HAL
open science

Système de gestion de la médecine traditionnelle dans une plateforme web social et sémantique : une approche basée sur une ontologie visuelle

Appoh Kouame, École Doctorale

To cite this version:

Appoh Kouame, École Doctorale. Système de gestion de la médecine traditionnelle dans une plateforme web social et sémantique : une approche basée sur une ontologie visuelle. Informatique [cs]. Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal), 2018. Français. NNT : . tel-01842116v2

HAL Id: tel-01842116

https://hal.science/tel-01842116v2

Submitted on 4 Aug 2018 (v2), last revised 16 Nov 2020 (v11)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LANI LARIMA

UNIVERSITÉ GASTON BERGER DE SAINT-LOUIS (**UGB**)

ÉCOLE DOCTORALE

SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Laboratoire d'Analyse Numérique et Informatique - LANI

T H È S E

pour obtenir le titre de

Docteur en Informatique

Présentée par

Appoh KOUAME

SYSTÈME DE GESTION DE LA MÉDECINE TRADITIONNELLE DANS UNE PLATEFORME WEB SOCIAL ET SÉMANTIQUE : UNE APPROCHE BASÉE SUR UNE ONTOLOGIE VISUELLE

Soutenue publiquement le 14 avril 2018

Sous la direction de M. **Moussa LO** et le co-encadrement de M. **Jean Baptiste LAMY**

JURY :

Président de jury	:	**Cheikh Talibouya DIOP**, **Professeur titulaire, Université Gaston Berger de Saint-Louis, Sénégal**
Directeur de thèse	:	**Moussa LO**, **Professeur titulaire, Université Gaston Berger de Saint-Louis, Sénégal**
Co-encadrant	:	**Jean Baptiste LAMY**, **Maître de conférences, HDR, Université Paris 13, Bobigny, France**
Rapporteur	:	**Engelbert MEPHU NGUIFO**, **Professeur titulaire, Université Clermont-Ferrand Auvergne, France**
Rapporteur	:	**Mouhamadou THIAM**, **Maître de conférences, Université de Thiès, Sénégal**
Rapporteur	:	**Lina Fatima SOUALMIA**, **Maître de conférences, HDR, Université de Rouen, France**
Examinateur	:	**Michel BABRI**, **Professeur titulaire, Institut National Polytechnique F. Houphouet Boigny de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire**
Examinateur	:	**Konan Marcellin BROU**, **Maître de conférences, Institut National Polytechnique F. Houphouet Boigny de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire**.

Dédicaces

A mes feus Parents DATTE K. et DAKROME A. A ;
A mes Aïeux ;
A toute la famille ;
A l'ÊTRE de qui tout est, à l'origine de tout, de la pensée, ou plus loin pour certains de l'explosion originelle "big bang".

Épigraphies

- Above all, humanity (mankind) is the very first need of the world.
- La centralité sur l'espèce humaine, sa persistance, sa préservation et sa pérennisation, tel est le but de la somme des intelligences émanant des hommes, de toute action anthropique (adresse, technicité et science).
- Lorsqu'il s'agit d'un art sauveur (salvateur) de la vie, négliger d'apprendre est un crime surtout pour un faiseur ou pratiquant de santé. Samuel Hahnemann (1755-1843).
- Inférence :
  Dans le monde, on n'a pas que des faits objets. On a encore un autre type de "faits" en termes d'implications ou de glissements (entailments en anglais). Le pourquoi des choses et ce qu'elles engendrent : moteur de l'évolution (et de développement). Un lien inné inébranlable existe toujours entre trois choses : abduction, déduction et induction. "Déduction valide" est une règle d'inférence au sens d'Aristote pour contrer les sophistes devenus moins sages (sophiste détourné de son sens originel).
- Aucune communication n'est possible sans une iconicité minimale préférable à image. Peirce C S.

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu, Prof. Moussa LO, recteur de l'Université Virtuelle de Sénégal (UVS), pour la confiance qu'il a placée en moi et de l'opportunité qu'il m'a offerte de faire cette thèse. Pendant l'encadrement, ses sages conseils m'ont beaucoup appris. Je lui suis amplement reconnaissant et ce de façon distinguée.

