06	Pseudépigraphe	23	Additions marginales
07	Localisation_Titre	24	Notes
08	Page_De_Titre	25	Note_De_Lecture
09	Frontispice	26	Glose
10	Matière_Scientifique	27	Certificat_De_Transmission
11	Résumé	28	Attestation_De_Lecture
12	Contenu_Du_Texte	29	Attestation_De_Collation
13	Sommaire_Du_Texte	30	Certificat_Audition
14	Entêtes_Des_Chapitres	31	Notes Diverses
15	Copie	32	Waqf
16	Invocation	33	Table_De_Matière
17	Prix_De_Vente	34	Vers

Tableau 11: Les différents concepts du contenu du manuscrit

d) L'histoire :

Le tableau (**Tableau 12**) liste l'ensemble des concepts liés à l'histoire des manuscrits arabes.

N° Ordre	Concept	N° Ordre	Concept
01	Date_Elaboration	06	Incipit
02	Commanditaire_Manuscrit	07	Basmala
03	Cachet	08	Hamdala
04	Colophon	09	Entrée_En_Matière
05	Lieux_Colophon	10	Explicit

Tableau 12: Les différents concepts de l'histoire du manuscrit

2.1.2) Les axiomes :

Les axiomes régissent les liens fonctionnels entre les métadonnées du protocole de catalogage des manuscrits arabes anciens. Ce sont un ensemble de règles définissant les relations entre les métadonnées. Les axiomes permettront de schématiser les inférences entre les métadonnées, principalement extraites des techniques de catalogage de manuscrits.

A cet effet, nous avons recensé 56 axiomes, que nous exposons dans ce qui suivra, selon les différents niveaux de métadonnées.

a) Axiomes relatifs à l'aspect codicologique :

Les axiomes définis dans cette partie (**Tableau 13**) font appel aux différents concepts exposés dans la codicologie.

N° Ordre	Axiome
01	Un Manuscrit est décrit par un ensemble de concepts tels que : La Cote, L'Auteur, le Titre du Manuscrit, le Nombre de Volumes, la Dimension, l'état du manuscrit, le Type de support, le volume, le Papier, le cahier, la Préparation de la Page avant l'écriture.
02	La Cote identifie d'une manière unique le concept Manuscrit. Elle est définie par la concaténation de trois concepts : Le Nom de la Ville, le dépôt et le N°_d'ordre. Le concept Cotes antérieures utilisé pour le même manuscrit permet de suivre l'histoire du manuscrit.
03	Le concept Manuscrit est composé d'au moins, un concept Copiste, un concept Copie, un concept Volume, un concept Commanditaire et un concept Enlumineur.
04	Le concept Manuscrit peut ne pas avoir de concept Auteur, comme il peut en avoir plusieurs
05	Le concept Manuscrit peut ne pas avoir de concept Titre du Manuscrit, comme il peut en avoir plusieurs.
06	Les concepts Ism, Laqab, Kunyah, Nisba et Alkhitab décrivent le concept Auteur.
07	Les concepts Hégirien et Grégorien décrivent les concepts date de naissance et date de décès.
08	Les concepts Date de Naissance et Date de Décès sont liés aux concepts Auteur, Copiste et Commanditaire du manuscrit.
09	Le concept Titre du Manuscrit est associé au concept Auteur.
10	Les concepts Nombre de Volumes et dimension font Partie du concept Manuscrit.
11	Le concept état du Manuscrit décrit l'état du concept Manuscrit
12	Le concept état de conservation fait partie du concept état du Manuscrit
13	Le concept Qualité de la Copie qualifie le concept état du Manuscrit
14	Le concept Type_Support renseigne sur le support utilisé pour l'élaboration du concept Manuscrit, il peut être définit par les concepts papyrus, parchemin ou papier.
15	Les concepts Libellé général, numérotation et reliure décrivent d'une manière précise le concept volume.
16	Le concept Libellé général est déterminé par les concepts matière, Dimension des pages et le Nombre total des folios.
17	Le concept Numérotation décrit les concepts pagination ou foliotage. Ce denier définit les concepts Forme et Réclame.

N° Ordre	Axiome
18	Le concept Type de Pagination décrit le concept Pagination
19	Le concept emplacement de foliotage est en liaison avec le concept Foliotage, il est composé du concept marge supérieure et du concept marge inferieure.
20	Le concept type de reliure est représenté dans le concept Reliure qui peut être original ou pas. Le concept type reliure peut être trouvé sous trois aspects : Reliure avec emboîtage, Reliure sans emboîtage et Reliures à Rabat.
21	Les concepts dimension des plats, épaisseur des volumes fermés, Ais, datation siècle de Reliure, état de conservation du concept Manuscrit et le concept couvrure composent le concept Reliure.
22	Le concept Ais est décrit par le concept Bois ou le concept Carton.
23	le concept Couvrure définit les concepts couleur et matière de la Couvrure. Cette dernière est composée des concepts Cuir, Étoffe et Papier marbré.
24	Le concept Papier, qui est daté par le concept datation du papier, est caractérisé par les concepts type de papier, Mesure en vergeures et Disposition. Il catégorise aussi les deux concepts Type du support et celui de Matière.
25	Le concept type de papier peut être caractérisé par le concept Papier non filigrané ou le concept papier filigrané. Ce dernier peut être représenté soit par le concept image ou soit par le concept texte filigrané.
26	Les concepts Échelle et Estompage sont attribués au concept Image.
27	Le concept texte filigrané est caractérisé par les concepts disposition du texte, Échelle et couleur
28	Les concepts pliage, Origine du papier et Format de Feuilles définies le concept orientation des vergeurs.
29	Le concept cahier, qui est identifié par le concept N° Cahier, est composé des concepts Nature Des Cahiers, Collation Des Cahiers, Nombre de Feuillets, Nombre De Cahiers, Somme Des Folios et Anomalie De Composition. Ce dernier peut être le concept Feuillets Manquants, le concept Feuillets Ajoutés ou le concept Anomalie De Composition.
30	Le concept cahier qui peut ne pas avoir de concept Réclame est, aussi, identifié par le concept Marque De Milieu du Cahier. Celui-ci est déterminé par les concepts Localisation Marque De Milieu et Forme. Par ailleurs, le concept Réclame est défini par le concept Réclame Présente
31	le concept Lieu de la Réclame se trouve dans le concept Réclame Présente.
32	Les concepts Surface écrite, Nombre de Lignes de Page, Instrument de Réglure, Description Des Piqûres et Palimpseste sont indiqués dans le concept Préparation de Page Avant l'écriture.

Tableau 13 : Les axiomes relatifs à la codicologie

b) Axiomes relatifs à l'aspect paléographique :

Le tableau ci-dessous (**Tableau 14**), décrit les axiomes relatifs à la paléographie.

N° Ordre	Axiome
01	Les concepts Style de la Calligraphie, Description des usages, Organisation de la Copie, Mouvement de la Copie et Correction du Copiste, Enlumineur, Lieu d'Enluminure et Type d'Enluminure sont liés au concept Manuscrit.
02	Nous trouvons dans le concept Style de la Calligraphie, la description des concepts Couleur d'encre, Taille des lettres, Particularité des écritures, Proportion des lettres, les ligatures et inclinaisons des lettres.
03	Les concepts Signes vocalisation et SUḰḰUN, ponctuation, la Hamza, l'usage de ṠADDA et le Ẏa_Final décrivent le concept Description des usages.
04	Le concept Organisation de la copie définit les concepts d'articulation du texte, d'hiérarchie des Subdivisions et de description des chapitres.
05	Dans le concept mouvement Copie, nous décrivons le concept copiste qui décrit le concept copie et effectue des rectifications sur le concept correction du copiste. Ce dernier concept effectue aussi des rectifications sur le concept Copie.
06	Les concepts Ism, Laqab, Kunyah, Nisba et Alkhitab sont liés aux concepts Copiste et Enlumineur.
07	Le concept lieu Enluminure est définit par les concepts Pleine page, Section, Enluminure de la reliure, Enluminure du Colophon et Doublure.
08	Le concept Enluminure Colophon est relié au concept Colophon.
09	Le concept enluminure de la reliure est Relié au concept Reliure.
10	Le concept type d'Enluminure est décoré par les Décor de Ponctuation, Décor de Marge et Décor de Fond de Page.

Tableau 14 : Les axiomes relatifs à la paléographie

c) Axiomes relatifs au contenu :

Le tableau ci-dessous (**Tableau 15**), décrit les axiomes relatifs au contenu du manuscrit.

N° Ordre	Axiome
01	Les concepts numérotation du texte et contenu du texte, matière scientifique, l'intitulé, la localisation du titre, le résumé, la copie et les notes définissent le concept manuscrit.
02	le titre du manuscrit peut être décrit par un titre normalisé ou un titre alternatif, sachant que ces derniers décrivent le concept intitulé du manuscrit.
03	le concept manuscrit peut être soit le concept Anépigraphe ou Pseudépigraphe qui combine, avec le concept d'auteur, le concept intitulé du manuscrit .

N° Ordre	Axiome
04	Le concept localisation du titre du manuscrit qui renseigne sur la position du titre dans le manuscrit, peut être trouvé dans les concepts page de titre, Incipit, Frontispice ou le colophon
05	Les différents domaines des manuscrits sont renseignés par le concept matière scientifique.
06	Le concept Inédit qui nous informe sur le concept Contenu du texte est défini par les concepts, sommaire du texte et les entêtes des chapitres.
07	Les concepts raturage, grattage, omissions, rectification, collation et Additions marginales définissent les modifications effectuées sur le concept Copie d'un manuscrit. Lui même détermine le concept Contenu de texte.
08	Le concept Note de manuscrit est renseigné par les concepts notes diverses et Note de lecture. Ce dernier est définit par le concept Glose, le concept attestation de collation, le concept attestation de lecture, le concept certificat d'audition et le concept certificat de transmission.
09	Nous entendons par le concept Notes Diverses tout ce qui est concept Waqf, table de matière, vers, invocation et prix de vente.

Tableau 15 : Les axiomes relatifs au contenu du manuscrit arabe

d) Axiomes relatifs à l'histoire du manuscrit :

Le tableau (**Tableau 16**), énumère les axiomes relatifs à l'histoire du manuscrit.

N° Ordre	Axiome
01	Les concepts commanditaire du manuscrit, date d'élaboration, le colophon, le cachet, l'incipit et celui de l'explicit déterminent le concept manuscrit.
02	Les concepts Ism, Laqab, Kunyah, Nisba et Alkhitab renseignent le concept commanditaire du manuscrit.
03	les concepts, titre du manuscrit et sa date d'élaboration, copiste, auteur, et le lieu du colophon Identifient le concept colophon.
04	Le concept Cachet nous informe sur le concept Commanditaire du manuscrit et celui du copiste.
05	Le concept incipit contient les concepts de basmala de hamadala et celui de l'entrée en matière (Amma Baâd).

Tableau 16 : Les axiomes relatifs à l'histoire du manuscrit arabe

2.2) Les liens sémantiques :

Les liens sémantiques, inspirés du modèle de dépendances fonctionnelles, mettent en évidence les liens de signification entre les différents concepts des manuscrits arabes anciens.

Dans le modèle de catalogage classique, basé sur les dépendances fonctionnelles, tout les éléments d'une classe dépendent d'une manière univoque de l'identifiant. De plus, chaque élément devrait être atomique, ce qui réduit considérablement le champ sémantique des éléments d'une classe. En faisant appel au concept de lien sémantique, nous reprenons, certes, le concept de liaison directe entre les concepts, mais l'intérêt est beaucoup plus porté sur la dimension sémantique, qui englobe l'aspect fonctionnel, technique et organisationnel des concepts. De ce fait, toute relation est matérialisée par une raison d'être, plutôt que par un besoin d'existence. Cette démarche permet d'aboutir à la mise en place d'un réseau de liens entre les concepts (les métadonnées). Il s'agit d'un réseau sémantique basé sur des liens sémantiques entre métadonnées.

Pour extraire tous liens du réseau sémantique, nous nous somme référées aux différents axiomes de la base de connaissances.

2.2.1) Les liens sémantiques de la codicologie :

Le tableau ci-dessous (**Tableau 17**), décrit l'ensemble des liens sémantiques relatifs à l'aspect codicologique des manuscrits arabes.

N° Ordre	Lien sémantique
01	Volume ➔ Manuscrit
02	Cote ➔ Manuscrit
03	Cote_Antérieures ➔Manuscrit
04	Copiste ➔Manuscrit
05	Auteur ➔Manuscrit
06	Titre_Manuscrit ➔ Manuscrit
07	Titre_Normalisé ➔Titre_Manuscrit
08	Titre_Alternatif ➔ Titre_Manuscrit
09	Titre_Normalisé ➔Manuscrit
10	Titre_Alternatif ➔Manuscrit
11	Nbr_De_Volume ➔ Manuscrit
12	Dimension ➔ Manuscrit
13	Enlumineur ➔ Manuscrit
14	Etat_Du_Manuscri ➔Manuscrit

N° Ordre	Lien sémantique
15	Type_De_Support ➔ Manuscrit
16	Titre_Manuscrit ➔ Auteur
17	Date_Naissance ➔ Auteur
18	Date_Naissance ➔Manuscrit
19	Date_Décès ➔ Auteur
20	Date_Décès ➔ Manuscrit
21	Kuniyah ➔ Auteur
22	Isme ➔ Auteur
23	Laqab ➔ Auteur
24	Nisba ➔ Auteur
25	Al-khitab ➔ Auteur
26	Kuniyah ➔ Manuscrit
27	Isme ➔ Manuscrit
28	Laqab ➔ Manuscrit
29	Nisba ➔ Manuscrit
30	Al-khitab ➔ Manuscrit
31	Type-Datation ➔ Date-Naissance
32	Type-Datation ➔ Date-Décès
33	Type-Datation ➔ Manuscrit
34	Type-Datation ➔ Auteur
35	Hégirien ➔ Type-Datation
36	Grégorien ➔ Type-Datation
37	Hégirien ➔ Manuscrit
38	Grégorien ➔ Manuscrit
39	Hégirien ➔ Auteur
40	Grégorien ➔ Auteur
41	Etat_De_Conservation ➔ Etat_Du_Manuscrit
42	Qualité_Copie ➔ Etat_Du_Manuscrit
43	Papyrus ➔ Type_De_Support
44	Parchemin ➔ Type_De_Support
45	Papier ➔ Type_De_Support
46	Etat_De_Conservation ➔ Manuscrit
47	Qualité_Copie ➔ Manuscrit
48	Papyrus ➔ Manuscrit
49	Parchemin ➔ Manuscrit

N° Ordre	Lien sémantique
50	Papier ➔ Manuscrit
51	Reliure ➔ Volume
52	Reliure ➔ Manuscrit
53	Matière ➔ Libellé_générale
54	Matière ➔ Volume
55	Matière ➔ Manuscrit
56	Dimension_Des_Pages ➔ Libellé_générale
57	Dimension_Des_Pages ➔ Volume
58	Dimension_Des_Pages ➔ Manuscrit
59	Nbr_Total_Folios ➔ Libellé_générale
60	Nbr_Total_Folios ➔ Volume
61	Nbr_Total_Folios ➔ Manuscrit
62	Nom_Ville ➔ Cote
63	Nom_Ville ➔ Manuscrit
64	Dépôt ➔ Cote
65	Dépôt ➔ Manuscrit
66	N°_Ordre ➔ Cote
67	N°_Ordre ➔ Manuscrit
68	Libelle_général ➔ Volume
69	Libelle_général ➔ Manuscrit
70	Matière ➔ Libelle_général
71	Matière ➔ Volume
72	Matière ➔ Volume
73	Dimension_Des_Pages ➔ Libelle_général
74	Dimension_Des_Pages ➔ Volume
75	Dimension_Des_Pages ➔ Manuscrit
76	Nbr_Total_Folios ➔ Libelle_général
77	Nbr_Total_Folios ➔ Volume
78	Nbr_Total_Folios ➔ Manuscrit
79	Papyrus ➔ Matière
80	Papyrus ➔ Volume
81	Parchemin ➔ Matière
82	Parchemin ➔ Volume
83	Papier ➔ Matière
84	Papier ➔ Volume

N° Ordre	Lien sémantique
85	Numérotation ➔ Volume
86	Numérotation ➔ Manuscrit
87	Pagination ➔ numérotation
88	Foliotage ➔ numérotation
89	Foliotage ➔ Forme
90	Foliotage ➔ Réclame
91	Foliotage ➔ Marque_De_Milieu_Cahier
92	Foliotage ➔ Localisation_Marque_De_Milieu
93	Type-Pagination ➔ Pagination
94	Type-Pagination ➔ numérotation
95	Type-Pagination ➔ Volume
96	Emplacement_Foliotage ➔ Foliotage
97	Emplacement_Foliotage ➔ numérotation
98	Emplacement_Foliotage ➔ Volume
99	Emplacement_Foliotage ➔ Manuscrit
100	Emplacement_Foliotage ➔ Marque_De_Milieu_Cahier
101	Emplacement_Foliotage ➔ Localisation_Marque_De_Milieu
102	Emplacement_Foliotage ➔ Forme
103	Emplacement_Foliotage ➔ Réclame
104	Marge_Supérieure ➔ Emplacement_Foliotage
105	Marge_Supérieure ➔ Foliotage
106	Marge_Supérieure ➔ Numérotation
107	Marge_Supérieure ➔ Forme
108	Marge_Supérieure ➔ Réclame
109	Marge_Supérieure ➔ Marque_De_Milieu_Cahier
110	Marge_Supérieure ➔ Localisation_Marque_De_Milieu
111	Marge_Inférieure ➔ Emplacement_Foliotage
112	Marge_Inférieure ➔ Foliotage
113	Marge_Inférieure ➔ Forme
114	Marge_Inférieure ➔ Numérotation
115	Marge_Inférieure ➔ Réclame
116	Marge_Inférieure ➔ Marque_De_Milieu_Cahier
117	Marge_Inférieure ➔ Localisation_Marque_De_Milieu
118	Reliure ➔ Manuscrit
119	Epaisseur_Des_Volumes_Fermés ➔ Reliure

