1. Introduction :

Les ontologies sont à l'heure actuelle au cœur des travaux menés en ingénierie des connaissances et ont prouvé leurs utilité dans de nombreux domaines tels que : l'intelligence artificielle, l'intégration des sources de données, la recherche d'information, l'e-commerce et sont au cœur du web sémantique. Cet engouement est motivé par le fait que les ontologies sont un moyen efficace pour la gestion et le partage des connaissances d'un domaine particulier entre personnes et /ou systèmes mais aussi que leurs champ d'application ne cesse de s'élargir et couvre aussi les systèmes d'aide à la décision, les systèmes de résolution de problèmes ou les systèmes de gestion de connaissances.

Ce chapitre est consacré à la définition de l'ensemble des composants constituant une ontologie, ces principaux rôles et les différents types d'ontologies, son cycle de vie, les activités qui concernent son processus de développement, les méthodes et les cadres méthodologiques de sa construction, ainsi que les outils et les langages d'implémentation et représentation d'ontologie.

2. Origine des ontologies :

Le terme « ontologie » a été utilisé pour la première fois par les philosophes GREC dans une discipline qui a plus de 2300 ans, qui traite les différents genres d'entités dans le monde, et les relations entre ces gens. Dans cette discipline le mot « ontologie » se décompose en deux mots : Ontos: l'être, ce qui est, et de Logos qui signifie discours. En résume l'ontologie c'est l'étude de ce qui existe.

L'ontologie partie de la métaphysique qui s'attache à l'étude ou à la théorie de l'être dans son essence, indépendamment des phénomènes de son existence. Utilisée dans le cadre de construction des systèmes à base de connaissances. L'idée était de séparer, d'un côté, la modélisation des connaissances d'un domaine, et d'un autre côté, l'utilisation de ces connaissances.

Les ontologies sont donc à l'origine d'une branche de la philosophie qui s'intéresse à la nature et l'organisation de la réalité, correspondent à ce qu'Aristote appela la philosophie première, *protè*

philosopha, c'est à dire *la partie de la métaphysique qui s'intéresse à l'être entant qui être*, par opposition aux philosophies secondes qui s'intéressent à l'étude des manifestations de l'être (les *exista*nts).

La notion d'ontologie a été abordée pour la première fois par John McCarthy dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA). Il affirmait déjà en 1980 que les concepteurs des systèmes intelligents fondés sur la logique devraient d'abord énumérer tout ce qui existe [**1**]. Cette approche présentée par John McCarthy n'est pas la seule puisque par la suite plusieurs définitions ont été proposées par d'autres auteurs du domaine.

3. Définition :

Plusieurs définitions ont vu le jour dans ces vingt dernières années, mais sans doute la définition la plus référencée et aussi la plus synthétique est sans doute celle donnée par Neeches et ses collègues, furent les premiers à proposer une définition de l'ontologie.

Ils ont défini l'ontologie comme : « 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 ». [2]

En 1993, GRUBER propose la définition suivante: « Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation» [3]

En 1995, GUARINO a modifié légèrement la définition de GRUBER par :

« Une ontologie est une spécification partielle et formelle d'une conceptualisation » [4]

En 1997, ces deux dernières définitions sont regroupées dans celle de BORST comme :«une ontologie est définie comme étant une spécification formelle d'une conceptualisation partagée » [5]

- ***Conceptualisation*** : le modèle abstrait d'un phénomène du monde réel par identification des concepts clefs de ce phénomène.
- ***Explicite*** : le type de concepts utilisés et les contraintes liés à leur usage sont définis explicitement.
- ***Formelle*** : une ontologie doit être traduite en langage interprétable par une machine.
- ***Partagée*** : capture la connaissance consensuelle, c'est –à-dire non réservée à quelques individus, mais partagée par un groupe ou une communauté.

une ontologie est un ensemble structuré de concepts permettant de donner un sens aux informations. Ces concepts sont organisés dans un graphe dont les relations peuvent être :

- *des relations sémantiques ;*
- *des relations de composition et d'héritage (au sens objet).*

Clairement, une ontologie permet d'exprimer les concepts d'un domaine en les organisant hiérarchiquement et en définissant leurs propriétés sémantiques dans un langage de représentation des connaissances formel. Favorisant le partage d'une vue consensuelle sur ce domaine entre les applications informatiques qui en font usage [6].
L'objectif premier d'une ontologie est alors de définir et aussi de bien modéliser un ensemble de connaissances (représentation des connaissances) dans un domaine donné, et de mettre d'accord sur un sujet particulier avec un objectif commun.