Je remercie Prof. Jean Baptiste LAMY pour m'avoir encadré. Il a fait montre de sa disponibilité que ce soit durant mes deux séjours au Limics (Laboratoire d'Informatique Médicale et d'Ingénierie des Connaissances en e-Santé) à l'Université Paris 13 de Bobigny (France), lors de son premier séjour au Sénégal ou à distance de Yamoussoukro, d'Abidjan et de Saint-Louis avec Paris. Il a été à l'écoute de mes questionnements nombreux. Il s'est très vite intéressé à l'avancement de mes travaux. Sa compétence, sa rigueur scientifique, sa clairvoyance, son esprit éclairé, ses conseils et encouragements, et surtout ses appoints m'ont suffisamment appris. Il est pour beaucoup dans le résultat final de cette thèse. Il m'a formé dans ce travail de chercheur où il m'a donné de l'assurance et la confiance en soi, une autonomie certaine. Je lui témoigne ma gratitude.

Je remercie Dr. Gaoussou CAMARA (Université de Bambey, Sénégal) pour ses conseils, son esprit de secoureur, sa rigueur scientifique et son soutien indéfectible dont il a fait preuve dans les moments difficiles. Merci Gaoussou.

Je tiens à remercier le jury scientifique, qui me fait l'honneur d'avoir examiné et rapporté ces travaux de recherche consignés dans ce manuscrit. Je remercie également tous les membres du jury d'avoir accepté d'assister à la présentation de ce travail.

Je remercie les responsables de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) à Dakar pour la prise en charge en partie de mes deux premiers déplacements au Sénégal de quatre (4) mois pour séjours de mobilité de recherche. En particulier, je remercie Mme Fabar SANE de l'AUF pour son soutien tout au long de ces séjours à l'UGB de Saint-Louis.

Je remercie le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique de Côte d'Ivoire et l'Ambassade de France en Côte d'Ivoire, à travers l'Appui à la modernisation et à la réforme des Universités et Grandes écoles de Côte d'Ivoire (AMRUGE-CI) / C2D 2015, au compte duquel j'ai été admis à une bourse pour un séjour de recherche de deux mois à Paris.

Je remercie la Direction Générale de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouet-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

Je dis merci aux responsables du Centre d'Excellence Africain en Mathématiques, Informatique et Technologie de l'Information et de la Communication (CEAMITIC) de l'UGB pour l'appui financier obtenu en six mois de mobilité de recherche en vue de finaliser ma thèse de doctorat. Aussi dois-je noter que le déplacement et le séjour des jurés ont été également pris en charge par ce centre.

Je remercie tous les enseignants chercheurs de Limics de l'Université Paris 13 et particulièrement Prof. Sylvie DESPRES pour son soutien. Je peux compter sur sa rigueur dans l'analyse des problèmes et ses très nombreuses connaissances. Je lui témoigne ma gratitude.

Je remercie les Professeurs Cheikh Talibouya DIOP, Michel BABRI, Souleymane OUMTANAGA, Konan Marcellin BROU pour leurs conseils et soutiens.

Je remercie les enseignants-chercheurs de l'Unité de formation et de recherche Sciences Appliquées et de Technologie (UFR-SAT) de l'UGB de Saint-Louis et particulièrement Prof. Mamadou SY, Prof. Ousmane THIARE et Prof. Aliou DIOP, Prof. M MBAYE, Dr. Fatou S KAMARA, Dr. F NDIAYE et les autres.

Je dis merci à Ibrahima NDIAYE des services financiers et à Baboucar NDOYE des services administratifs de l'UFR-SAT, puis à Tayib FALL du CEAMITIC, tous de l'UGB, pour leur sympathie et bonne cohabitation.

Merci à Dr. Sadouanouan MALO de l'Université Nazi Boni (UNB) de Bobo-dioulasso, Burkina Faso, qui m'a apporté son soutien lors de son séjour à l'UGB par ses encouragements.

Je remercie Prof. O HILI et Prof. B YAO de l'INP-HB pour leurs conseils pleins de sagesse et d'encouragements.

Merci à l'endroit de mes deux collègues du programme projet "Plateforme web pour le partage des connaissances communautaires ouest-africaines" porté par Prof. M LO, notamment, feu P Fary DIALLO (Que son âme repose en paix), Dr. Yaya TRAORE (Université Ouagadougou 1 Prof. Joseph KI-Zerbo, Burkina Faso) avec qui nous avons partagé des moments intéressants mais aussi les moins bons.

Mes remerciements s'adressent aux autres collègues D MBOUP, C BERE, Aly N NGOM, BABACAR, OUSMANE pour leurs soutiens et leur enthousiasme à partager leur culture scientifique. Il en va de même pour Dr. Guidedi KALADZAVI (from Maroua's University in Cameroon).