N° Ordre	Lien sémantique
120	Epaisseur_Des_Volumes_Fermés ➔ Volume
121	Epaisseur_Des_Volumes_Fermés ➔ Manuscrit
122	Ais ➔ Reliure
123	Ais ➔ Manuscrit
124	Ais ➔ Volume
125	Couvrure ➔ Reliure
126	Couvrure ➔ Manuscrit
127	Couvrure ➔ Volume
128	Etat_De_Conservation ➔ Reliure
129	Etat_De_Conservation ➔ Manuscrit
130	Etat_De_Conservation ➔ Volume
131	Datation_Siècle_Reliure ➔ Reliure
132	Datation_Siècle_Reliure ➔ Manuscrit
133	Datation_Siècle_Reliure ➔ Volume
134	Originale ➔ Reliure
135	Originale ➔ Manuscrit
136	Originale ➔ Volume
137	Enluminure_Reliure ➔ Reliure
138	Enluminure_Reliure ➔ Manuscrit
139	Enluminure_Reliure ➔ Volume
140	Reliures_Emboîtage ➔ Type_Reliure
141	Reliures_Emboîtage ➔ Reliure
142	Reliures_Emboîtage ➔ Manuscrit
143	Reliures_Emboîtage ➔ Volume
144	Reliures_Sans_Emboîtage ➔ Type_Reliure
145	Reliures_Sans_Emboîtage ➔ Reliure
146	Reliures_Sans_Emboîtage ➔ Manuscrit
147	Reliures_Sans_Emboîtage ➔ Volume
148	Reliures_à_Rabat ➔ Type_Reliure
149	Reliures_ à_Rabat ➔ Reliure
150	Reliures_ à_Rabat - ➔ Manuscrit
151	Reliures_ à_Rabat ➔ Volume
152	Matière_Couvrure ➔ Couvrure
153	Matière_Couvrure ➔ Reliure
154	Matière_Couvrure ➔ Manuscrit

N° Ordre	Lien sémantique
155	Matière_Couvrure ➔ Volume
156	Couleur ➔ Couvrure
157	Couleur ➔ Reliure
158	Couleur ➔ Manuscrit
159	Couleur ➔ Volume
160	Cuire ➔ Matière-Couvrure
161	Cuire ➔ Couvrure
162	Cuire ➔ Reliure
163	Cuire ➔ Manuscrit
164	Cuire ➔ Volume
165	Étoffe ➔ Matiére_Couvrure
166	Étoffe ➔ Couvrure
167	Étoffe ➔ Reliure
168	Étoffe ➔ Manuscrit
169	Étoffe ➔ Volume
170	Papier_Marbré ➔ Matiére_Couvrure
171	Papier_Marbré ➔ Couvrure
172	Papier_Marbré ➔ Reliure
173	Papier_Marbré ➔ Manuscrit
174	Papier_Marbré ➔ Volume
175	Cahier ➔ Manuscrit
176	Préparation_Page_Avant_Ecriture ➔ Manuscrit
177	Type_Papier ➔ Papier
178	Type_Papier ➔ Manuscrit
179	Datation_Papier ➔ Papier
180	Datation_Papier ➔ Manuscrit
181	Mesure_En_Vergeur ➔ Papier
182	Mesure_En_Vergeur ➔ Manuscrit
183	Orientation_Des_Vergeurs ➔ Papier
184	Orientation_Des_Vergeurs ➔ Manuscrit
185	Disposition ➔ Papier
186	Disposition ➔ Manuscrit
187	Papier_Filigrané ➔ Type_Papier
188	Papier_Filigrané ➔ Papier
189	Papier_Filigrané ➔ Manuscrit

N° Ordre	Lien sémantique
190	Papier_Non_Filigrané ➔ Type_Papier
191	Papier_Non_Filigrané ➔ Papier
192	Papier_Non_Filigrané ➔ Manuscrit
193	Image ➔ Papier_Filigrané
194	Image ➔ Type_Papier
195	Image ➔ Papier
196	Image ➔ Manuscrit
197	Texte_Filigrané ➔ Papier_Filigrané
198	Texte_Filigrané ➔ Type_Papier
199	Texte_Filigrané ➔ Papier
200	Texte_Filigrané ➔ Manuscrit
201	Échelle ➔ Image
202	Échelle ➔ Papier_Filigrané
203	Échelle ➔ Type_Papier
204	Échelle ➔ Papier
205	Échelle ➔ Manuscrit
206	Estompage ➔ Image
207	Estompage ➔ Papier_Filigrané
208	Estompage ➔ Type_Papier
209	Estompage ➔ Papier
210	Estompage ➔ Manuscrit
211	Disposition_Texte ➔ Texte_Filigrané
212	Disposition_Texte ➔ Papier_Filigrané
213	Disposition_Texte ➔ Type_Papier
214	Disposition_Texte ➔ Papier
215	Disposition_Texte ➔ Manuscrit
216	Échelle ➔ Texte_Filigrané
217	Couleur ➔ Texte_Filigrané
218	Couleur ➔ Papier_Filigrané
219	Couleur ➔ Type_Papier
220	Couleur ➔ Papier
221	Couleur ➔ Manuscrit
222	Pliage ➔ Orientation_Des_Vergeurs
223	Pliage ➔ Papier
224	Pliage ➔ Manuscrit

N° Ordre	Lien sémantique
225	Origine_Du_Papier ➔ Orientation_Des_Vergeurs
226	Origine_Du_Papier ➔ Papier
227	Origine_Du_Papier ➔ Manuscrit
228	Format_Feuille ➔ Orientation_Des_Vergeurs
229	Format_Feuille ➔ Papier
230	Format_Feuille ➔ Manuscrit
231	Nature_Des_Cahiers ➔ Cahier
232	Nature_Des_Cahiers ➔ Manuscrit
233	Collation_Des_Cahiers ➔ Cahier
234	Collation_Des_Cahiers ➔ Manuscrit
235	N°_Cahier ➔ Cahier
236	N°_Cahier ➔ Manuscrit
237	Anomalie_De_Composition ➔ Cahier
238	Anomalie_De_Composition ➔ Manuscrit
239	Marque_De_Milieu-cahier ➔ Cahier
240	Marque_De_Milieu-cahier ➔ Manuscrit
241	Réclame ➔ Cahier
242	Réclame ➔ Manuscrit
243	Nbr_Feuillets ➔ Collation_Des_Cahiers
244	Nbr_Feuillets ➔ Cahier
245	Nbr_Feuillets ➔ Manuscrit
246	Nbr_De_Cahiers ➔ Collation_Des_Cahiers
247	Nbr_De_Cahiers ➔ Cahier
248	Nbr_De_Cahiers ➔ Manuscrit
249	Somme_Des_Folios ➔ Collation_Des_Cahiers
250	Somme_Des_Folios ➔ Cahier
251	Somme_Des_Folios ➔ Manuscrit
252	Feuillets_Manquants ➔ Anomalie_De_Composition
253	Feuillets_Manquants ➔ Cahier
254	Feuillets_Manquants ➔ Manuscrit
255	Feuillets_Ajoutés ➔ Anomalie_De_Composition
256	Feuillets_Ajoutés ➔ Cahier
257	Feuillets_Ajoutés ➔ Manuscrit
258	Ordre_De_Lecture ➔ Anomalie_De_Composition
259	Ordre_De_Lecture ➔ Cahier

N° Ordre	Lien sémantique
260	Ordre_De_Lecture ➔ Manuscrit
261	Foliotage ➔ Localisation_Marque-De-Milieu
262	Foliotage ➔ Marque_De_Milieu_Cahier
263	Foliotage ➔ Cahier
264	Foliotage ➔ Manuscrit
265	Réclame_Présente ➔ Réclame
266	Réclame_Présente ➔ Cahier
267	Réclame_Présente ➔ Manuscrit
268	Lieu_Reclame ➔ Réclame_Présente
269	Lieu_Reclame ➔ Réclame
270	Lieu_Reclame ➔ Cahier
271	Lieu_Reclame ➔ Manuscrit
272	lieu_De_Cahier ➔ Lieu_Réclame
273	Surface_Ecrite ➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture
274	Surface_Ecrite ➔ Manuscrit
275	Nbr_Lignes_Page ➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture
276	Nbr_Lignes_Page ➔ Manuscrit
277	Instrument_Réglure ➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture
278	Instrument_Réglure ➔ Manuscrit
279	Description_Des_Piqûres ➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture
280	Description_Des_Piqûres ➔ Manuscrit
281	Palimpseste ➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture
282	Palimpseste ➔ Manuscrit

Tableau 17: Les liens sémantiques de la codicologie

2.2.2) Les liens sémantiques de la paléographie

Le tableau (**Tableau 18**), contient tous les liens sémantiques de la partie paléographique des manuscrits arabes.

N° Ordre	Lien sémantique
01	Style_Calligraphique ➔ Manuscrit
02	Degrés_Cursivité ➔ Style_Calligraphique
03	Couleur_Ancre ➔ Style_Calligraphique
04	Taille_Lettre ➔ Style_Calligraphique

N° Ordre	Lien sémantique
05	Particularité_écriture ➔ Style_Calligraphique
06	Proportion_Lettres ➔ Style_Calligraphique
07	Les_Ligatures ➔ Style_Calligraphique
08	Inclinaison_Lettre ➔ Style_Calligraphique
09	Degrés_Cursivité ➔ Manuscrit
10	Couleur_Ancre ➔ Manuscrit
11	Taille_Lettre ➔ Manuscrit
12	Particularité_écriture ➔ Manuscrit
13	Proportion_Lettres ➔ Manuscrit
14	Les_Ligatures ➔ Manuscrit
15	Inclinaison_Lettre ➔ Manuscrit
16	Description_Des_Usages ➔ Manuscrit
17	Signes_Vocalisation_SUḰḰUN ➔ Description_Des_Usages
18	Ponctuation ➔ Description_Des_Usages
19	La_Hamza ➔ Description_Des_Usages
20	Usage_ŚADDA ➔ Description_Des_Usages
21	Ẏa_Final ➔ Description_Des_Usages
22	Signes_Vocalisation_SUḰḰUN ➔ Manuscrit
23	Ponctuation ➔ Manuscrit
24	La_Hamza ➔ Manuscrit
25	Usage_ŚADDA ➔ Manuscrit
26	Ẏa_Final ➔ Manuscrit
27	Organisation_Copie_Manuscrit ➔ Manuscrit
28	Articulation_Du_Texte ➔ Organisation_Copie_Manuscrit
29	Hiérarchie_des_Subdivisions ➔ Organisation_Copie_Manuscrit
30	Description_Des_Chapitres ➔ Organisation_Copie_Manuscrit
31	Articulation_Du_Texte ➔ Manuscrit
32	Hiérarchie_des_Subdivisions ➔ Manuscrit
33	Description_Des_Chapitres ➔ Manuscrit
34	Mouvement_De_La_Copie ➔ Manuscrit
35	Copiste ➔ Mouvement_De_La_Copie
36	Kuniyah ➔ Copiste
37	Isme ➔ Copiste
38	Laqab ➔ Copiste
39	Nisba ➔ Copiste

N° Ordre	Lien sémantique
40	Al-khitab ➔ Copiste
41	Kuniyah ➔ Mouvement_De_La_Copie
42	Isme ➔ Mouvement_De_La_Copie
43	Laqab ➔ Mouvement_De_La_Copie
44	Nisba ➔ Mouvement_De_La_Copie
45	Al-khitab ➔ Mouvement_De_La_Copie
46	Correction_Copiste ➔ Manuscrit
47	Copiste ➔ Correction_Copiste
48	Kuniyah ➔ Correction_Copiste
49	Isme ➔ Correction_Copiste
50	Laqab ➔ Correction_Copiste
51	Nisba ➔ Correction_Copiste
52	Al-khitab ➔ Correction_Copiste
53	Enluminure_Colophon ➔ Manuscrit
54	Enlumineur ➔ Manuscrit
55	Kuniyah ➔ Enlumineur
56	Isme ➔ Enlumineur
57	Laqab ➔ Enlumineur
58	Nisba ➔ Enlumineur
59	Al-khitab ➔ Enlumineur
60	Lieu_Enluminure ➔ Manuscrit
61	Pleine_Page ➔ Lieu_Enluminure
62	Section ➔ Lieu_Enluminure
63	Enluminure_Colophon ➔ Lieu_Enluminure
64	Enluminure_Reliure ➔ Lieu_Enluminure
65	Doublure ➔ Lieu_Enluminure
66	Pleine_Page ➔ Manuscrit
67	Section ➔ Manuscrit
68	Enluminure_Colophon ➔ Manuscrit
69	Enluminure_Reliure ➔ Manuscrit
70	Doublure ➔ Manuscrit
71	Type_Enluminure ➔ Manuscrit
72	Décor_Ponctuation ➔ Type_Enluminure
73	Décor_Marge ➔ Type_Enluminure
74	Décor_Fond_Page ➔ Type_Enluminure

N° Ordre	Lien sémantique
75	Décor_Ponctuation ➔ Manuscrit
76	Décor_Marge ➔ Manuscrit
77	Décor_Fond_Page ➔ Manuscrit

Tableau 18 : Les liens sémantiques de la paléographie

2.2.3) Les liens sémantiques de contenu :

Le tableau (**Tableau 19**), décrit tous les liens sémantiques du contenu des manuscrits arabes.

N° Ordre	Lien sémantique
01	Numérotation_Du_Texte ➔ Manuscrit
02	Intitulé ➔ Manuscrit
03	Titre_Normalisé ➔ Intitulé
04	Titre_Alternatif ➔ Intitulé
05	Auteur ➔ Intitulé
06	Anépigraphe ➔ Intitulé
07	Pseudépigraphe ➔ Intitulé
08	Anépigraphe ➔ Manuscrit
09	Pseudépigraphe ➔ Manuscrit
10	Localisation_Titre ➔ Intitulé
11	Localisation_Titre ➔ Manuscrit
12	Page_De_Titre ➔ Localisation_Titre
13	Frontispice ➔ Localisation_Titre
14	Incipit ➔ Localisation_Titre
15	Colophon ➔ Localisation_Titre
16	Page_De_Titre ➔ Intitulé
17	Frontispice ➔ Intitulé
18	Incipit ➔ Intitulé
19	Colophon ➔ Intitulé
20	Page_De_Titre ➔ Manuscrit
21	Frontispice ➔ Manuscrit
22	Incipit ➔ Manuscrit
23	Colophon ➔ Manuscrit
24	Matière_Scientifique ➔ Manuscrit
25	Résumé ➔ Manuscrit

N° Ordre	Lien sémantique
26	Contenu_Du_Texte ➔ Manuscrit
27	Inédit ➔ Contenu_Du_Texte
28	Inédit ➔ Manuscrit
29	Sommaire_Du_Texte ➔ Inédit
30	Entêtes_Des_Chapitres ➔ Inédit
31	Sommaire_Du_Texte ➔ Contenu_Du_Texte
32	Entêtes_Des_Chapitres ➔ Contenu_Du_Texte
33	Sommaire_Du_Texte ➔ Manuscrit
34	Entêtes_Des_Chapitres ➔ Manuscrit
35	Copie ➔ Contenu_Du_Texte
36	Copiste ➔ Copie
37	Correction_Copiste ➔ Copie
38	Raturage ➔ Copie
39	Grattage ➔ Copie
40	Omissions ➔ Copie
41	Rectifications ➔ Copie
42	Collation ➔ Copie
43	Additions marginales ➔ Copie
44	Copiste ➔ Contenu_Du_Texte
45	Kuniyah ➔ Contenu_Du_Texte
46	Isme ➔ Contenu_Du_Texte
47	Laqab ➔ Contenu_Du_Texte
48	Nisba ➔ Contenu_Du_Texte
49	Al-khitab ➔ Contenu_Du_Texte
50	Correction_Copiste ➔ Contenu_Du_Texte
51	Raturage ➔ Contenu_Du_Texte
52	Grattage ➔ Contenu_Du_Texte
53	Omissions ➔ Contenu_Du_Texte
54	Rectifications ➔ Contenu_Du_Texte
55	Collation ➔ Contenu_Du_Texte
56	Additions marginales ➔ Contenu_Du_Texte
57	Raturage ➔ Manuscrit
58	Grattage ➔ Manuscrit
59	Omissions ➔ Manuscrit
60	Rectifications ➔ Manuscrit

N° Ordre	Lien sémantique
61	Collation ➔ Manuscrit
62	Additions marginales ➔ Manuscrit
63	Notes ➔ Manuscrit
64	Note_De_Lecture ➔ Notes
65	Glose ➔ Note_De_Lecture
66	Attestation_De_Lecture ➔ Note_De_Lecture
67	Attestation_De_Collation ➔ Note_De_Lecture
68	Certificat_Audition ➔ Note_De_Lecture
69	Certificat_De_Transmission ➔ Note_De_Lecture
70	Glose ➔ Notes
71	Attestation_De_Lecture ➔ Notes
72	Attestation_De_Collation ➔ Notes
73	Certificat_Audition ➔ Notes
74	Certificat_De_Transmission ➔ Notes
75	Glose ➔ Manuscrit
76	Attestation_De_Lecture ➔ Manuscrit
77	Attestation_De_Collation ➔ Manuscrit
78	Certificat_Audition ➔ Manuscrit
79	Certificat_De_Transmission ➔ Manuscrit
80	Notes Diverses ➔ Notes
81	Waqf ➔ Notes Diverses
82	Table_De_Matière ➔ Notes Diverses
83	Vers ➔ Notes Diverses
84	Invocation ➔ Notes Diverses
85	Prix_De_Vente ➔ Notes Diverses
86	Waqf ➔ Notes
87	Table_De_Matière ➔ Notes
88	Vers ➔ Notes
89	Invocation ➔ Notes
90	Prix_De_Vente ➔ Notes
91	Waqf ➔ Manuscrit
92	Table_De_Matière ➔ Manuscrit
93	Vers ➔ Manuscrit
94	Invocation ➔ Manuscrit
95	Prix_De_Vente ➔ Manuscrit

Tableau 19: Les liens sémantiques relatifs au contenu du manuscrit arabe

2.2.4) Les liens sémantiques de l'histoire :

Le tableau (**Tableau 20**), contient tous les liens sémantiques relatifs à l'histoire des manuscrits arabes.