4. Les éléments constituant une ontologie

La connaissance dans les ontologies est principalement formalisée en utilisant les cinq types de composantes à savoir : Concepts(ou classes), Relations(ou propriétés), Fonctions, Axiomes(ou règles), et Instances (ou individus).

4.1. Les concepts (classes):

Un concept est un constituant de la pensée, il peut représenter un principe, une idée, une notion ou encore tout type d'objet, sémantiquement évaluable et communicable.
Un concept est désigné par un terme (ou plusieurs) lexical, expliqué par une notion et instancier par un ensemble d'objets [7] :

- ***le terme :*** est un élément lexical qui permet d'exprimer le concept en langue naturelle, il peut admettre des synonymes.
- ***La notion (extension du concept) :*** regroupe les objets définis par le concept, ces objets sont appelées **instances** du concept.

A titre d'exemple, le terme « lapin» renvoie à la notion « animal» possédant de longues oreilles et une queue, et a l'ensemble des objets ayant cette description.

Ces trois derniers points composent le triangle de sémantique (Meaning triangle)

Proposé par Sowa et représente dans la figure suivante :

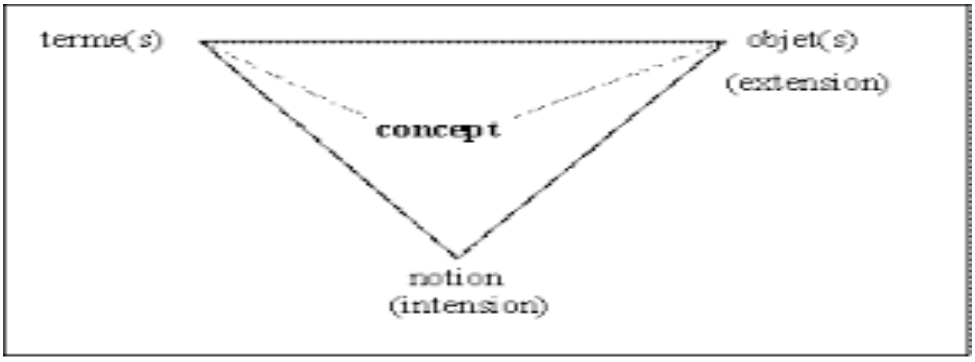

Figure 1.1 : le triangle de sémantique.

A la lumière de ce qui est présenté, un concept peut donc décrire une tâche, une fonction, une action, une stratégie …etc.

Il reste à noter que le concept possède un ensemble de propriétés et qui sont divisées en : des propriétés portant sur un seul concept et des propriétés portant sur deux concepts.

4.1.1. Les propriétés portant sur un concept :

- **La généricité :** un concept est générique s'il n'admet pas d'extension.

Exemple : la vérité est un concept générique [6].

- **L'identité :** un concept porte une propriété d'identité si cette propriété permet de conclure quant à l'identité de deux instances de ce concept. Cette propriété peut porter sur des attributs du concept ou sur d'autres concepts.

Exemple : le concept d'étudiant porte une propriété d'identité liée au numéro de l'étudiant, deux étudiants étant identiques s'ils ont le même numéro [6].

- **La rigidité :** un concept est rigide si toute instance de ce concept en reste instance dans tous les mondes possibles.

Exemple : humain est un concept rigide, étudiant est un concept non rigide [6].

- **L'anti-rigidité :** un concept est anti-rigide si toute instance de ce concept est essentiellement définie par son appartenance à l'extension d'un autre concept.

Exemple : étudiant est un concept anti-rigide car l'étudiant est avant tout un humain [6].

4.1.2. Les propriétés portant sur deux concepts :

-L'équivalence : deux concepts sont équivalents s'ils ont la même extension.
Exemple : étoile du matin et étoile du soir.[6]

- La disjonction : (on parle aussi d'incompatibilité) deux concepts sont disjoints si leurs extensions sont disjointes. *Exemple* : homme et femme. [6]

4.2. Les Relations :

Tout comme les concepts, Les relations doivent également être définies dans l'ontologie. Cependant, elles ne se définissent pas de la même manière que les concepts, car unissant des concepts, elles se caractérisent à partir d'eux. Si l'on ne retient que des relations binaires, Les relations se définissent de la manière suivante :
-Une relation se définit par les concepts qu'elle relie. Ces concepts constituent la *signature sémantique* de la relation.
- Elle se définit en outre par un contenu sémantique intrinsèque articulant les Concepts.