Je remercie les acteurs du Programme National de Promotion de la **M**édecine **T**raditionnelle (PNP**MT**) au Plateau (Abidjan) dont principalement le Directeur coordonnateur, Dr. Ehoulé KROA, médecin attaché de recherche, pour leur facilitation.

Au Sénégal, je remercie les tradipraticiens, praticiens de la MT (PMT) de la région de Saint-Louis et de Podor en passant par Richard Toll et Dagana pour leur collaboration et adhésion au projet. Parmi eux, je salue notamment Alassane Oumar BA à Figo, Président des PMT du département de Podor et Alassane SY à Saint-Louis. Merci.

Je remercie les PMT de Côte d'Ivoire à travers MM Assamoi KOUADIO à Abobo (commune d'Abidjan) et Brahima KONE, Président de la FTSN-CI, pour leur collaboration.

Je remercie Dr. E V A GBODOSSOU de la Prometra à Dakar, Dr. D SEYE à l'hôpital régional de la ville de Saint-Louis et Dr. A Dorothée ABOU à la Formation sanitaire urbaine du Plateau (Abidjan), tous médecins, pour leurs conseils.

Je dis merci à Beugré M AMESSAN (Abidjan, Côte d'Ivoire) et à Mamadou P SAMBA (Saint-Louis, Sénégal) dans leur rôle bien tenu de traducteur et d'aiguilleur lors des visites de terrain chez les PMT.

Mes remerciements s'adressent aux collègues enseignants du Département de formation et de recherche Math-informatique (DFR-MI) de l'INP-HB, notamment K A TOURE, I LOKPO, B GOORE, N BLE, T L TANOH, J LUE, R GNENESSIO, A L ASSALE, A BONZOU, M TAHA, K KOUAME, KIMOU, KADJO, ...

Je remercie toute la famille à Abidjan, à Yamoussoukro, à Bondoukou, à Tanda, à Tiédio et partout ailleurs (Canada, USA, ...).

Je remercie mes frères et sœurs, oncles et tantes, cousins et cousines, nièces et neveux.

A l'endroit de Adama APPOH, M ABO, M SOW, N NIASSA, M V THIAW, Rachel GORE, YTO, Mémé API, A DIA, J AHOU et J AKA, je leur dis merci pour leurs soutiens.

Cette liste pourrait s'allonger et être décrite aussi canoniquement et de manière équivalente. Ainsi, à tous ceux que je n'ai pas nommés, ce travail vient en témoignage de ma reconnaissance pour leurs peines partagées et soutiens multiples.

Avant-Propos

Une ontologie est une expression d'une "vision du monde" sous forme d'un réseau de concepts pour les besoins d'un traitement automatique. Dans cette optique, Tom Gruber affirme : "une ontologie est une spécification formelle explicite d'une conceptualisation". Cette définition a donné suite à une succession d'autres par différents auteurs dans le monde informatique. Cette pensée s'inscrit dans une autre plus large de l'ontologie considérée comme la partie de la philosophie qui a pour objet l'étude de l'être en tant que être, celle qui étudie les propriétés générales de l'être au sens d'Aristote. Pour en arriver à un traitement automatique, il est donc mis en évidence l'objet d'étude consistant en une description approfondie d'une situation, de sorte à permettre à la machine d'atteindre une sémantique plus aboutie, nous éloignant du bruit et du silence : la précision maximale sur fond d'intelligibilité sémantique par la machine à même de nous éloigner des ambiguïtés du langage naturel et des erreurs à une échelle communautaire minimale. On arrive depuis presque deux à trois décennies, à mettre ainsi en lumière le sens des objets décrits, intelligibles à la machine. Du coup l'intercompréhension entre communautés d'agents humains et machines est devenue une réalité.

A l'échelle du web, sous le vocable de web de données, le réseau des hyperliens entre pages web est étendu par un réseau de liens entre données structurées via lequel des agents automatisés accèdent plus intelligemment au sens, à la signification de ces données prises comme ressources. Ceci a valu le terme de web sémantique par Tim BERNERS-LEE, co-inventeur du Web et Directeur du W3C.

En général, l'on décrit une réalité sémantiquement valide dans un domaine de discours. Alors, il en résulte deux entités que sont le décrivant d'une part et d'autre part le décrit ou "individu ou instance". Via une ontologie formelle intégrant un système de représentation de connaissances, ces deux entités sont transposées en machine avec un niveau sémantique largement supérieur à celui qu'offre habituellement une base de données relationnelle (ontologie légère). Ce sont donc les réseaux sémantiques et les frames qui seront révolutionnés par les langages piliers de la compréhension de l'information par la machine. Parmi ces langages fondamentaux comptent RDF/XML et OWL (une des logiques de description-LDs ou DLs).