N° Ordre	Lien sémantique
01	Date_Elaboration ➔ Manuscrit
02	Commanditaire_Manuscrit ➔ Manuscrit
03	Kuniyah ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
04	Isme ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
05	Laqab ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
06	Nisba ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
07	Al-khitab ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
08	Date_Naissance ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
09	Date_Décès ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
10	Type-Datation ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
11	Cachet ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
12	Cachet ➔ Manuscrit
13	Colophon ➔ Manuscrit
14	Lieux_Colophon ➔ Colophon
15	Copiste ➔ Colophon
16	Auteur ➔ Colophon
17	Titre_Manuscrit ➔ Colophon
18	Kuniyah ➔ Colophon
19	Isme ➔ Colophon
20	Laqab ➔ Colophon
21	Nisba ➔ Colophon
22	Al-khitab ➔ Colophon
23	Date_Elaboration ➔ Colophon
24	Enluminure_Colophon ➔ Colophon
25	Lieux_Colophon ➔ Manuscrit
26	Titre_Alternatif ➔ Colophon
27	Titre_Normalisé ➔ Colophon
28	Incipit ➔ Manuscrit
29	Basmala ➔ Incipit
30	Hamdala ➔ Incipit
31	Entrée_En_Matière ➔ Incipit

N° Ordre	Lien sémantique
32	Basmala ➔ Manuscrit
33	Hamdala ➔ Manuscrit
34	Entrée_En_Matière ➔ Manuscrit
35	Explicit ➔ Manuscrit

Tableau 20: Les liens sémantiques relatifs à l'histoire du manuscrit arabe

2.3) Couverture sémantique minimale :

Notre démarche consiste à générer un sous-ensemble minimum des liens sémantiques permettant de déduire tous les autres liens. De ce fait, nous nous sommes inspirées du modèle de définition de la couverture minimale des dépendances fonctionnelles pour en constituer une couverture sémantique minimale du réseau sémantique ainsi constitué.

2.3.1) Couverture sémantique minimale de la codicologie :

Nous avons décrit toutes les couvertures sémantiques minimales des liens sémantiques recensées dans la partie codicologique (**Tableau 21**). Pour cela, nous avons pris un exemple d'illustration :

Exemple :

Titre_Manuscrit ➔ Manuscrit

Titre_Normalisé➔ Titre_Manuscrit

Titre_Alternatif➔ Titre_Manuscrit

Titre_Normalisé➔ Manuscrit

Titre_Alternatif➔ Manuscrit

Par élimination des liens transitifs :

Titre_Manuscrit ➔ Manuscrit

Titre_Normalisé➔ Titre_Manuscrit

Titre_Alternatif➔ Titre_Manuscrit

N° Ordre	Lien sémantique
01	Cote➔ Manuscrit
02	Copiste➔ Manuscrit
03	Auteur➔ Manuscrit
04	Volume ➔ Manuscrit
05	Nom_Ville➔ Cote
06	Dépôt➔ Cote

N° Ordre	Lien sémantique
07	N°_Ordre➔ Cote
08	Cotes_Antérieures➔ Manuscrit
09	Titre_Manuscrit ➔ Manuscrit
10	Nbr_De_Volume➔ Manuscrit
11	Dimension➔ Manuscrit
12	Enlumineur➔ Manuscrit
13	Etat_Du_Manuscrit➔ Manuscrit
14	Type_De_Support➔ Manuscrit
15	Titre_Normalisé➔ Titre_Manuscrit
16	Titre_Alternatif➔ Titre_Manuscrit
17	Titre_Manuscrit➔ Auteur
18	Date_Naissance➔ Auteur
19	Date_Décès➔ Auteur
20	Kuniyah ➔ Auteur
21	Isme ➔ Auteur
22	Laqab ➔ Auteur
23	Nisba ➔ Auteur
24	Al-khitab➔ Auteur
25	Type-Datation➔ Date-Naissance
26	Type-Datation➔ Date-Décés
27	Hégirien ➔ Type-Datation
28	Grégorien ➔ Type-Datation
29	Etat_De_Conservation ➔ Etat_Du_Manuscrit
30	Qualité_Copie➔ Etat_Du_Manuscrit
31	Papyrus➔ Type_De_Support
32	Parchemin➔ Type_De_Support
33	Papier➔ Type_De_Support
34	Libellé_générale➔ Volume
35	Matière ➔ Libellé_générale
36	Papyrus➔ Matière
37	Parchemin➔ Matière
38	Papier➔ Matière
39	Dimension_Des_Pages➔ Libellé_générale
40	Nbr_Total_Folios ➔ Libellé_générale

N° Ordre	Lien sémantique
41	Numérotation➔ Volume
42	Pagination ➔ numérotation
43	Type-Pagination➔ Pagination
44	Foliotage➔ numérotation
45	Emplacement-Foliotage➔ Foliotage
46	Marge_Supérieure➔ Emplacement-Foliotage
47	Marge_Inférieure ➔ Emplacement-Foliotage
48	Reliure➔ Volume
49	Type_Reliure➔ Reliure
50	Reliures_Emboîtage➔ Type_Reliure
51	Reliures_Sans_Emboîtage ➔ Type_Reliure
52	Reliures_à_Rabat➔ Type_Reliure
53	Dimension_Des_Plats ➔ Reliure
54	Epaisseur_Des_Volumes_Fermés➔ Reliure
55	Ais➔ Reliure
56	Carton➔ Ais
57	Bois➔ Ais
58	Couvrure➔ Reliure
59	Matière_Couvrure➔ Couvrure
60	Cuire➔ Matière-Couvrure
61	Étoffe➔ Matiére_Couvrure
62	Papier_Marbré➔ Matiére_Couvrure
63	Couleur➔ Couvrure
64	Etat_De_Conservation➔ Reliure
65	Datation_Siècle_Reliure➔ Reliure
66	Originale➔ Reliure
67	Enluminure_Reliure➔ Reliure
68	Papier➔ Manuscrit
69	Type_Papier➔ Papier
70	Papier_Filigrané➔ Type_Papier
71	Image➔ Papier_Filigrané
72	Échelle➔ Image
73	Estompage➔ Image
74	Texte_Filigrané➔ Papier_Filigrané
75	Disposition_Texte➔ Texte_Filigrané
76	Échelle➔ Texte_Filigrané

N° Ordre	Lien sémantique
77	Couleur➔ Texte_Filigrané
78	Papier_Non_Filigrané➔ Type_Papier
79	Datation_Papier➔ Papier
80	Mesure_En_Vergeur➔ Papier
81	Orientation_Des_Vergeurs➔ Papier
82	Pliage➔ Orientation_Des_Vergeurs
83	Origine_Du_Papier➔ Orientation_Des_Vergeurs
84	Format_Feuille➔ Orientation_Des_Vergeurs
85	Disposition➔ Papier
86	Cahier➔ Manuscrit
87	Nature_Des_Cahiers➔ Cahier
88	Collation_Des_Cahiers➔ Cahier
89	Nbr_Feuillets➔ Collation_Des_Cahiers
90	Nbr_De_Cahiers➔ Collation_Des_Cahiers
91	Somme_Des_Folios➔ Collation_Des_Cahiers
92	N°_Cahier➔ Cahier
93	Anomalie_De_Composition➔ Cahier
94	Feuillets_Manquants➔ Anomalie_De_Composition
95	Feuillets_Ajoutés➔ Anomalie_De_Composition
96	Ordre_De_Lecture➔ Anomalie_De_Composition
97	Marque_De_Milieu-cahier➔ Cahier
98	Localisation-marque-de-Milieu➔ Marque_De_Milieu-cahier
99	Forme-marque-de-milieu➔ Marque_De_Milieu-cahier
100	Foliotage➔ Forme-marque-de-milieu
101	Réclame➔ Cahier
102	Réclame_Présente➔ Réclame
103	Lieu_Réclame➔ Réclame_Présente
104	Foliotage➔ Réclame
105	Préparation_Page_Avant_Ecriture➔ Manuscrit
106	Surface_Ecrite➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture
107	Nbr_Lignes_Page➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture
108	Instrument_Réglure➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture
109	Description_Des_Piqûres ➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture
110	Palimpseste➔ Préparation_Page_Avant_Ecriture

Tableau 21: Couverture sémantique minimale de la codicologie

2.3.2) Couverture sémantique minimale de la paléographie :

Le tableau (**Tableau 22**), répertorie toutes les couvertures sémantiques minimales de la partie paléographique :

N° Ordre	Lien sémantique
01	Style_Calligraphique ➔ Manuscrit
02	Degrés_Cursivité ➔ Style_Calligraphique
03	Couleur_Ancre ➔ Style_Calligraphique
04	Taille_Lettre ➔ Style_Calligraphique
05	Particularité_écriture ➔ Style_Calligraphique
06	Proportion_Lettres ➔ Style_Calligraphique
07	Les_Ligatures ➔ Style_Calligraphique
08	Inclinaison_Lettre ➔ Style_Calligraphique
09	Description_Des_Usages ➔ Manuscrit
10	Signes_Vocalisation_SUḰḰUN ➔ Description_Des_Usages
11	Ponctuation ➔ Description_Des_Usages
12	La_Hamza ➔ Description_Des_Usages
13	Usage_ṠADDA ➔ Description_Des_Usages
14	Ẏa_Final ➔ Description_Des_Usages
15	Organisation_Copie_Manuscrit ➔ Manuscrit
16	Articulation_Du_Texte ➔ Organisation_Copie_Manuscrit
17	Hiérarchie_des_Subdivisions ➔ Organisation_Copie_Manuscrit
18	Description_Des_Chapitres ➔ Organisation_Copie_Manuscrit
19	Mouvement_De_La_Copie ➔ Manuscrit
20	Copiste ➔ Mouvement_De_La_Copie
21	Correction_Copiste ➔ Manuscrit
22	Copiste ➔ Correction_Copiste
23	Kuniyah ➔ Copiste
24	Isme ➔ Copiste
25	Laqab ➔ Copiste
26	Nisba ➔ Copiste
27	Al-khitab➔ Copiste
28	Enlumineur ➔ Manuscrit
29	Kuniyah ➔ Enlumineur
30	Isme ➔ Enlumineur
31	Laqab ➔ Enlumineur
32	Nisba ➔ Enlumineur

N° Ordre	Lien sémantique
33	Al-khitab➔ Enlumineur
34	Lieu_Enluminure ➔ Manuscrit
35	Pleine_Page ➔ Lieu_Enluminure
36	Section ➔ Lieu_Enluminure
37	Enluminure_Colophon ➔ Lieu_Enluminure
38	Enluminure_Reliure ➔ Lieu_Enluminure
39	Doublure ➔ Lieu_Enluminure
40	Type_Enluminure ➔ Manuscrit
41	Décor_Ponctuation ➔ Type_Enluminure
42	Décor_Marge ➔ Type_Enluminure
43	Décor_Fond_Page ➔ Type_Enluminure

Tableau 22: Couverture sémantique minimale de la paléographie

2.3.3) Couverture sémantique minimale du contenu du manuscrit arabe :

Le tableau (**Tableau 23**), répertorie toutes les couvertures sémantiques minimales du contenu du manuscrit arabe :

N° Ordre	Lien sémantique
01	Numérotation_Du_Texte ➔ Manuscrit
02	Intitulé ➔ Manuscrit
03	Titre_Normalisé ➔ Intitulé
04	Titre_Alternatif ➔ Intitulé
05	Auteur ➔ Intitulé
06	Anépigraphe ➔ Intitulé
07	Pseudépigraphe ➔ Intitulé
08	Localisation_Titre ➔ Intitulé
09	Page_De_Titre ➔ Localisation_Titre
10	Frontispice ➔ Localisation_Titre
11	Incipit ➔ Localisation_Titre
12	Colophon ➔ Localisation_Titre
13	Matière_Scientifique ➔ Manuscrit
14	Résumé ➔ Manuscrit
15	Contenu_Du_Texte ➔ Manuscrit
16	Inédit ➔ Contenu_Du_Texte
17	Sommaire_Du_Texte ➔ Inédit

N° Ordre	Lien sémantique
18	Entêtes_Des_Chapitres ➔ Inédit
19	Copie ➔ Contenu_Du_Texte
20	Copiste ➔ Copie
21	Correction_Copiste ➔ Copie
22	Raturage ➔ Copie
23	Grattage ➔ Copie
24	Omissions ➔ Copie
25	Rectifications ➔ Copie
26	Collation ➔ Copie
27	Additions marginales ➔ Copie
28	Notes ➔ Manuscrit
29	Note_De_Lecture ➔ Notes
30	Glose ➔ Note_De_Lecture
31	Attestation_De_Lecture ➔ Note_De_Lecture
32	Attestation_De_Collation ➔ Note_De_Lecture
33	Certificat_Audition ➔ Note_De_Lecture
34	Certificat_De_Transmission ➔ Note_De_Lecture
35	Notes Diverses ➔ Notes
36	Waqf ➔ Notes Diverses
37	Table_De_Matière ➔ Notes Diverses
38	Vers ➔ Notes Diverses
39	Invocation ➔ Notes Diverses
40	Prix_De_Vente ➔ Notes Diverses

Tableau 23: Couverture sémantique minimale du contenu

2.3.4) Couverture sémantique minimale de l'histoire du manuscrit arabe :

Le tableau (**Tableau 24**), répertorie toutes les couvertures sémantiques minimales de la partie histoire du manuscrit :

N° Ordre	Lien sémantique
01	Commanditaire_Manuscrit ➔ Manuscrit
02	Cachet ➔ Manuscrit
03	Kuniyah ➔ Commanditaire_Manuscrit
04	Isme ➔ Commanditaire_Manuscrit

N° Ordre	Lien sémantique
05	Laqab ➔ Commanditaire_Manuscrit
06	Nisba ➔ Commanditaire_Manuscrit
07	Al-khitab➔ Commanditaire_Manuscrit
08	Date_Naissance ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
09	Date_Décès ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
10	Cachet ➔ Commanditaire_Du_Manuscrit
11	Date_Elaboration ➔ Manuscrit
12	Colophon ➔ Manuscrit
13	Lieux_Colophon ➔ Colophon
14	Copiste ➔ Colophon
15	Auteur ➔ Colophon
16	Titre_Manuscrit ➔ Colophon
17	Date_Elaboration ➔ Colophon
18	Enluminure_Colophon ➔ Colophon
19	Incipit ➔ Manuscrit
20	Basmala ➔ Incipit
21	Hamdala ➔ Incipit
22	Entrée_En_Matière ➔ Incipit
23	Explicit ➔ Manuscrit

Tableau 24: Couverture sémantique minimale de l'histoire du manuscrit

2.3.5) Graphe des liens sémantiques :

Pour représenter graphiquement le réseau sémantique de domaine de connaissances (**Figure 13**), nous avons utilisé la Modélisation par Objets Typés (MOT).

a) L'alphabet de MOT associé aux types connaissances :

Le langage semi-formel MOT différencie les types de connaissances (concepts, procédure et principe) au moyen de symboles graphiques pour les représenter. Ces connaissances peuvent être combinées au sein d'un même schéma de manière à produire des modèles mixtes de connaissances **[Guide du langage MOT, 2012].**

b) Sémantique des relations typées dans MOT :

- **Le lien d'instanciation (I)** relie une connaissance abstraite à un fait obtenu en donnant des valeurs à tous les attributs (variables) qui
- **Le lien de composition** et de **Composition Multiple (C/ C*)** relie une connaissance à une de ses composantes.
- **Le lien de spécialisation (S)** met en relation deux connaissances abstraites de même type, dont l'une est « une sorte de », un cas particulier de l'autre.
- **Le lien de précédence (P)** relie deux procédures ou deux principes dont le premier doit être terminé ou évalué avant que le second commence.
- **Le lien intrant/produit (I/P)** relie un concept et une procédure. Du concept vers la procédure, on dira que le concept est un intrant de la procédure. De la procédure vers le concept, on dira que la procédure a pour produit le concept, celui-ci représentant généralement la classe d'objets résultant de la procédure.
- **Le lien de régulation (R)** s'utilise d'un principe vers une autre connaissance abstraite qui peut-être un concept, une procédure ou un autre principe. Dans le premier cas, le principe définit le concept par des contraintes à satisfaire (parfois appelées contraintes d'intégrité) ou encore établit une loi ou une relation entre deux ou plusieurs concepts.

c) G-MOT pour représenter le graphe des liens sémantiques :

G-MOT[34] est un outil de représentation graphique qui sert à exprimer sous forme de modèle les connaissances du domaine de catalogage des manuscrits arabes anciens.

La seule connaissance typée dans MOT que nous avons utilisé est de type concept, par contre pour les liens typées, nous avons utilisé des liens de spécialisation (S), les liens de Composition (C) et ceux de Composition Multiples (C*).