4.2.1Les propriétés intrinsèques à une relation :

-**Les propriétés algébriques :** symétrie, réflexivité, transitivité

-**La cardinalité :** nombre possible de relations de ce type entre les mêmes concepts (ou instances de concept). Les relations portant une cardinalité représentent souvent des attributs. *Exemple*: une pièce a au moins une porte.

4.2.2Les propriétés liant deux relations :

• **L'incompatibilité :** deux relations sont incompatibles si elles ne peuvent lier les mêmes instances de concepts.

Exemple : Les relations « être rouge » et « être vert » sont incompatibles ;

• **L'inverse :** deux relations binaires sont inverses l'une de l'autre si, quand l'une lie deux instances I1 et I2, l'autre lie I2 et I1.

Exemple : les relations « a pour père » et «a pour enfant» sont inverses l'une de l'autre.

• **L'exclusivité :** Deux relations sont exclusives si, quand l'une lie des instances de concepts, l'autre ne lie pas ces instances, et vice-versa. L'exclusivité entraîne l'incompatibilité.

Exemple : l'appartenance et le non appartenance sont exclusives.

4.2.3. Les propriétés liant une relation et des concepts :

· **Le lien relationnel :**

Il existe un lien relationnel entre une relation R et deux concepts C1 et C2 si, pour tout couple d'instances des concepts C1 et C2, il existe une relation de type R qui lie les deux instances de C1 et C2. Un lien relationnel peut être contraint par une propriété de cardinalité, ou porter directement sur une instance de concept [**16**].*Exemple* : Il existe un lien relationnel entre les concepts « texte » et «auteur » d'une part et la relation « a pour auteur » d'autre part.

· **La restriction de relation :** Pour tout concept de type C1, et toute relation de type R liant C1, les autres concepts liés par la relation sont d'un type imposé. *Exemple*: si la relation « mange » portant sur une « personne » et un « aliment » lie une instance de « végétarien », concept subsumé par « personne », l'instance de « aliment » est forcément instance de « végétaux ».

4.3. Les axiomes(ou les règles) :

Les axiomes des expressions qui sont toujours vraies, c'est-à-dire Ils représentent des vérités indémontrables qui doivent être admises, ils ont pour but de définir dans un langage logique la description des concepts et des relations permettant de représenter leur sémantique. Ils représentent les intentions des concepts et des relations du domaine. Leur inclusion dans une ontologie peut avoir plusieurs objectifs :

- Définir la signification des composants.
- Définir des restrictions sur la valeur des attributs.
- Définir les arguments d'une relation.
- Vérifier la validité des informations spécifiées ou en déduire de nouvelles.

4.4. Les instances (ou les individus) :

Elles représentent les éléments des concepts et des relations et constituent la définition extensionnelle de l'ontologie, elles sont utilisées pour représenter des éléments dans un domaine. Exemple : les individus « Amina» et « Sarah» sont des instances du concept « personne ».

Simplement Dans la pratique, développer une ontologie inclut :

-Définissant les classes dans l'ontologie.

-Arranger les classes dans une taxonomie (sous-classe, super hiérarchie).

-Définissant les emplacements et décrire les valeurs permises pour ces emplacements.

-Remplacer les valeurs des emplacements pour les instances.

-Nous pouvons créer alors une base de connaissances en définissant les instances individuelles de ces classes.[7]

5. le rôle des ontologies :

Plusieurs chercheuses sont intéressées à la finalité des exploitations et des applications des ontologies. Dans ce qui suit, sera précisé les rôles et l'intérêt des ontologies au sein des différents systèmes:

5.1 La représentation des connaissances d'un domaine :

Actuellement, les ontologies ont été développées dans le but de représenter des connaissances que les machines peuvent comprendre, et du fait peuvent manipuler la sémantique des informations .Elles servent donc de squelette à la représentation des connaissances d'un domaine spécifique dans la mesure où elles décrivent les objets, leurs propriétés et la façon dont ils peuvent se combiner pour constituer des connaissances du domaine complètes.