[34] https://gmot.teluq.ca/

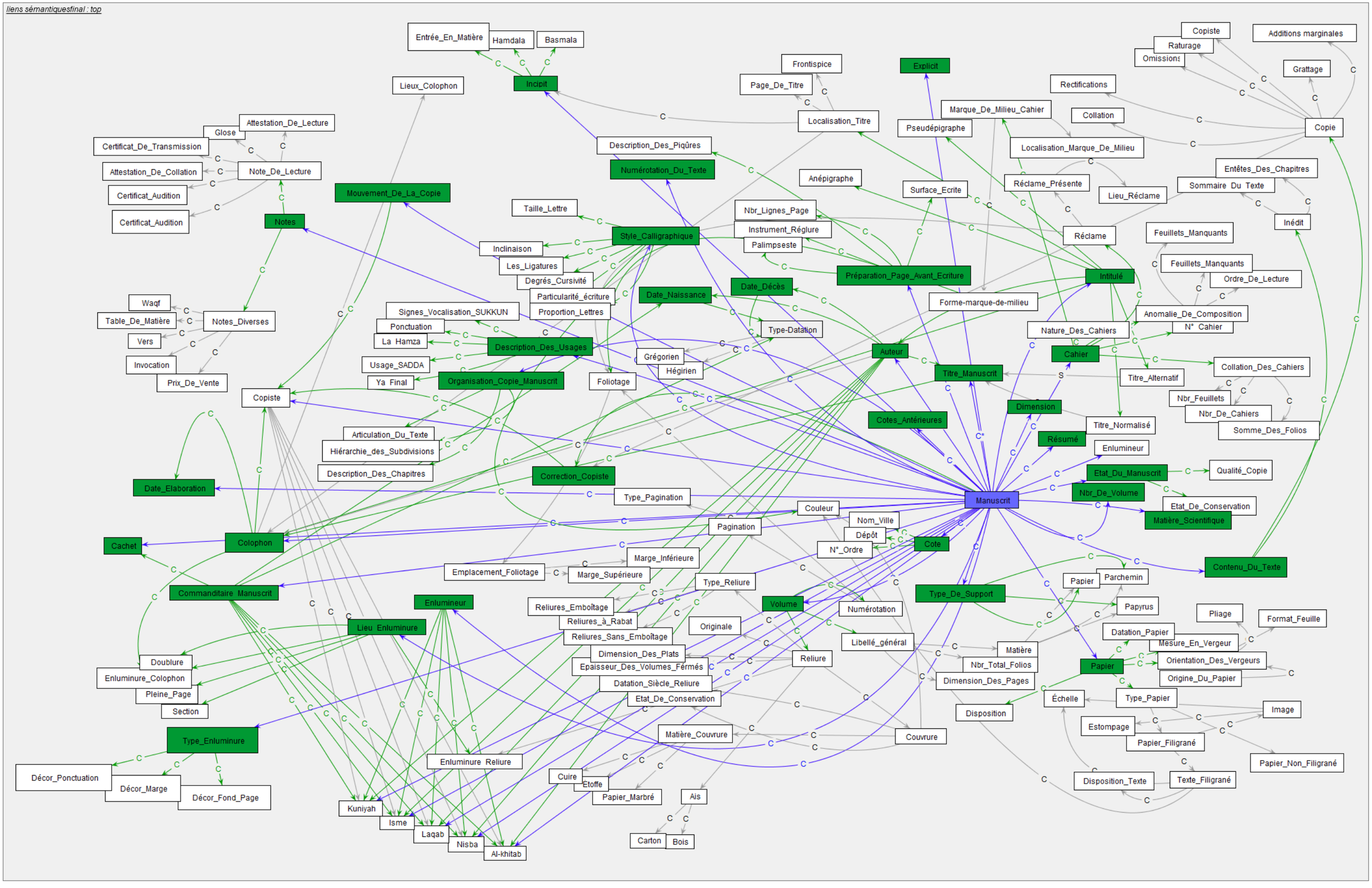


Figure 13: Graphe des liens sémantiques

2.3.6) Classification des concepts :

Après avoir éliminé toutes les couvertures sémantiques minimales et schématisé le réseau sémantique, nous avons déduit la présence d'une hiérarchisation des concepts, d'où l'existence d'un concept commun à tous les volets du catalogue qui est le « **Manuscrit** ».

Par conséquent, nous avons procédé à une classification de toutes les connaissances du réseau sémantique en six niveaux hiérarchiques :

- **La classe niveau 01 :** Manuscrit, la classe principale de l'ontologie.
- **Les classes niveau 02 :** Les classes de ce niveau sont liées avec des liens sémantiques de composition à la classe Manuscrit du niveau 01, nous citons :

Cote, Etat_Du_Manuscrit, Auteur, Date_Naissance, Date_Décès, Ism, Laqab, Kunyah, Nisba, Alkhitab, Type_De_Support, Volume, Cotes_Antérieures, Titre_Manuscrit, Nbr_De_Volume, Dimension, Enlumineur, Papier, Cahier, Préparation_Page_Avant_Ecriture, Style_Calligraphique, Description_Des_Usages , Organisation_Copie_Manuscrit, Mouvement_De_La_Copie, Correction_Copiste, Lieu_Enluminure, Type_Enluminure, Numérotation_Du_Texte, Intitulé, Matière_Scientifique, Résumé, Contenu_Du_Texte, Notes, Commanditaire_Manuscrit, Cachet, Date_Elaboration, Colophon, Incipit, Explicit.

- **Les classes niveau 03 :** Les classes de ce niveau sont liées avec des liens sémantiques de composition aux différentes classes de niveau 02 comme suit :
  - Nom_Ville, Dépôt et N°_Ordre sont liées à la classe Cote.
  - Etat_Conservation et Qualité_Copie sont liées à la classe Etat_Du_Manuscrit.
  - Type_Datation est liée à la classe Date_Naissance et la classe Date_Décès.
  - Papyrus et Parchemin sont liées à la classe Type_De_Support.
  - Libellé_Général, Numérotation et Reliure sont liées à la classe Volume.
  - Type_Papier, Datation_Papier, Mesure_En_Vergeures, Orientation_des_Vergeures et Disposition sont liées à la classe Papier.
  - Nature_Cahier, Collation_Des_Cahiers, N°_Cahier, Anomalie_De_Composition, Marque_De_Milieu_Cahier et Réclame sont liées à la classe Cahier.
  - Surface_Ecrite, Nbr_Ligne_Page, Insrument_Réglure, Description_des_Piqures et Palimpseste sont liées à la classe Préparation_Page_Avant_Ecriture.
  - Degré_Cursivité, Couleur_Ancre, Taille_Lettre, Particularité_Ecriture, Proportion_Des_Lettres, Ligature et Inclinaison_Lettre sont liées à la classe Style_Calligraphique.

- Signes_Vocalisation_Sukkun, Ponctuation, La_Hamza, Usage_Sadda et le Ya_Final sont liées à la classe Description_Des_Usages.
- Articulation_Texte et Hiérarchie_des_Subdivisions sont liées à la classe Organisation_Copie_Manuscrit.
- Copiste est liée à la classe Mouvement_De_La_Copie.
- Décor_Ponctuation, Décor_Marge et Décor_Fond_Page sont liées à la classe Type_Enluminure.
- Pleine_Page, Section, Enluminure_Colophon, Enluminure_Reliure, Doublure et Lieux_Colophon sont liées à la classe Lieu_Enluminure.
- Titre_Normalisé, Titre_Alternatif, Anépigraphe, Pseudépigraphe et Localisation_Titre sont liées à la classe Intitulé.
- Inédit, Copie : sont liées à la classe Contenu_Du_Texte.
- Basmala, Hamdala et Entrée_En_Matière sont liées à la classe Incipit.
- Note_De_Lecture et Notes_Diverses sont liées à la classe Notes.

➢ **Les classes niveau 04 :** Les classes de ce niveau sont liées avec des liens sémantiques de composition aux différentes classes de niveau 03 comme suit :

- Hégirien etGrégorien sont liées à la classe Type_Datation.
- Matière, Dimension_Pages et Nbr_Total_Folios sont liées à la classe Libellé_Général.
- Foliotage et Pagination sont liées à la classe Numérotation.
- Type_Reliure, Datation_Siecle_Reliure, Dimension_Des_Plats, Epaisseur_Volumes_Fermés, Ais, Originale et Couvrure sont liées à la classe Reliure.
- Papier_Filigrané et Papier_Non_Filigrané sont liées à la classe Type_Papier.
- Pliage, Format_Feuille et Origine_Du_Papier sont liées à la classe Orientation_des_Vergeures.
- Nbr_Bifeuillets, Nbr_Cahiers et Somme_Des_Folios sont liées à la classe Collation_Des_Cahiers.
- Feuillets_Manquants, Feuillets_Ajoutés et Ordre_De_Lecture sont liées à la classe Anomalie_De_Composition.

- Localisation_Marque_De_Milieu et Forme_Marque_De_Milieu sont liées à la classe Marque_De_Milieu_Cahier.
- Réclame_présente est liée à la classe Réclame.
- Page_Titre et Frontispice sont liées à la classe Localisation_Titre.
- Sommaire_Du_Texte et Entetes_Des_Chapitres sont liées à la classe Inédit.
- Raturage, Grattage, Collation, Omission, Addition_Marginales et Rectifications sont liées à la classe Copie.
- Glose, Attestation_De_Lecture, Attestation_De_Collation, Certificat_Audition et Certificat_De_Transmission sont liées à la classe Note_De_Lecture.
- Waqf, Table_Des_Matières, Vers, Invocation et Prix_Vente sont liées à la classe Notes_Diverses

➢ **Les classes niveau 05 :** Les classes de ce niveau sont liées avec des liens sémantiques de composition aux différentes classes de niveau 04 comme suit :

- Emplacement_Foliotage est liée à la classe Foliotage.
- Type_Pagination est liée à la classe Pagination.
- Reliure_Emboitage, Reliure_Sans_Emboitage et Reliure_à_Rabat sont liées à la classe Type_Reliure.
- Bois et Carton sont liés à la classe Ais.
- Matière_Couvrure est liée à la classe Couvrure.
- Image et Texte_Filigrane sont liées à la classe Papier_Filigrané.
- Lieu_Réclame est liée à la classe Réclame_Présente.

➢ **Les classes niveau 06 :** Les classes de ce niveau sont liées avec des liens sémantiques de composition aux différentes classes de niveau 05 comme suit :

- Marge_Inférieure et Marge_Supérieure sont liées à la classe Emplacement_Foliotage.
- Cuir, Étoffe et Papier_Marbré sont liées à la classe Matière_Couvrure.
- Échelle et Estompage sont liées à la classe Image.
- Disposition_Texte est liée à la classe Texte_Filigrane.

Conclusion :

Toute connaissance a besoin d'une modélisation. Les catalogues des manuscrits arabes anciens constituent une base de connaissances très riche en sens et engendre un réseau sémantique complexe.

Pour modéliser ces connaissances, nous avons proposé une démarche qui associe du sens aux liens entre les différents concepts et métadonnées.

À cet effet, nous avons entamé notre démarche par extraire tous les concepts qui décrivent les manuscrits arabes ainsi que les axiomes qui les régissent.

Par la suite, nous avons créé des liens de signification entre ces concepts et enfin, établir un schéma sémantique qui nous a permit de les classifier en niveaux hiérarchiques la connaissance relative au catalogage des manuscrits arabes anciens.

Cette classification nous permettra d'écrire notre ontologie, qui sera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre 6 : Implémentation

Chapitre 6 : Implémentation

Introduction :

L'objectif du présent chapitre est mettre en évidence l'apport de l'ontologie pour le catalogage des manuscrits arabes anciens. En effet, dans les précédents chapitres, nous avons décrits le processus de conception de l'ontologie de manuscrits arabes anciens. Ils se sont soldés par l'écriture d'une ontologie de domaine, formée de la connaissance de catalogage de manuscrits.

Par conséquent, il est important de montrer le rôle et l'apport d'une telle ontologie pour le catalogage des manuscrits anciens. Pour ce faire, notre approche consiste à comparer les notices descriptives issues directement de l'encodage EAD, TEI-ms ou marcXML et celle générée à partir de l'ontologie. Une correspondance entre les deux modèles justifiera la démarche de catalogage des manuscrits guidée par l'ontologie. De plus, apporte un moyen efficace pour assurer l'interopérabilité entre les différents formats d'encodage du catalogue des manuscrits arabes anciens.

1) Les outils et langages utilisés :

1.1) L'éditeur Protégé pour écrire l'ontologie :

1.1.1) Présentation :

Protégé 2000 est un éditeur d'ontologies hautement extensible, capable de manipuler des formats très divers, c'est une plateforme Open Source qui fournit une suite d'outils pour construire des bases de connaissances.

Protégé 2000, permet aussi de créer ou d'importer des ontologies écrites dans les différents langages d'ontologies tel que : RDF-Schéma, OWL,…etc. Cela est rendu possible grâce à l'utilisation de plugins qui sont disponibles en téléchargement pour la plupart de ces langages.

1.1.2) Fonctionnalités de Protégé :

Les fonctionnalités de Protégé 2000 peuvent être étendues grâce à une architecture en plugin et à l'aide de l'API Java fournie. Ce qui permet, en outre, de générer automatiquement du code Java.

Protégé intègre une multitude de plugins permettant des manipulations sur les bases de connaissances crées, nous citons **[Protégé, 2013]** :

Ontoviz : pour générer un modèle de graphe au format DOT.

Queries : pour effectuer des requêtes.

Forms : pour mettre en forme les frames simplement.

1.1.3) L'écriture de l'ontologie avec Protégé :

Pour l'écriture de l'ontologie, nous avons utilisé protégé 5.5.0 version desktop et adopté tous les axiomes recensés dans le chapitre précédent.

Dans ce qui va suivre, nous allons citer, sommairement, les étapes de création de l'ontologie nommée « **CatalogageManuscrit.owl** », tout en sachant que le logiciel « protégé » ne tolère pas le caractère « espace ».

a) Création du nouveau projet :

Dans un premier temps, nous avons défini l'URI[35] de l'ontologie dans le champ **Ontology IRI**[36], puis dans le menu système **File/Save**, nous avons indiqué le format de sauvegarde RDF/XML et la zone de stockage sur disque. Cette action est représentée par la **(Figure 14) :**

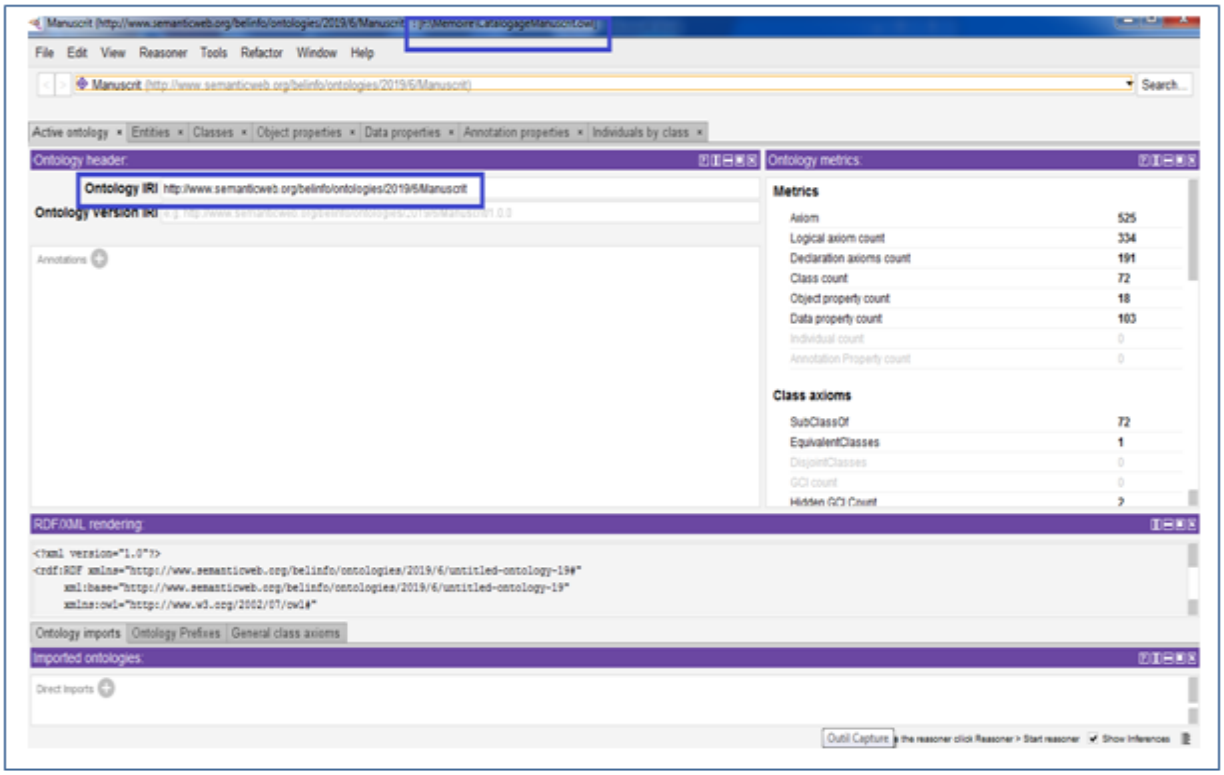


Figure 14: Écran d'accueil de protégé et création d'un nouveau projet

[35] Uniform Ressource Identifier.
[36] Internationalized Ressource Identifier

L'écran est divisé en « **vues** » (*views* en anglais) qui dépendent des « **onglets** » (*tabs* en anglais) accessibles en cliquant sur un des éléments d'une liste de titres : Active Ontology, Entities, etc.

b) Définition des classes simples :

La définition des classes dans Protégé 2000 se fait suite à l'activation de l'onglet « **Classes** ». Dans la vue « **Class hierarchy** », il faut sélectionner le mot « owl :Thing » représentant la racine de toutes les classes à créer. En appuyant sur le premier bouton en haut à gauche de cette vue, une boite dialogue apparait qui permet de créer une classe qui sera un enfant de la classe préalablement définie. De ce fait, de nouvelles sous-classes pourront être définies. Un second bouton permet de créer une classe « **Sœur** » de la classe courante. Un troisième bouton permet de détruire la classe active ainsi que ses sous-classes.

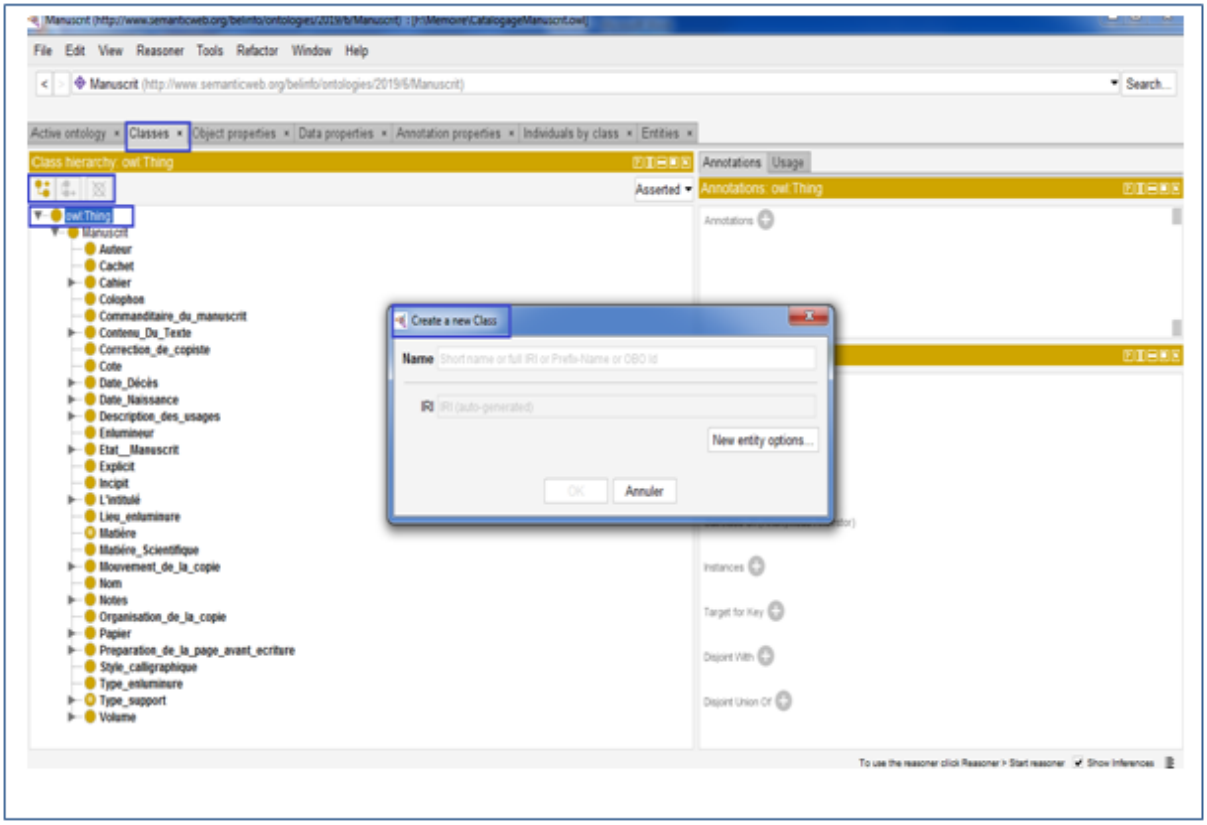


Figure 15: Création des classes

La partie droite de l'écran permet d'afficher les informations sur les classes et d'en changer leurs caractéristiques.

c) Définition des propriétés :

- **Les propriétés d'objet** sont les relations, qui relient des instances de classes à d'autres instances de classes. les actions définies dans l'onglet « **Object Properties** » permettent de créer toutes les propriétés d'objet. La **(Figure16)** représente la création de propriétés d'objet.

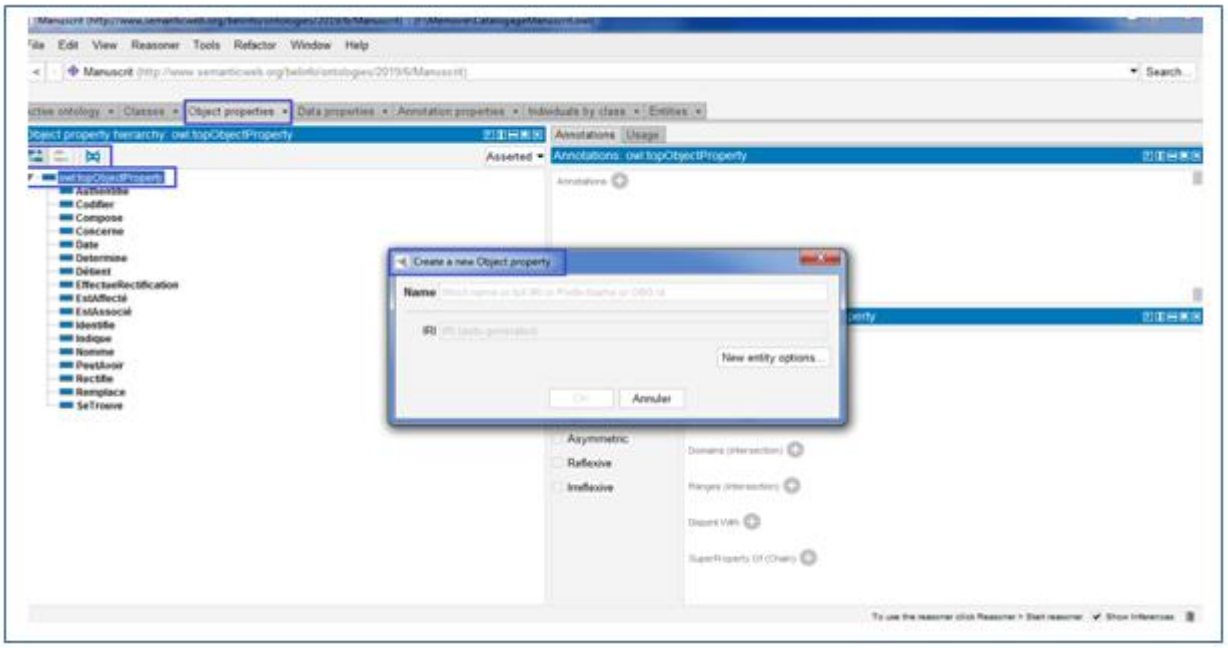


Figure 16: Création des propriétés d'objet

- **Les propriétés de données (Data Properties)** sont les attributs, qui relient des instances de classes à des valeurs de types de données (nombres, chaînes de caractères,…). En utilisant le bouton en haut à gauche ( ), nous créons toutes les propriétés d'objet. Nous obtenons la figure semblable à celle-ci :

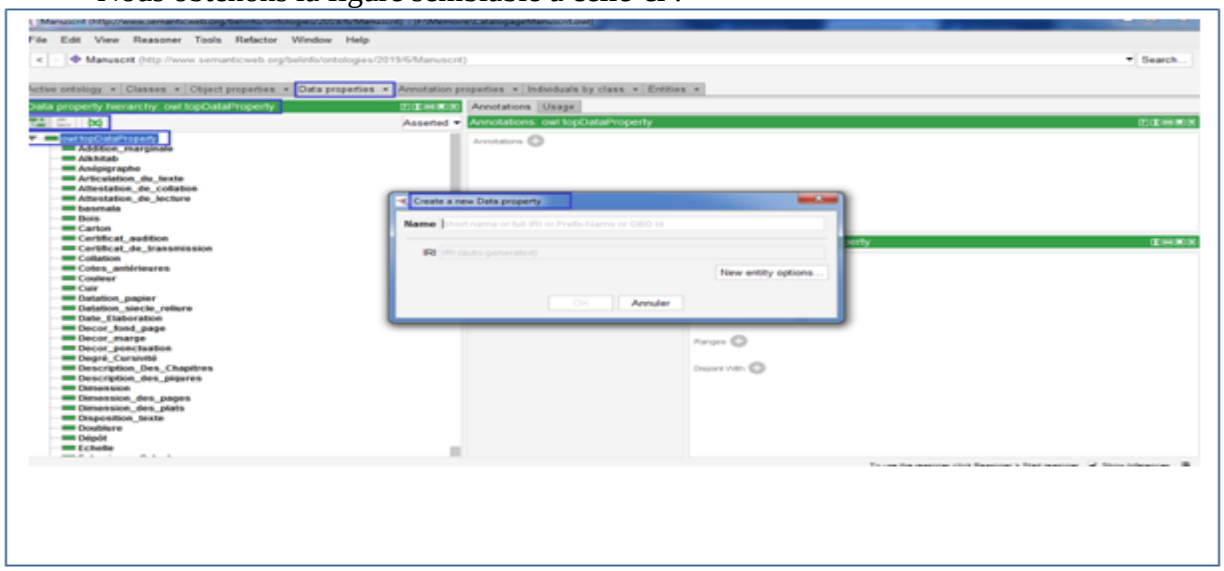


Figure 17 : Création des propriétés de données

1.1.4) Vérification de la cohérence de l'ontologie :

Le grand intérêt de l'utilisation de Protégé 2000 est de pouvoir vérifier la conformité de l'ontologie. Autrement dit, vérifier si l'ontologie ne contient pas des définitions contradictoires.

Dans le cas de simple ontologie, il est facile de vérifier manuellement sa cohérence et sa conformité de son raisonnement. La vérification devient pratiquement impossible dans le cas d'ontologies complexes.

Pour cela, dans le menu « **Reasoner** », nous sélectionnons « **HermiT** », ensuite, nous sélectionnons « **Start Reasoner** ». Dans la vue « **Class hierarchy** » en choisissant l'item de menu « **Inferred** », devrait apparaître les classes inconsistantes en rouge si l'ontologie n'est pas cohérente, chose qui n'est pas dans notre cas, comme le montre la **Figure 18** :

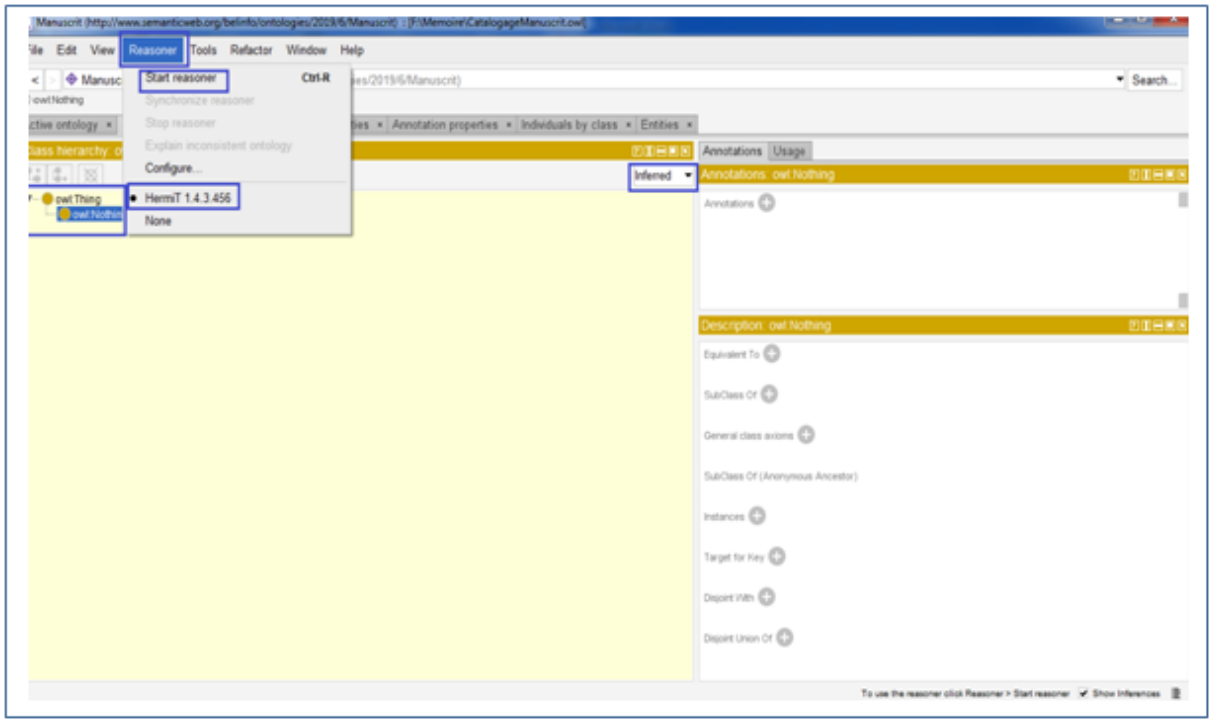


Figure 18 : Vérification de la cohérence de l'ontologie

1.1.5) Génération automatique du format RDF/XML de l'ontologie :

L'objectif de notre travail de recherche est de concevoir un catalogue universel des manuscrits arabes numérisés. De ce fait, l'ontologie servira de socle pouvant guider le catalogueur dans sa tache de catalogage. Pour ce faire, il est impératif d'utiliser un modèle d'encodage universel pour représenter la connaissance, d'où la nécessité de générer le fichier RDF/XML **(cf. Annexe).** Cette action peut se faire en utilisant deux méthodes :

a) **À partir de protégé :** (voir la figure qui suit) :

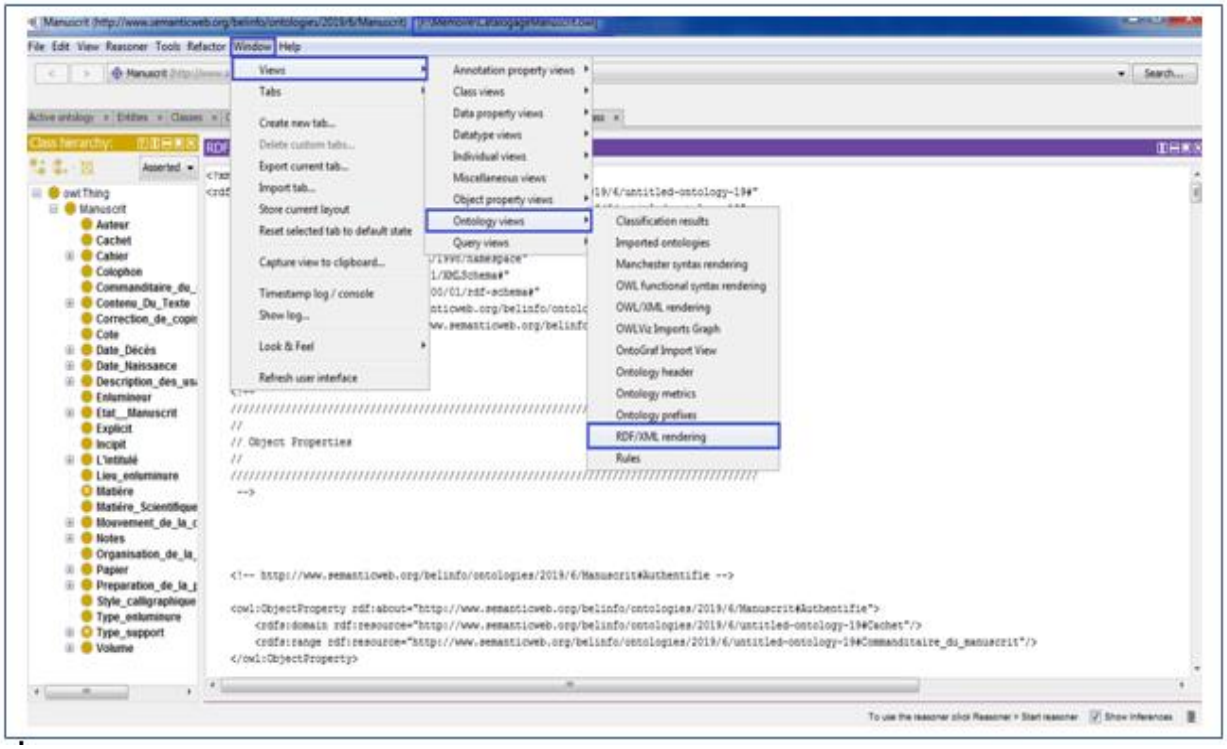


Figure 19: Génération du RDF/XML sous Protégé

b) À partir du navigateur :

A défaut de l'éditeur Protégé, il est possible d'afficher le fichier RDF/XML à partir d'un navigateur. Pour cela, il faut faire appel au serveur d'application « **WampServer 2.1**» (**voir figure 20**).