5.2. La communication :

Toute activité humaine spécialisée développe son propre jargon (langue de spécialité) sous la forme d'une terminologie et d'une conceptualisation associée spécifique. L'existence de tels jargons entraine des problèmes rigueurs de compréhension et des difficultés à partager des connaissances entre les acteurs de l'entreprise, les services d'une entreprise, les entreprises d'une industrie, qui font des métiers différents. En effet, les ontologies peuvent intervenir dans la communication entre ces différentes parties, elles servent par exemple, à créer au sein d'un groupe ou d'une organisation un vocabulaire conceptuel commun compréhensible par tous.

L'ontologie représente alors un puissant moyen pour lever les ambigüités dans les échanges mais surtout de faire tomber les barrières créées par des vocabulaires disparates entre humains, humains et ordinateurs mais aussi entre ordinateurs.

5.3. L'interopérabilité :

Le développement et l'implantation d'une représentation explicite d'une compréhension partagée dans un domaine donné, peut améliorer la communication qui a son tour permet un partage plus large et une interopérabilité plus étendue. L'interopérabilité est donc une spécialisation de la communication qui permet de répertorier les concepts que des applications peuvent s'échanger même si elles sont distantes et développées sur des bases différentes. [6]

5.4. L'indexation et recherche d'information :

- Dans le web sémantique, les ontologies y sont utilisées pour déterminer les index conceptuels décrivant les ressources sur le web.
- La recherche : une ontologie peut jouer le rôle de méta-data servant d'index dans un répertoire d'information.
- L'intégration : dans une application 'entrepôt de données', une ontologie peut jouer le rôle d'un schéma conceptuel commun reliant entre elles plusieurs sources d'information hétérogènes.
- Requêtes : une ontologie linguistique peut permettre de comprendre les requêtes (représentation du contenu).

6. Les différents types d'ontologies :

Van Heijstet ces collègues, définissent deux grandes typologies d'ontologies :

- Une typologie fondée sur la structure de la conceptualisation.
- une typologie fondée sur le sujet de la conceptualisation.

Dans la première typologie, ils distinguent trois catégories à savoir :

- les ontologies terminologiques (lexiques, glossaires…);

- les ontologies d'information (schéma d'une BD);

-les ontologies des modèles de connaissances.

Dans la deuxième typologie, qui est la plus citée, ils distinguent quatre catégories :

- les ontologies d'application : elles contiennent toutes les informations nécessaires pour modéliser les connaissances pour une application particulière.

- les ontologies de domaine : elles fournissent un ensemble de concepts et de relations décrivant les connaissances d'un domaine spécifique.

- les ontologies génériques (dites aussi de haut niveau) : elles sont similaire saux ontologies de domaine, mais les concepts qui y sont définis sont plus génériques et décrivent des connaissances tels que l'état, l'action, l'espace et les composants. Généralement, les concepts d'une ontologie de domaine sont des spécialisations des concepts d'une ontologie de haut niveau.

- Les ontologies de représentation (dites aussi méta-ontologies) : elles fournissent des primitives de formalisation pour la représentation des connaissances. Elles sont généralement utilisées pour écrire les ontologies de domaine et les ontologies de haut niveau.[8]

7. Les avantages des ontologies :

Une ontologie définit un vocabulaire commun pour partager des informations dans un domaine. Elle inclut les définitions de concepts de base d'un domaine interprétable par la machine et les relations entre eux. L'ontologie permet de :

- Partager la structure d'information parmi humains ou agents du logiciel.
- Valider la réutilisation de connaissance du domaine.
- Rendre des estimations du domaine explicite.
- Séparer la connaissance du domaine de la connaissance opérationnelle.
- Analyser la connaissance du domaine.[9]

8. Les ontologies au sein du processus de représentation des Connaissances :

Le processus général de représentation des connaissances peut être découpé en trois phases (figure 2) :

- **La conceptualisation :** identification des connaissances contenues dans un corpus représentatif du domaine.
- **L'ontologisation :** formalisation, autant que possible, du modèle conceptuel obtenu à l'étape précédente.
- **L'opérationnalisation :** transcription de l'ontologie dans un langage formel et opérationnel de représentation de connaissances.

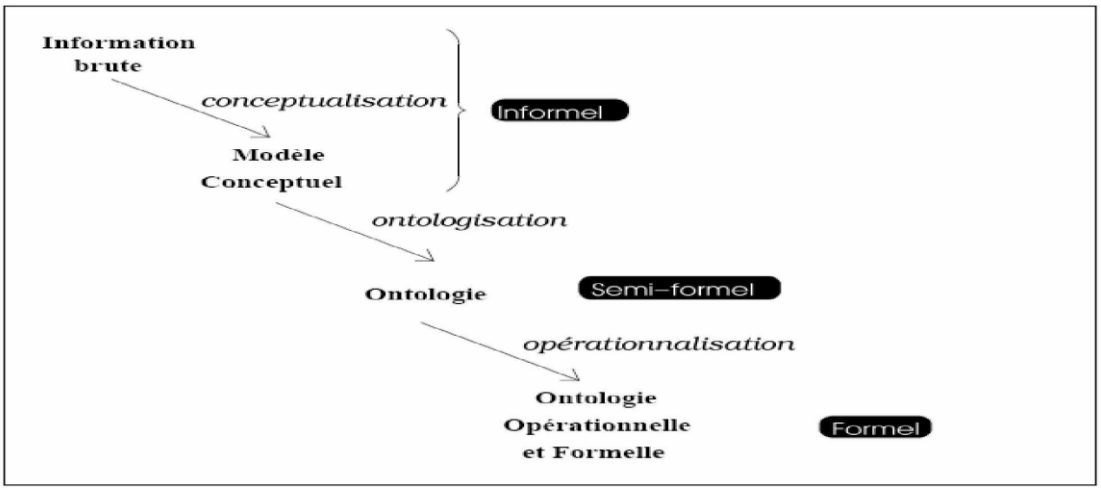

Figure 1.2 : *Les ontologies au sein du processus de représentation des Connaissances.*

9. Le cycle de vie des ontologies :

Les ontologies étant destinées à être utilisées comme des composants logiciels dans des systèmes répondant à des objectifs opérationnels différents, leur développement doit s'appuyer sur les mêmes principes que ceux appliqués en génie logiciel. En particulier, les ontologies doivent être considérées comme des objets techniques évolutifs et possédants un cycle de vie qui nécessite d'être spécifié. Les activités liées aux ontologies sont d'une part des activités de gestion de projet (planification, contrôle, assurance qualité), et d'autre part des activités de développement (spécification, conceptualisation, formalisation); s'y ajoutent des activités transversales de support telles que l'évaluation, la documentation, la gestion de la configuration [**10**].Un cycle de vie inspiré du génie logiciel est proposé dans [11]. Il comprend une étape initiale d'évaluation des besoins, une étape de construction, une étape de diffusion, et une étape d'utilisation. Après chaque utilisation significative, l'ontologie et les besoins sont réévalués et l'ontologie peut être étendue et, si nécessaire, en partie reconstruite.

La phase de construction peut être décomposée en 3 étapes : conceptualisation, ontologisation, opérationnalisation. L'étape d'ontologisation peut être complétée d'une étape d'intégration au cours de laquelle une ou plusieurs ontologies vont être importées dans l'ontologie à construire. Fernandez [**12]** insiste sur le fait que les activités de documentation et d'évaluation sont nécessaires à chaque étape du processus de construction, l'évaluation précoce permettant de limiter la propagation d'erreurs. Le processus de construction peut être intégré au cycle de vie d'une ontologie comme indiqué en figure 1.3.