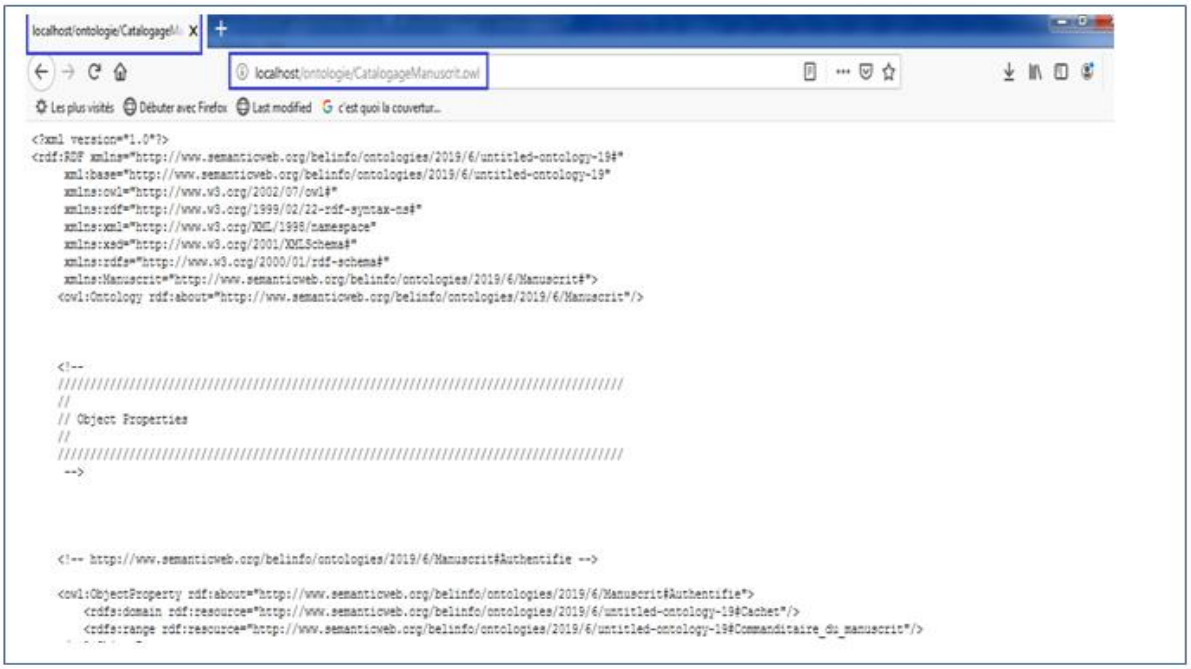


Figure 20: Génération du RDF/XML sous un navigateur

1.2) Web Ontology Language (OWL) :

OWL est un langage de représentation des connaissances construit sur le modèle de données de RDF. Il fournit les moyens pour définir des ontologies web structurées.

Le langage OWL fournit des mécanismes pour créer tous les composants d'une ontologie classes, instances, propriétés et axiomes. Il repose sur la syntaxe des triplets RDF et réutilise certaines des constructions RDFS et de RDF/XML.

L'éditeur protégé repose sur ce langage, il génère des fichiers dont l'extension est **.owl.**

1.3) Le langage RDF-Ressource Description Framework :

Afin de permettre l'échange des données entre les catalogues de manuscrits arabes et assurer l'interopérabilité entre ces différents formats d'encodage, il est nécessaire de disposer d'un formalisme. C'est le but de RDF dont le développement et la normalisation sont assurés par le consortium W3C. RDF est un modèle d'organisation théorique et logique de l'information.

1.3.1) Qu'est ce que RDF ?

En RDF, toutes les ressources doivent obligatoirement être identifiées par des URI.

Le RDF fournit un formalisme permettant de décrire, sous la forme d'un lien typé, la nature de la relation entre deux ressources désignées par leurs URI.

Conçu pour la description des ressources sur le web, il permet de décrire leurs propriétés sous forme de déclarations simples.

Une déclaration comporte trois éléments :

- **Sujet** (Data Properties) : Peut être une ressource (URI) ou un nœud vide (ressource sans la nommer).
- **Prédicat** (Objet Properties) : Propriété ou relation.
- **Objet** (Concept) : Peut être une ressource (URI) ou un nœud vide ou un littéral.

Exemple : Un manuscrit a pour auteur Al-Soufi.

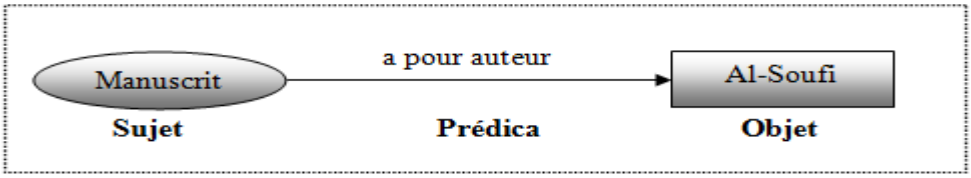


Figure 21: Représentation graphique d'une déclaration RDF

Remarque :

- Les ressources sont représentées sous forme d'une ellipse.
- Les littéraux sont représentés sous forme d'un rectangle.

RDF peut être stocké sous le format XML, on parle alors de RDF/XML. L'exemple précédent «Un manuscrit a pour auteur Al-Soufi» donnera en RDF/XML ce qui suit :

```
<? xml version="1.0» ?>
        <rdf: RDF>
                xmlns: ex=" http://catalogage/#"
                <rdf : Description about = " http://catalogage/#Manuscrit">
                        <ex : author > Al-Soufi </ ex : author>
                </ rdf : Description>
        </ rdf: RDF>
```

Figure 22: Représentation d'une déclaration en RDF

1.4) Passage des formats d'encodage vers le modèle RDF :

Les différents formats d'encodage passés en revue dans le chapitre 3, tels que l'EAD, la TEI-ms et le MARCXML reposent tous sur la même approche d'encodage des catalogues des manuscrits arabes, chacun d'eux est propre à une institution donnée. Hors que, l'émergence des technologies du Web sémantique (Web 3.0) qui se reposent sur le principe d'inférence et des URI, rend le catalogage traditionnel des manuscrits limité en sens sémantique et en sens universel.

Par conséquent, le passage de ces formats d'encodage vers un modèle d'encodage universel qui nous offre un grand champ sémantique des métadonnées est une nécessité : il s'agit du modèle RDF (Ressource Description Framework)

1.4.1) les règles de passage :

Dans ces travaux de recherche sur le catalogage dynamique des manuscrits arabes **[Soualah, 2018]** a proposé quatre règles de passage des formats d'encodage du catalogue vers le modèle RDF :

Règle 01 : Tout élément d'un format d'encodage définit par une balise est transformé en sujet.

Règle 02 : Toute liaison hiérarchique directe entre deux éléments donne naissance à un prédicat, dont le sujet est représenté par l'élément parent et l'objet par l'élément fils.

Règle 03 : Tout attribut d'un élément engendre un prédicat de type sujet-littéral. Le nom de l'attribut est transformé en prédicat et sa valeur en littéral.

Règle 04 : La valeur d'un élément engendre une liaison sujet-prédicat. Le nom de l'élément est le prédicat et sa valeur littérale.

1.4.2) Application :

a) Passage TEIms/XML vers RDF/ XML :

Prenons pour exemple, la partie d'une notice bibliographique de l'élément <msItem> :

```
<msItem>
        <title> شرح خطبة ألفية ابن مالك </title>
        <incipit> البسملة..أقول: لما كان ذكر واجب الوجود.... </incipit>
        <explicit> "الفوائد المسجلة, شرح البسملة و الحمدلة" و في كل بحث تركته مع جوابه استغناء بذكرهما في
من شرح البنانى علي خطبة....
        </explicit>
</msItem>
```

Figure 23: Exemple d'une notice bibliographique en TEIms

- Application des règles de passage TEIms/XML vers RDF/ XML :

Règle 01 : l'élément <msItem> est transformé en Sujet.

Règle 02 : les éléments <title>, <incipit> et <explicit> sont des prédicats du sujet msItem.

Regle03 : les attributs title, incipit et explicit sont transformés en prédicats, dont les valeurs sont respectivement : شرح خطبة ألفية ابن مالك , البسملة..أقول: لما كان ذكر واجب الوجود... et و في كل بحث تركته مع جوابه استغناء بذكرهما في "الفوائد المسجلة, شرح البسملة و الحمدلة" من شرح البنانى على خطبة et transformées en littéraux.

- Ce qui nous donnera en graphe RDF :

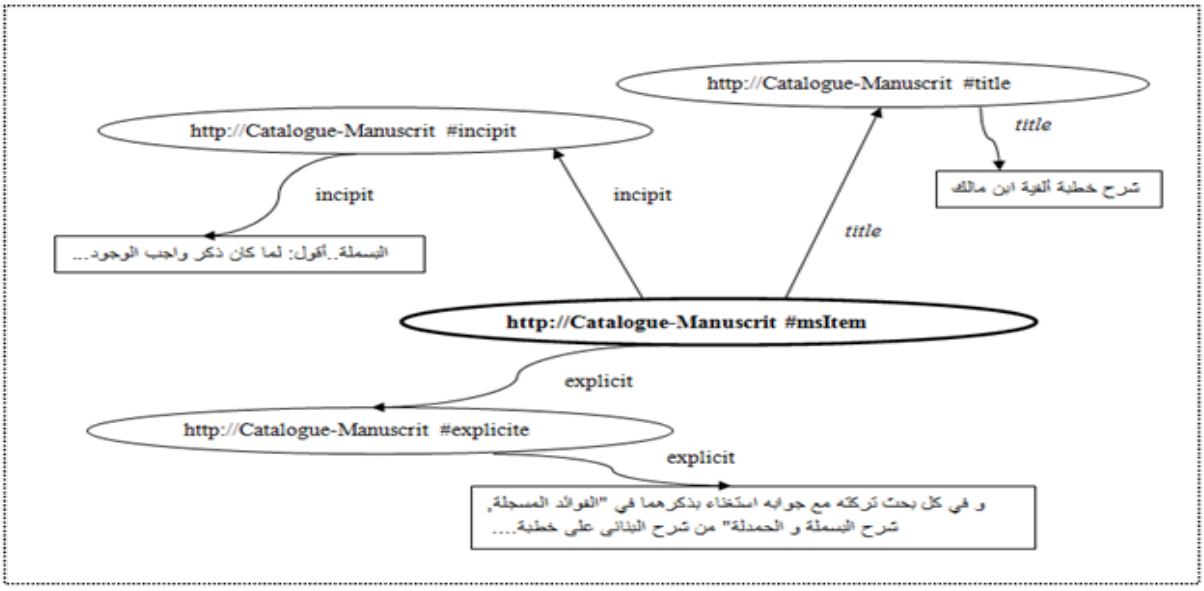


Figure 24: Graphe RDF de la notice bibliographique en TEIms

- La représentation RDF/XML du graphe RDF :

```
<? xml version="1.0"?>
<rdf: RDF
        xmlns : Ex=" http:// Catalogue-Manuscrit/rdf#" >
        <rdf:Description rdf: about="http://Catalogue-Manuscrit#msItem">
                < Ex : title rdf: resource =" http://Catalogue-Manuscrit/msItem#title" > شرح خطبة ألفية ابن مالك
                </ Ex : title>
        </rdf:Description>
        <rdf: Description rdf: about=" http://Catalogue-Manuscrit#msItem ">
                <Ex : incipit rdf: resource =" http://Catalogue-Manuscrit/msItem#incipit" >البسملة,,أقول: لما كان
        ذكر واجب الوجود... </ Ex : incipit>
        </rdf:Description>
        <rdf: Description rdf: about=" http://Catalogue-Manuscrit#msItem ">
         <Ex :explicit rdf: resource =" http://Catalogue-Manuscrit/msItem#explicit" > و في كل بحث تركته مع جوابه
                                استغناء بذكرهما في "الفوائد المسجلة, شرح البسملة و الحمدلة" من شرح البناني على خطبة
        </Ex : explicit>
        </rdf:Description>
</rdf: RDF>
```

Figure 25: Représentation RDF/XML du graphe RDF de l'élément msItem

- Comparaison avec le fichier RDF généré par l'ontologie dans protégé :

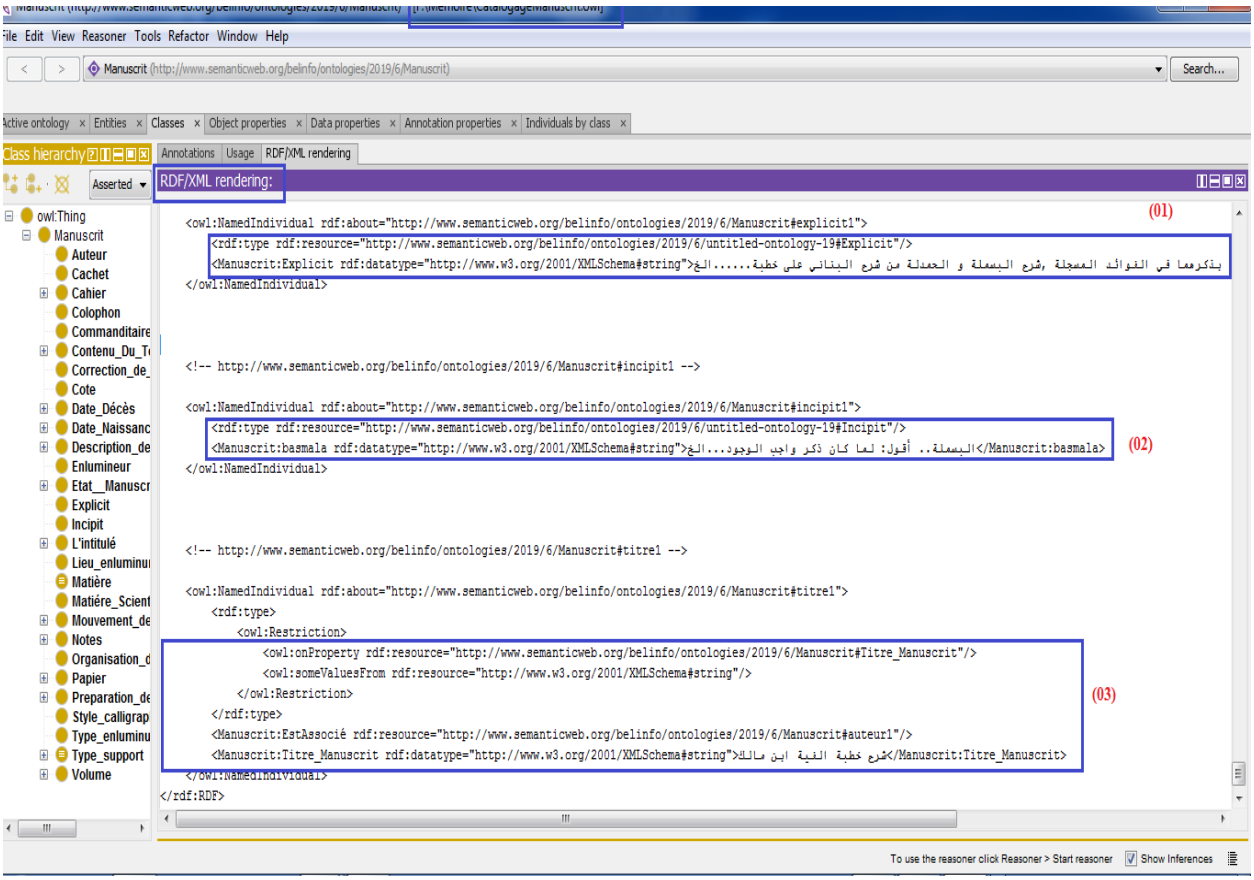


Figure 26: Catalogage de la notice bibliographique sous l'ontologie

En comparant les deux fichiers RDF/XML illustrés, respectivement, dans la Figure 25 et la Figure 26, nous constatons que les éléments de la notice bibliographique encodés en TEIms/XML, à savoir <**explicit**>, <**incipit**> et <**title**>, existent dans le fichier RDF/XML généré par l'ontologie dans protégé **(1, 2, 3 sur la Figure 26)**.

b) Passage MARCXML vers RDF/ XML

Prenons pour un autre exemple, la partie d'une notice bibliographique de l'élément <author> :

```
<author>
        <ism> محمد بن محمد بن حمدون البناني </ism>
        <kuniya> بن محمد </ kuniya >
        <laqab> محمد </ laqab >
        <nisba>البناني </nisba>
</author>
```

Figure 27: Exemple d'une notice bibliographique en MARCXML

- Application des règles de passage MARCXML vers RDF/ XML :

Règle 01 : l'élément <author> est transformé en Sujet.

Règle 02 : les éléments <ism>, <kunya>, <laqab> et <nisba> sont des prédicats du sujet author.

Regle03 : les attributs ism, kunya, laqab, nisba sont transformés en prédicats, dont les valeurs sont respectivement : البناني et بن محمد , محمد, محمد بن محمد بن حمدون البناني et transformées en littéraux.