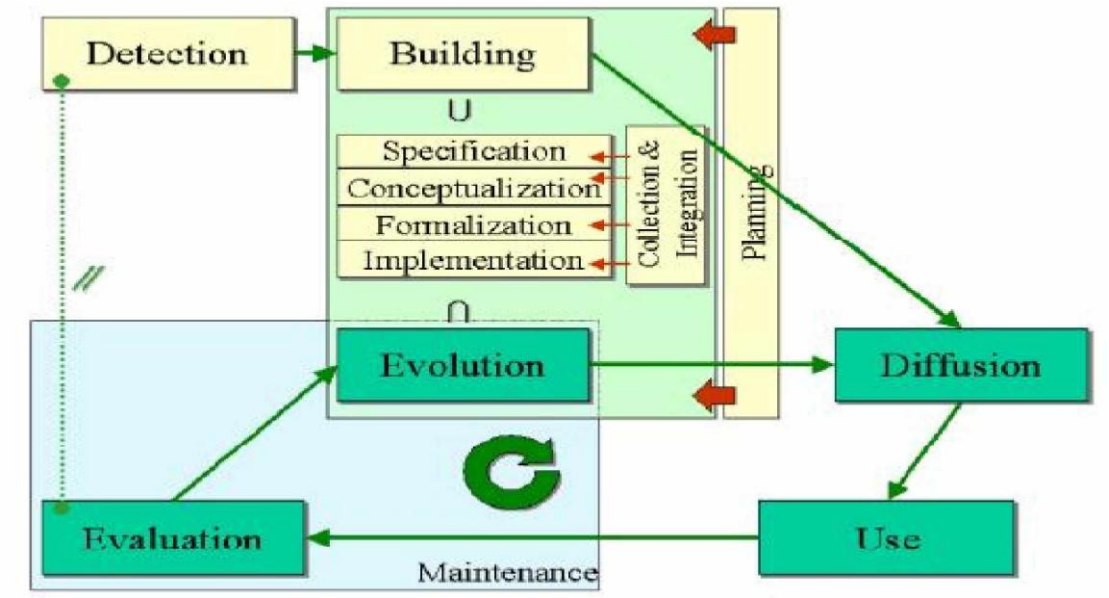

Figure 1.3: Le cycle de vie d'une ontologie.

10. Méthodes à suivre pour élaborer une ontologie :

Plusieurs méthodologies ont été définies pour cadrer le développement d'ontologies, nous citons :

10.1. La méthode ENTERPRISE :

Proposée par Uschold et King la première méthode d'ingénierie "générale", résultat de leurs travaux de construction d'ontologies dans le domaine de la gestion des entreprises.

Initialement, cette méthode reposait sur quatre étapes :

- Identifier le but et la portée de l'ontologie.
- Construire l'ontologie : capturer les connaissances, coder, réutiliser et intégrer des ontologies existantes.
- Evaluer l'ontologie.
- Documenter l'ontologie.

Les étapes et les sous-tâches de la méthode ENTERPRISE, sont décrites de façon abstraite.

Les techniques utilisées pour les sous-tâches ne sont pas précisées (par exemple : Comment identifier les concepts fondamentaux ? Quel est le langage utilisé pour représenter l'ontologie ?)[13]

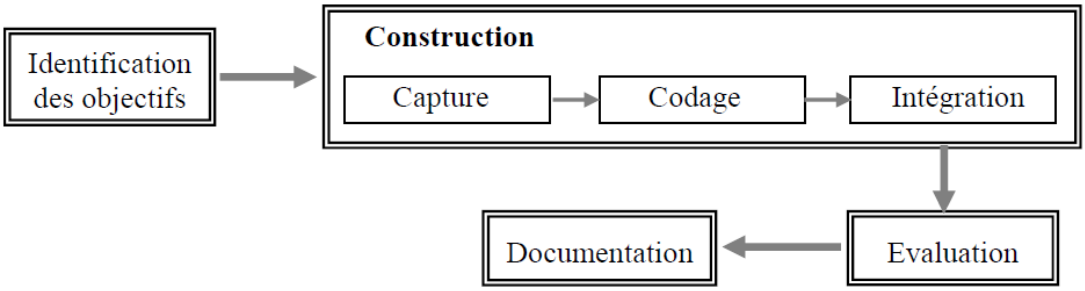

Figure1.4 : La méthode ENTERPRISE [13].

10.2 La méthode de KACTUS(Modelling Knowledge About Complex Technical system for multiple Use) :

Cette méthode est conditionnée au développement d'une application : chaque fois qu'une application est construite, l'ontologie qui représente les connaissances nécessaires pour l'application est aussi construite. En suivant cette méthode, l'ontologie peut être développée en réutilisant d'autres ontologies existantes et peut aussi être intégrée dans des ontologies d'applications futures. Elle repose sur trois étapes [14] :

- Etape1 : spécifier l'application basée sur l'ontologie en particulier les termes à collecter et les tâches à effectuer en utilisant cette ontologie.
- Etape 2 : organiser les termes et importer, adapter et étendre les ontologies existantes et pertinentes.
- Etape3 : affiner l'ontologie et la structurer selon des principes de modularisation et organisation hiérarchique.

10.3. La méthode METHONTOLOGY :

Cette méthode est développée au sein du groupe d'ontologie à l'université polytechnique de Madrid. Elle comprend deux étapes :

- **Identification du processus de développement de l'ontologie :** le processus de développement des logiciels identifiés par IEEE, ce processus réfère aux activités exécutées durant le développement d'ontologie.ces activités sont groupées dans trois catégories [5]:
  1. Les activités de management d'ontologie (planification, contrôle, assurance qualité.

2. Les activités orientées au développement d'ontologie (étude de l'environnement, étude de faisabilité, spécification des besoins, conceptualisation, formalisation, implémentation, maintenance).
3. Les activités du support (acquisition de connaissances, intégration, évaluation, documentation).

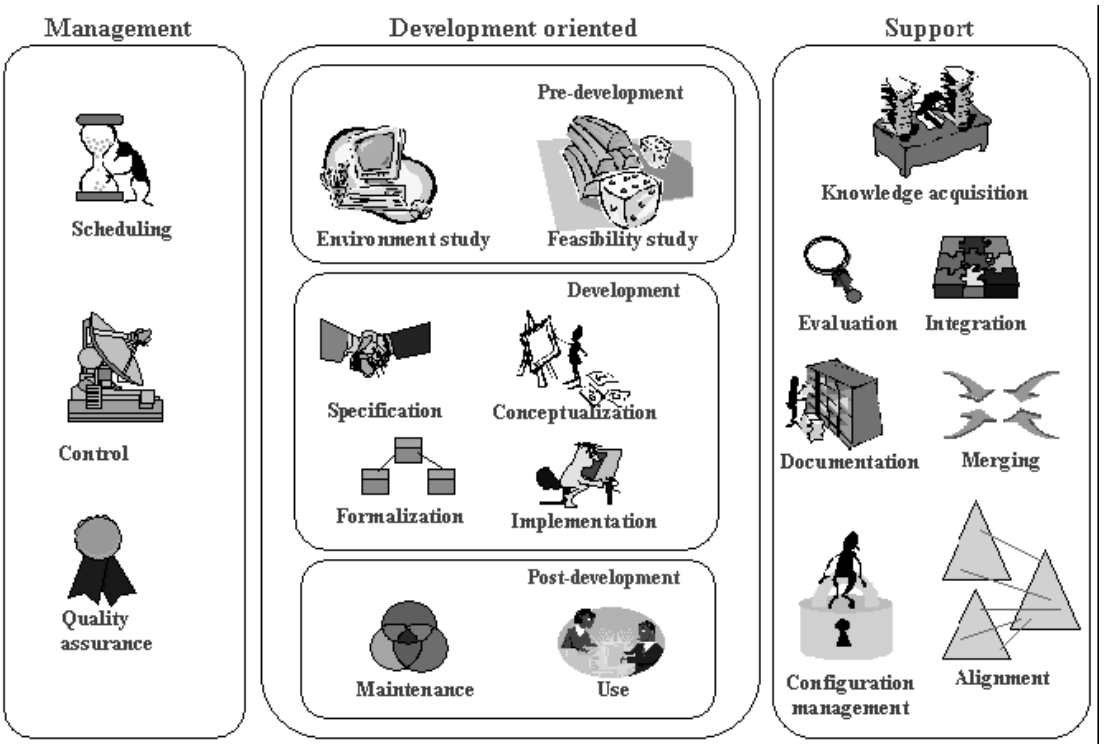

Figure 1.5: Le processus de développement d'ontologie [15]

- **Cycle de vie de l'ontologie basé sur des prototypes évolutifs :** le cycle de vie de l'ontologie basé sur des prototypes évolutifs ce qui permet à l'ontologiste de faire un retour arrière de n'importe quel état à un autre si quelques définitions sont incomplètes ou incorrectes. Donc, ce cycle de vie de l'ontologie à tout moment.