- La représentation RDF/XML de l'élément <author> :

```
<? xml version="1.0"?>
<rdf: RDF
        xmlns : Ex=" http:// Catalogue-Manuscrit/rdf#" >
        <rdf: Description  rdf: about="http://Catalogue-Manuscrit#author">
        < Ex : ism rdf: resource =" http://Catalogue-Manuscrit/author#ism"  > محمد بن محمد بن حمدون البناني </ Ex :
        ism>
        </rdf: Description>
        <rdf: Description rdf: about=" http://Catalogue-Manuscrit#author ">
        <Ex : kuniya rdf: resource =" http://Catalogue-Manuscrit/author#kuniya"   >بن محمد  </ Ex : kuniya>
        </rdf: Description>
        <rdf: Description rdf: about=" http://Catalogue-Manuscrit#author ">
        <Ex : laqab rdf: resource =" http://Catalogue-Manuscrit/author#laqab"    >  محمد </Ex : laqab>
        </rdf: Description>
        <rdf: Description rdf: about=" http://Catalogue-Manuscrit#author ">
        <Ex : nisba rdf: resource =" http://Catalogue-Manuscrit/author#nisba"    >البناني </Ex : nisba>
        </rdf: Description>
</rdf: RDF>
```

Figure 28: Représentation RDF/XML de l'élément <author>

- Comparaison avec le fichier RDF généré par l'ontologie dans protégé :

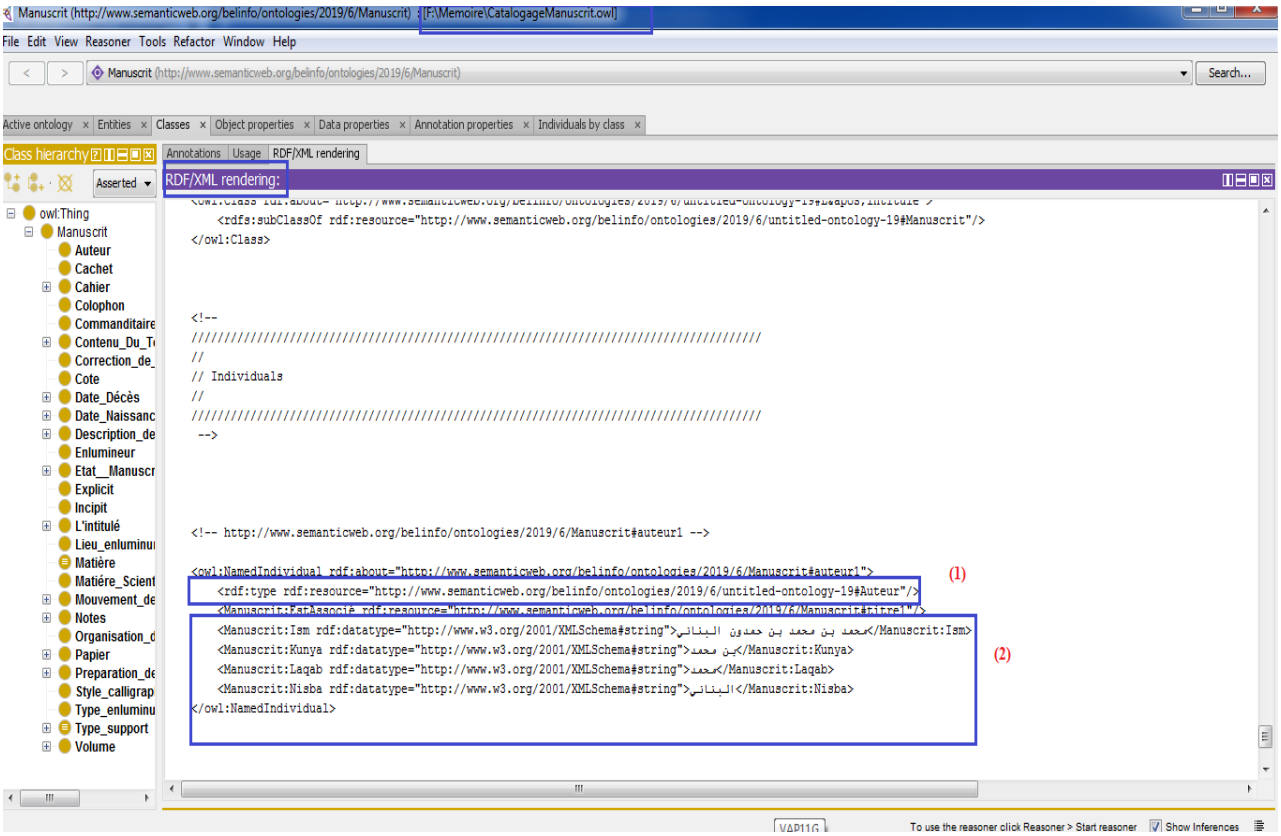


Figure 29: Catalogage de la notice bibliographique en MARCXML sous l'ontologie

En comparant les deux fichiers RDF/XML illustrés, respectivement, dans la Figures 28 et la Figure 29, nous constatons que les éléments de la notice bibliographique encodés en MARCXML, à savoir <**ism**>, <**kuniya**>, <**laqab**> et <**nisba**>, existent dans le fichier RDF/XML généré par l'ontologie dans protégé **(1 et 2 sur la Figure 29)**.

De plus, ils présentent la même structure syntaxique dans les deux cas, ce qui justifie la compatibilité des différents formats d'encodage grâce à l'ontologie.

Conclusion :

Dans ce dernier chapitre, consacré à l'écriture de l'ontologie de catalogage des manuscrits arabes anciens, nous avons montré la construction d'un catalogue universel, favorisant la compatibilité entre les différents formats d'encodage des manuscrits arabes qui passe, impérativement, par l'utilisation d'une ontologie.

L'ontologie joue un double rôle, à savoir :

- Assurer la compatibilité entre les différents catalogues d'encodage des manuscrits arabes anciens. Ce qui optimise l'accès aux divers catalogues indépendamment de leur format d'encodage.

- Offrir un accès personnalisé aux connaissances des catalogues, grâce aux liens directs existant entre les concepts d'un même catalogue. Cet aspect répond aux besoins et à la philosophie du Web sémantique, un Web de données, dont l'objectif principal est l'optimisation des inférences.

Pour se faire, en premier lieu, nous avons écris l'ontologie relative au domaine des manuscrits arabes tout en s'appuyant sur un certain nombre d'axiomes. Par la suite, nous avons généré le fichier RDF/XML de l'ontologie.

Dans le but de vérifier la pertinence de notre modélisation, nous avons procédé à la comparaison des fichiers d'encodage sous le format TEI-ms/XML et sous le format marcXML au fichier de catalogage généré par l'ontologie sous le format RDF/XML. La correspondance exacte des deux fichiers nous a permis de conclure sur la pertinence de l'ontologie.

Par conséquent, nous déduisons que l'usage d'une ontologie pour le catalogage des manuscrits arabes anciens est une solution permettant d'éliminer les frontières intellectuelles entre les partisans de différents modèles d'encodage de catalogue (EAD, TEI-ms et marcXML). De plus, elle permettra un accès implicite vers les différents catalogues en utilisant une et même requête.

Conclusion générale

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale :

Les manuscrits arabes anciens représentant un patrimoine d'une valeur inestimable, se retrouvent dans la majorité des cas mal conservés et dispersés entre diverses institutions telles que, les bibliothèques, les mosquées, les édifices religieux et parfois, même détenu par des particuliers. Toutes ces contraintes, rendent l'accès à ces ressources très difficiles, voir impossible.

Le manuscrit est souvent, exposé à la menace de la détérioration à cause de sa fragilité. La numérisation du manuscrit est une solution qui assure à la fois, sa pérennité et son accessibilité. Toutefois, cette dernière nécessite une coopération de catalogage.

Le processus de catalogage procède à la description du manuscrit selon ses aspects codicologiques, paléographiques et historiques. La finalité de ce processus est la création de notices bibliographiques définissant le catalogue.

Les notices bibliographiques permettent un accès simple selon divers critères (accès par nom, par titre, etc.) à ces ressources numérisés. Elles sont décrites par un protocole de catalogage, représenté par des métadonnées descriptives de manuscrits.

Par ailleurs, la représentation des métadonnées est réalisée par une multitude de formats d'encodage (EAD, TEI-ms, marcXML, etc.), ce qui complique amplement la possibilité d'accès simultanée à ces diverses ressources et éventuellement, l'interchangeabilité de notices bibliographiques entre institutions de catalogage.

La recherche d'une interopérabilité et la mise en œuvre d'un modèle de catalogage universel des manuscrits arabes anciens encourage la conception d'une ontologie dédiée à cette fin. Ainsi, notre travail est entièrement consacré à la conception de la dite ontologie. Il constitue une ébauche fondamentale pour la standardisation du protocole de catalogage de manuscrits arabes, qui à ce jour demeure un point de désaccord entre les divers spécialistes du domaine.

Par ailleurs, Les techniques d'informatisation ont révolutionné la bibliothèque classique. Aujourd'hui, de nombreuses bibliothèques passent au monde numérique et l'accès aux manuscrits arabes anciens numérisés est facilité en utilisant des modèles d'accès faisant appel aux techniques de recherche d'informations. Il le sera encore plus, en intégrant les concepts du Web sémantique dans la modélisation du catalogue.

Pour ce faire, nous avons proposé un format de catalogage guidé par l'ontologie. Cette dernière renferme toutes les connaissances relatives aux techniques de catalogage de manuscrits

arabes anciens. De plus, l'usage des techniques de liaison de données (Linked data) permet d'interconnecter sémantiquement toutes les métadonnées ; ce qui améliore considérablement l'accès à l'information recherchée.

La conception de l'ontologie est passée par plusieurs étapes, à savoir l'acquisition des connaissances relatives aux domaines du catalogage des manuscrits arabes anciens, la modélisation des axiomes par la représentation de liens sémantiques et l'implémentation de l'ontologie sous protégé 2000. La compatibilité des différents formats d'encodage actuellement, utilisés par les institutions de conservation des manuscrits et le modèle RDF/XML généré par l'ontologie implémentée sous protégé 2000 a permis de conclure la pertinence de notre approche.

Perspectives

Souvent, nous entendons parler de bibliothèque virtuelle que l'on confond, par abus de langage avec une bibliothèque électronique, digitale ou voir numérisée. En effet, si le second modèle de bibliothèque a trait essentiellement au support et à la nature de l'information, le premier définit une bibliothèque, comme une structure sans murs dont les collections et les services sont mis en réseau et partagés avec les usagers **[Tellier, 1997].**

Tenant compte de cette définition, il serait intéressant de penser à la mise en œuvre d'une bibliothèque de manuscrits arabes numérisés universelles. Cela semble être une utopie aux yeux des catalogueurs. Bien au contraire, la solution d'un catalogue guidé par une ontologie peut être extrapolée pour assurer un accès vers tout catalogue de manuscrits numérisés, encodé dans n'importe quel format.

En effet, l'idée est de fédérer l'ensemble des catalogues par l'ontologie, qui renferme toute la connaissance relative au catalogage des manuscrits arabes numérisés.

Le modèle de bibliothèque virtuelle que nous proposons est structuré comme suit :

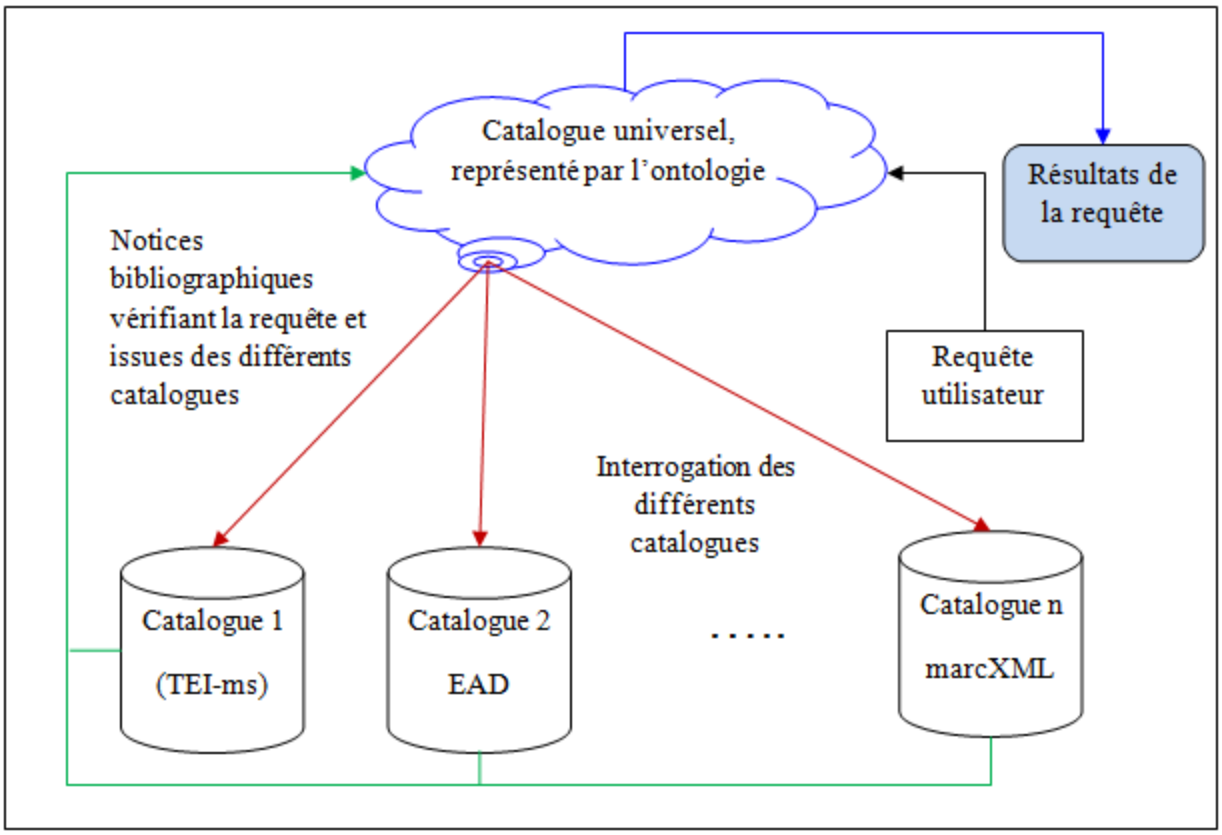


Figure 30 : Structure d'une bibliothèque de manuscrits arabes anciens virtuelle universelle

Une telle solution se donne pour objectif de briser toute frontière issue des modèles d'encodage ou des protocoles de catalogage des manuscrits arabes anciens. Par ailleurs, sa mise en œuvre nécessitera une architecture et un modèle de recherche d'information adéquats.

Glossaire :

Acéphale : Un manuscrit acéphale est un manuscrit tronqué au commencement ou qui contient des informations manquantes.

Ais : Planchette de bois servant de plat pour la reliure.

Cahier : Ensemble de feuilles pliées 1, 2, 3 ou 4 fois, puis découpées.

Codex : Mot latin qui désigne le livre formé de feuilles pliées et assemblées en cahiers, et couvert d'une reliure.

Collation (***muqābala en arabe***) : Comparaison des différents manuscrits d'une même œuvre.

Colophon : Court texte terminant un manuscrit qui livre des informations sur copiste, la date de réalisation, le commanditaire.

Contreplat : Face interne de l'ais.

Copiste : Personne qui, avant l'invention de l'imprimerie, copiait et transcrivait les textes des manuscrits.

Côté chair/ côté poil : Coté du parchemin qui était en contact avec la chair de l'animal par opposition au côté poil (côté où les poils sont implantés).

Couvrure : Pièce de peau ou de tissu qui recouvre le dos et les ais. Pour les peaux, sauf indication contraire, le côté chair est placé contre l'ais.

Décoration marginale : Décoration dans la marge des manuscrits.

Enlumineur : Peintre chargé de la décoration des manuscrits.

Enluminure : Ensemble des éléments décoratifs et des miniatures exécutés dans un manuscrit.

Fermoir : Élément qui sert à maintenir l'ouvrage fermé.

Feuillet ou folio : Dans un manuscrit, il s'agit de deux pages, c'est-à-dire d'un recto et d'un verso. Le numéro du folio est indiqué sur le seul recto (ou verso) du feuillet.

Filigrane : Marque du papetier qui figure en transparence sur la feuille.

Frontispice : Illustration placée en regard de la page de titre du manuscrit. Néanmoins, dans certains cas, une page de frontispice peut se retrouver à la place de la page de titre ou quelques pages avant celle-ci.

Glose, glosé : Gloser un texte, signifie le commenter, en y ajoutant des notes explicatives permettant d'en préciser le sens.

Omission : Faute de copiste consistant en l'oubli involontaire d'une lettre, d'un mot, d'un passage.

Parchemin : Peau de veau, chèvre ou mouton qui est traitée pour pouvoir servir de support d'écriture.

Parcheminier : Personne qui fabrique du parchemin.

Piqûre : Série de petits trous ou fentes alignés sur le feuillet, destinés à guider le traçage de la réglure.

Plat : Support formant la couverture d'un livre relié. Il peut être rigide (bois) ou plus souple (carton).

Rabat : Partie de couvrure débordant d'un plat, qui vient se fixer sur le plat opposé en passant par-dessus la tranche du volume qui se trouve ainsi protégée.

Réclame : Inscription en bas de page qui reprend les premiers mots de la page suivante. Souvent située à fin d'un cahier, elle permet de s'assurer que les feuilles ou les cahiers sont dans le bon ordre.

Réglure : Ensemble de lignes tracées sur la page avant l'écriture qui sert à la mise en page.

Vergeures : Marques sur le papier des fils de laiton droits d'une forme à papier tendus à très courte distance les uns des autres parallèlement au grand côté, perpendiculaires aux fils de chaîne.

Volumen : Rouleau en papyrus ou en parchemin ou le texte est écrit perpendiculairement au sens du déroulement.

Bibliographie :

[AFNOR, 2009] AFNOR. (2009, octobre). Manuel d'encodage; faire un répertoire ou un inventaire simple en EAD (Description archivistique encodée). Consulté le 14 08, 2019, sur enssib; Ecole nationale supérieur des sciences de l'information et des bibliothèques.

[alamy, 2019] alamy. (2019). Image récupérée sur alamy: https://www.alamy.com/stock-photo/hafiz-shirazi.html

[Amir, 2011] Amir, S. (2011). Mémoire de fin f'études : Un système d'intégration des métadonnées dédiées au multimédia. Lille: Université des sciences et technologies.

[B.Duplessier,2014] B.Duplessier. (2014). Text Encoding Initiative. Consulté le 15 08, 2019. Accessible en ligne sur : https://stph.scenari-community.org/contribs/doc/cdt/tei1/co/definition.html

[Beaudry, 2007] Beaudry, G. (2007, 05 30). TEI-les moyens pour ajouter de la valeur à un texte numérisé. Consulté le 18 08, 2019 sur: http://cursus.ebsi.umontreal.ca/vol1no2/beaudry.html

[Bellassen, Medhat-Lecocq, & Ouvrard, 2012] Bellassen, J., Medhat-Lecocq, H., & Ouvrard, L. (2012). Ecritures, politiques linguistiques et didactique des langues. Paris: editions des archives contemporaines.

[BIZIMANA, 2009] BIZIMANA, B. (2009). Interopérabillté des éléments de métadonnees: vers une approche sémantique. Québec: université du québec à montréal.