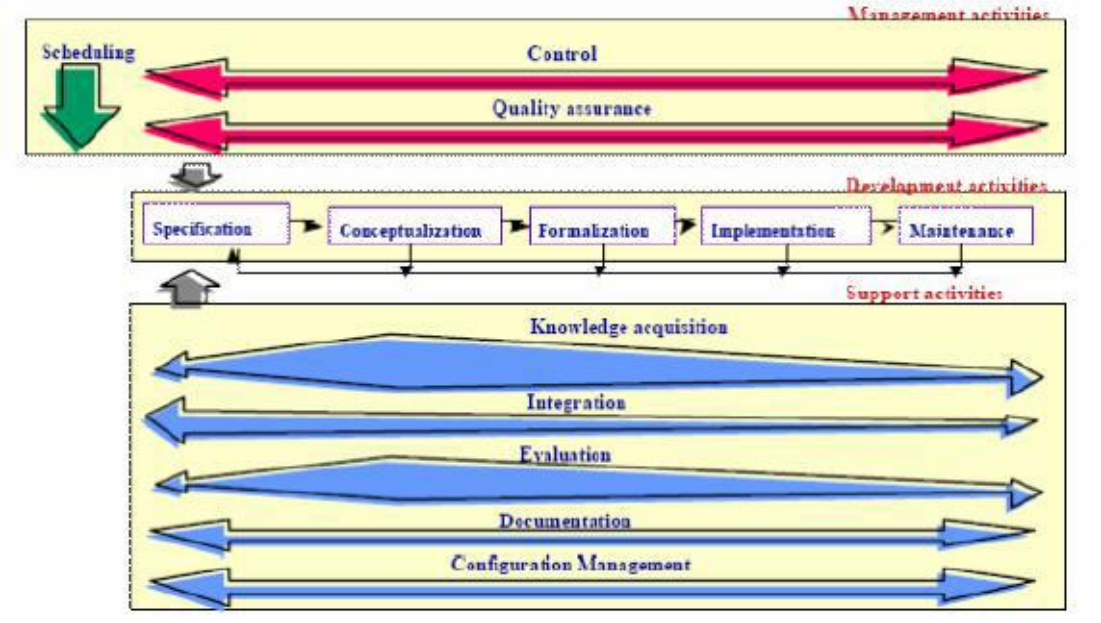

Figure1.6 : Processus de construction de l'ontologie selon METHONTOLOGY[15].

11 .les outils de construction d'ontologie :

11.1 Ontolingua :

C'est un environnement de construction d'ontologies en langage **Ontolingua**. Il consiste en un ensemble d'outils et de services qui supportent la construction, en coopération, des ontologies entre des groupes séparés géographiquement.

11.2 WebOnto :

S'agissant d'une application Web pour naviguer et développer de façon collaborative les ontologies. **WebOnta** supporte la navigation collaborative, la création et l'édition d'ontologies sur le Web. Les ontologies **WebOnta** sont implémentées dans le langage **OCML,** qui est une combinaison des frames et de la logique de premier ordre et qui permet de représenter les concepts. La taxonomie des concepts, les relations, les fonctions, les axiomes et les instances.

11.3 OilEd :

OilEd (Oil Editor)est un éditeur d'ontologies utilisant le formalisme **OIL.** Il est essentiellement dédié à la construction de petites ontologies dont on peut ensuite tester la cohérence à l'aide de **FACT** (un moteur d'inférence bâti sur OIL).

11.4 Protégé2000 :

C'est une interface modulaire permettant l'édition, la visualisation, le contrôle et la fusion d'ontologies. Le modèle de connaissance sous-jacent à **Proégé2000** est issu du modèle des frames et contient des classes (concepts), des slots (propriétés) et des facettes (valeurs des propriétés et contraintes), ainsi que des instances des classes et des propriétés.

11.5 OntoEdit :

OntoEdit (Ontologie Editor) est également un environnement de construction d'ontologies indépendant de tout formalisme. Il permet l'édition des hiérarchies de concepts et de relations et l'expression d'axiomes algébriques. Des outils graphiques dédiés à la visualisation d'ontologies sont inclus dans l'environnement [7].

12- conclusion :

De tout ce qui précède en matière de ce chapitre, nous pouvons conclure que la notion d'ontologie représente une approche très efficace dans le domaine de la représentation des connaissances. Elles apparaissent désormais comme une clé pour la manipulation automatique de l'information au niveau sémantique, et ceci par l'établissement des représentations à travers lesquelles les machines puissent manipuler la sémantique des informations.

En conséquence, Nous pensons que Les principales définitions, en relation avec ce chapitre, ont été exposées pour éclaircir la notion d'ontologie bien entendu.