[BnF, 2011] BnF - Enluminures en Islam. (2011, 10 12). Consulté le 30 07, 2019 sur: http://expositions.bnf.fr/islam/arret/03.htm de BNF

[BnF, 2015] BnF - Enluminures en terre d'Islam. (2015, 04 16). Consulté le 31 du 08, 2019. Disponible en ligne à l'adresse : http://expositions.bnf.fr/islam/grand/isl_018.htm

[BnF - l'aventure du livre - Arrêt sur] BnF - l'aventure du livre - Arrêt sur. (s.d.). Consulté le 08 01, 2019, sur L'Aventure du livre: http://classes.bnf.fr/livre/arret/histoire-du-livre/premiers-supports/index.htm

[BNF, Formats de catalogage] BNF. (2019). Formats de catalogage. Consulté le 8 de 8, 2019 sur BNF à l'adresse en ligne : https://www.bnf.fr/fr/formats-de-catalogage

[BNF-Marc, 2019] BNF-Marc. (2019). MARC en XML. Consulté le 17 Août, 2019, sur BNF: https://www.bnf.fr/fr/marc-en-xml

[Bounaceur & Kahloul, 2016] Bounaceur, m. s., & Kahloul, h. (2016). Elaboration D'un Environnement Virtuel Pour la Gestion Des Travaux Pratiques à distance. Ouargla, Algérie: https://bu.univ-ouargla.dz.

[BROCKELMANN, 2019] BROCKELMANN Encyclopaedia Iranica. (2019, 09 ,1). Consulté le 9 ,1, 2019, sur Encyclopædia Iranica à l'adresse en ligne : http://www.iranicaonline.org/articles/brockelmann-carl

[C.oger, & S.Simon,2014] C.oger, & S.Simon. (2014, 11 27). Source de type fichier pdf de l'université de Liège, Belgique. Dossier pédagogique : le livre manuscrit au Moyen Âge.

[C.Vallée, 2014] C.Vallée. (2014, decembre 10). Décrire des manuscrits et des fonds d'archives avec l'EAD (Encoded Archival Description). Consulté le 08 13, 2019, sur https://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/documents/66634-decrire-des-manuscrits-et-des-fonds-d-archives-avec-l-ead-encoded-archival-description.pdf

[Carton,2015] Carton, O. (2015, 10 13). L'essentiel de XML: Cours XML. Paris, Université Paris Diderot, France.

[Chan & Zeng, 2006] Chan, L. M., & Zeng, M. L. (2006, Juin). Metadata Interoperability and Standardization – A Study of Methodology Part I Achieving Interoperability at the Schema Level. D-Lib Magazine , p. http://www.dlib.org/dlib/june06/chan/06chan.html.

[Dr Meziane, 2013] Dr Meziane, A. (2013). Fichier pdf : Restauration des vieux manuscrits algériens. Consulté le 8 2, 2019, sur http://www.cerist.dz/doc/PNR/valorise/RESTAURATION_VIEUX_MANUSCRITS_ALGERIENS.pdf

[Dufournaud, 2012] Dufournaud, N. (2012, juillet 25). Manuel d'encodage TEI - Renaissance et temps modernes en format pdf. Consulté le 18 08, 2019, sur BVH: www.bvh.univ-tours.fr/XML-TEI/manuelTEIrenaissance3_2012.pdf

[EAD, 2013] EAD. (2013, juin). Historique et présentation de l'EAD. Consulté le 08 13, 2019. Accessible en ligne à l'adresse: https://ead-bibliotheque.fr/l-ead-en-bibliotheque/historique/

[Elbyed, 2009] Elbyed, A. (2009). ROMIE, une approche d'alignement d'ontologies à base d'instances. VAL D'ESSONNE: INSTITUT NATIONAL DES TELECOMMUNICATIONS.

[enssib, 2013] enssib. (2013, septembre 10). marc-formats. Consulté le 08 15, 2019 sur www.enssib.f: https://www.enssib.fr/le-dictionnaire/marc-formats.

[Garel & Michel, 1976] Garel, & Michel. (1976). Colophon dans le codex hébraïque médiéval/note de synthèse. Villeurbanne: enssib .

[GHORBEL, BAHRI & BOUAZIZ, 2008] GHORBEL, BAHRI, & BOUAZIZ. (2008, mars). Les langages de description des ontologies : RDF et OWL. Laboratoire Miracl , Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sfax, Tunisie.

[Groupe d'experts AFNOR, 2009] Groupe d'experts AFNOR, C. (2009, Octobre). Faire un répertoire ou un inventaire simple en EAD; Version 1.1 ;fichier en pdf réalisé avec la colaboration de plusieur experts.

[Guesdon.M, 2002] Guesdon.M, G. (2002, 11). La numérotation des cahiers et la foliotation dans les manuscrits arabes datés jusqu'à 1450. Consulté le 04 08, 2019, sur OpenEdition: https://journals.openedition.org/remmm/1177

[Guide du langage MOT, 2012] Guide du langage MOT, la modélisation par objets typés. (2012, 08 05). Consulté le 09 14, 2019, sur OntoCASE: http://ontocase.sourceforge.net/langage_mot/03-type-de-connaissances-de-mot.html

[guide-ead, 2019] guide-ead. (2019). Guide de bonnes pratiques. Consulté le 14 08, 2019 sur https://www.ead-bibliotheque.fr/guide/

[H.GHERBI, 2011] H.GHERBI. (2011). Projet de fin d'études : Construction d'une Ontologie pour le WEB Sémantique. SÉTIF: UNIVERSITÉ FERHAT ABBES SÉTIF1.

[H.Kaileh, 2004] H.Kaileh. (2004, 01 28). These de Doctorat : L'accès à distance aux manuscrits arabes, Partie2. Université Lumière Lyon 2, France.

[Hadjui,2012] Hadjui, F. (2012). Gestion des Ontologies Médicales. Tlemcen: univ-tlemcen.dz.

[IRHT, 2018] IRHT. (date de mise à 2018, août 6). Glossaires Codicologiques. Consulté le 04 08, 2019, sur IRHT: http://codicologia.irht.cnrs.fr/theme/liste_theme/313#tr-83

[IRHT,2019] IRHT. (2019, 07 09). Glossaires Codicologiques. Consulté le 07 20, 2019 sur Codicologia, consultable en ligne sur l'adresse : http://codicologia.irht.cnrs.fr/theme/liste_theme/413#tr-154

[IRHT, 2015] IRHT. (2015). Livret arabe. Consulté le 18 8, 2019, de l' Institut de recherche de l'histoire et du texte. Disponibleen ligne à l'adresse : https://www.irht.cnrs.fr/sites/default/files/images/images_contenu/images_contenu_site/pieces_jointes/livret_arabe.pdf?fbclid=IwAR3JgS6J6Xeg7qmSiYHoVayriWHQ7Ja7r4fK-Az0I1BsR8UPXtS35133vik

[IRHT, 2016] IRHT. (2016, 10 17). Stage d'initiation au manuscrit médiéval et au livre humaniste de l'Institut de Recherche en Histoire et du Texte. Consulté le 03 08, 2019 et accessible en ligne à l'adresse : https://www.irht.cnrs.fr/sites/default/files/images/images_contenu/images_contenu_site/pieces_jointes/livret2016.pdf

[Jamain.M., 2013] Jamain.M. (2013). Unité et diversités du livre. BNF. Fiche_livre2.pdf

[KOGEL, 2015] KOGEL, J. (2015). Rédaction d'une notice de manuscrit. Consulté le 09 01, 2019, sur IRHT. Disponible en ligne à l'adresse https://irht.hypotheses.org/728

[La- définition, 2009] La- définition. (2009). Consulté le 06 09, 2019, sur La-definition.fr. Disponible en ligne à l'adresse : http://www.la-definition.fr/definition/manuscrit

[Les écritures maghrébines, 2013] Les écritures maghrébines. (2013). Consulté le 01 08, 2019, sur Bnf - L'art du livre arabe disponible en ligne à l'adreese : http://expositions.bnf.fr/livrarab/arret_sur/ecritures/mag.htm

[M.Chaour & M.Kermani, 2014] M.Chaour, & M.Kermani. (2014, juin). Développement d'une ontologie floue et classification d'instances : Application au domainedes analyses médicales. Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master Recherche en Informatique, Département des Technologies des Logiciels et Systèmes d'Information, Université Constantine 2.

[M.Soualah, 2008] M.Soualah. (2008). Mémoire de Magister en Informatique : Numérisation des manuscrits arabes Catalogage et accès multilingue. Institut National de formation en Informatique (INI).

[M.Soualah & M.Hassoun, 2011] M.Soualah, & M.Hassoun. Article paru en 2011 « Which metadata for Ancient Arabic Manuscripts Cataloguing ? » sur le periodique DCMI International Conference on Dublin Core and Metadata Applications , pages 137-146.

[Martineau, 2008] Martineau, F. (2008, octobre 1). Protocole de codage TEI, Modéliser le changement: les voies du français. Ontario, Canada.

[N.Habak & A.Meziane, 2017] N.Habak, & A.Meziane. (2017, Mai). Les Manuscrits Arabes Anciens En Ligne : Pratiques et recommandations. Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique (CERIST). Ecole nationale supérieure d'informatique (ESI) , Algerie.

[N.Piérache, 2008] N.Piérache. (2008, 11). Document au format pdf : LE CATALOGAGE Description des documents : formats et normes. Ecole de documentation Hammamet. Consultable sur l'adresse : https://www.math.u-psud.fr › ~biblio › ecole › support › Cours-Catalogage

[Pinterest, 2019] Pinterest. (2019). Lucie Ruyter. Consulté le 31 08, 2019. Accessible en ligne à l'adresse Pinterest: https://www.pinterest.com › pin

[Protégé, 2013] Protégé | Fiche logiciel PLUME. (2013, 05 14). Consulté le 11 09, 2019, sur Plume: https://www.projet-plume.org/fr/fiche/protege

[Safar, Reynaud, & Calvier, 2007] Safar, B., Reynaud, C., & Calvier, F.-é. (2007, Octobre). Consulté le 08 19, 2019, sur https://www.researchgate.net/publication/228336826

[Soualah, 2018] Soualah. (2018). Thése de doctorat: catalogage adaptatif des manuscrits arabes anciens numérisés par extraction de métadonnées par analyse d'image. Alger: Ecole Superieure de Formation en Informatique (ESI).

[Svensson, 2015] Svensson, L. G. (2015). Jusqu'où l'interopérabilité est-elle nécessaire ? Consulté le 08 18, 2019, sur Canal 2: http://www.canalc2.tv/video/12643

[TEI, 2014] TEI. (2014). Text Encoding Initiative. Consulté le 15 08, 2019, sur scenari-community: https://stph.scenari-community.org/contribs/doc/cdt/tei1/co/historique.html

[Tellier, 1997] TELLIER, Sylvie (1997). Modèle de développement de bibliothèque virtuelle sur Web. Documentation et Bibliothèques, volume 43 numéro 2, Juin 1997. pp. 67 – 72

[Thierry, 2007] Thierry, C. (2007). En format pdf : De MARC à XML : Les nouveaux formats bibliographiques. Villeurbanne: ENSSIB.

[Yahia, 2011] Yahia, E. (2011). Contribution à l'évaluation de l'interopérabilité sémantique entre systèmes d'information d'entreprise : Application aux systèmes d'information de pilotage de la production. Nancy : Université Henri Poincaré , Nancy 1.

[Zeng & Chan, 2006] Zeng, M. L., & Chan, L. M. (2006, juin). Metadata Interoperability and Standardization – A Study of Methodology Part II Achieving Interoperability at the Record and Repository Levels. D-Lib Magazine , p. http://dlib.org/dlib/june06/zeng/06zeng.html.

Annexe : Extrait du fichier RDF/XML généré par l'ontologie :

```
<?xml version="1.0"?>

<rdf:RDF xmlns="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#"

    xml:base="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19"

    xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"

    xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"

    xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"

    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"

    xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"

    xmlns:Manuscrit="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#">

   <owl:Ontology rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit"/>

                                <!--  Object Properties     -->

   <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Codifier -->

   <owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Codifier">

      <rdfs:domain rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Cote"/>

      <rdfs:range>

         <owl:Restriction>

            <owl:onProperty rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Codifier"/>

            <owl:qualifiedCardinality rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#nonNegativeInteger">1</owl:qualifiedCardinality>

            <owl:onClass rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Manuscrit"/>

         </owl:Restriction>
```

```
        </rdfs:range>
    </owl:ObjectProperty>
    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#EstAssocié -->
    <owl:ObjectProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#EstAssocié">
        <rdfs:domain>
            <owl:Restriction>
                <owl:onProperty
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Titre_Manuscrit"/>
                <owl:allValuesFrom rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
            </owl:Restriction>
        </rdfs:domain>
        <rdfs:range rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Auteur"/>
    </owl:ObjectProperty>
    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Remplace -->
    <owl:ObjectProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Remplace">
        <rdfs:domain>
            <owl:Restriction>
                <owl:onProperty
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Titre_alternatif"/>
                <owl:allValuesFrom rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
            </owl:Restriction>
        </rdfs:domain>
        <rdfs:domain>
            <owl:Restriction>
                <owl:onProperty
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Titre_normalisé"/>
                <owl:allValuesFrom rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
            </owl:Restriction>
        </rdfs:domain>
```

```
        <rdfs:range>
            <owl:Restriction>
                <owl:onProperty
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Titre_Manuscrit"/>
                <owl:allValuesFrom rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
            </owl:Restriction>
        </rdfs:range>
    </owl:ObjectProperty>
```

< ! -- Data properties --></

<!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Alkhitab -->

```
    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Alkhitab">
        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Copiste"/>
        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Enlumineur"/>
        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Auteur"/>
        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Commanditaire_du_manuscrit"/>
        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
    </owl:DatatypeProperty>
```

<!--http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Date_Elaboration ->

```
    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Date_Elaboration
">
        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Manuscrit"/>
        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#dateTime"/>
```

```
    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Explicit -->

    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Explicit">

        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

    </owl:DatatypeProperty>

        <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Hamdala -->

    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Hamdala">

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Incipit"/>

        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Ism -->

    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Ism">

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Copiste"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Enlumineur"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Auteur"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Commanditaire_du_manuscrit"/>

        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

    </owl:DatatypeProperty>

        <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Kunya -->

    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Kunya">
```

```
        <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#topDataProperty"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Copiste"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Enlumineur"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Auteur"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Commanditaire_du_manuscrit"/>

        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Laqab -->

    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Laqab">

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Copiste"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Enlumineur"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Auteur"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Commanditaire_du_manuscrit"/>

        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Nisba -->

    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Nisba">

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Copiste"/>
```

```
        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Enlumineur"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Auteur"/>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Commanditaire_du_manuscrit"/>

        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

    </owl:DatatypeProperty>

 <!--http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Titre_Manuscrit -->

    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Titre_Manuscrit"
>

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Manuscrit"/>

        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

    </owl:DatatypeProperty>

    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#basmala -->

    <owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#basmala">

        <rdfs:domain
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Incipit"/>

        <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

    </owl:DatatypeProperty>

                                <!—Classes -->

    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Cote -->

    <owl:Class
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Cote">

        <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Manuscrit"/>
```

```
    </owl:Class>

    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Date_Décès -->

    <owl:Class
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Date_Décès">

        <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Manuscrit"/>

    </owl:Class>

<!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Date_Naissance -->

    <owl:Class
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Date_Naissance"
>

        <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Manuscrit"/>

    </owl:Class>

    <!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Reliure -->

    <owl:Class
rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Reliure">

        <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Volume"/>

    </owl:Class>

<!--http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Auteur->

    <owl:Class rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-
ontology-19#Auteur">

        <rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-
19#Manuscrit"/>

    </owl:Class>

<!--http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Explicit->

    <owl:Class rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-
ontology-19#Explicit">
```

<rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Manuscrit"/>

</owl:Class>

<!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Incipit->

<owl:Class rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Incipit">

<rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Manuscrit"/>

</owl:Class>

<!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Manuscrit -->

<owl:Class rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Manuscrit"/>

< !-- Individuals -->

<!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#auteur1 -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#auteur1">

<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Auteur"/>

<Manuscrit:EstAssocié rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#titre1"/>

<Manuscrit:Ism rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">محمد بن محمد بن حمدون البناني</Manuscrit:Ism>

<Manuscrit:Kunya rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">بن محمد</Manuscrit:Kunya>

<Manuscrit:Laqab rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">محمد</Manuscrit:Laqab>

<Manuscrit:Nisba rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">البناني</Manuscrit:Nisba>

</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#explicit1 -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#explicit1">

<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Explicit"/>

<Manuscrit:Explicit rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"> و في كل بحث تركته مع جوابه استغناء بذكرهما في الفوائد المسجلة ,شرح البسملة و الحمدلة من شرح البناني على خطبة.....الخ</Manuscrit:Explicit>

</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#incipit1 -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#incipit1">

<rdf:type rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/untitled-ontology-19#Incipit"/>

<Manuscrit:basmala rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"> ..البسملة أقول: لما كان ذكر واجب الوجود...الخ</Manuscrit:basmala>

</owl:NamedIndividual>

<!-- http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#titre1 -->

<owl:NamedIndividual rdf:about="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#titre1">

<rdf:type>

<owl:Restriction>

<owl:onProperty rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#Titre_Manuscrit"/>

<owl:someValuesFrom rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>

</owl:Restriction>

</rdf:type>

<Manuscrit:EstAssocié

rdf:resource="http://www.semanticweb.org/belinfo/ontologies/2019/6/Manuscrit#auteur1"/>

<Manuscrit:Titre_Manuscrit rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">شرح خطبة الفية ابن مالك</Manuscrit:Titre_Manuscrit>

</owl:NamedIndividual>

</rdf:RDF>

<!-- Generated by the OWL API (version 4.5.9.2019-02-01T07:24:44Z) https://github.com/owlcs/owlapi -->