Ce présent travail embrasse une innovation de taille portée sur la sémantique iconique ajoutée à la précédente qui est terminologique. Ceci débouche bien entendu à un amorçage de langage iconique de plantes médicinales, avec une esquisse de remède iconique pour la médecine traditionnelle (MT) africaine de l'Afrique de l'ouest. Ce langage s'appuie sur une approche d'ontologie visuelle, une composante de l'ontologie de domaine de la MT, ontoMEDTRAD. Avec pour support les TIC, cette contribution est le socle du cadre collaboratif véritable pour les experts praticiens de la MT (PMT) en majorité ne sachant ni lire ni écrire, tel que le propose SysMEDTRAD utilisant ontoMEDTRAD dans une contexture de plateforme web social et sémantique. Dotés de cet outil, ces PMT sont affranchis des barrières linguistiques (langues locales et officielles) dans la pratique de l'art médical traditionnel. De manière graduelle, au terme d'une série de validations d'ontoMEDTRAD, il sera disponible une mémoire organisationnelle et structurante des connaissances et expériences de la MT. Ainsi, la forte perte due au caractère fortement oral de la transmission de ces connaissances devra connaître un frein certain. L'utilisation de sysMEDTRAD

induit inévitablement une augmentation des offres de soins de santé primaires par la MT, en plus de celles émanant de la médecine moderne (MM). Ce travail vient en renforcement de tout ce qui est fait en matière de modernisation de la MT de l'Afrique de l'ouest particulièrement. Il s'agit en conséquence d'une valorisation plus explicite de cette MT.

Dans ce domaine, les difficultés rencontrées et non les moindres, sont multiples (MT taboue et fortement tacite, réticence des PMT). Cependant, elles ont pu être levées grandement. Des facilitations, grâce aux programmes nationaux de promotion de la MT (e.g : PNPMT de Côte d'Ivoire), d'ONG de la MT (e.g : Prometra au Sénégal), d'associations et fédérations de PMT ivoiriennes et sénégalaises, n'ont pas fait défaut. En partie, des appuis académiques et/ou financiers relèvent de l'École doctorale "Sciences et technologies" de l'UGB à Saint-Louis (Sénégal), des laboratoires de recherche LANI de l'UGB, du programme AMRUGE-CI 2015 (C2D) et de LIMICS de l'Université Paris 13 (France), du CEAMITIC de l'UGB et de l'AUF-Dakar. Bien évidemment, notre démarche a aussi compté.

Résumé

La médecine traditionnelle (MT) africaine est vue comme un système complémentaire de santé à la médecine moderne (MM). Elle a l'avantage d'être plus facile d'accès, moins coûteuse et plus adaptée aux spécificités locales. On note dans la MT, l'absence de partage et de conservation des connaissances médicales : la majorité des praticiens de la MT (PMT) parlent des langues locales non codifiées et beaucoup d'entre eux gardent leur savoir secret. Pour faciliter la préservation de ces connaissances et la communication entre PMT, nous cherchons à concevoir SysMEDTRAD, un système basé sur une ontologie de domaine de la MT et une ontologie d'approche visuelle intégrant un langage iconique. Ce travail de recherche est porteur d'une solution innovante pour les PMT, non seulement leur permettant de manière continue de contribuer à la modernisation et à la valorisation explicite de cette médecine, mais également les dotant d'un outil pour pratiquer leur art de guérisseur. Plus précisément, ce travail a porté sur la construction d'une ontologie de domaine dénommée ontoCONCEPT-Term entièrement terminologique. Il inclut aussi un langage iconique amorcé permettant d'identifier les plantes médicinales. Les recettes et les remèdes traditionnels ont une représentation diagrammatique. Ce langage devra s'étendre tout en suivant le cadre d'une approche d'ontologie visuelle, ontoICONE. Cette ontologie visuelle permettra de transcender les barrières liées à l'illettrisme, à l'oralité et aux multiples langues locales au nombre de 1127 d'Afrique de l'ouest, où a lieu ce projet de partage de connaissances web communautaire. ontoICONE est en partie terminologique et iconique. La partie terminologique est commune avec ontoCONCEPT-Term. ontoICONE et ontoCONCEPT-Term forment ontoMEDTRAD. Pour construire notre ontologie, nous nous sommes inspirés des méthodologies de construction d'ontologies notamment Diligent, NeOn et ontoInfoforScience. Nous avons combiné de multiples sources d'informations et de connaissances, à savoir des rencontres répétées avec les PMT de différentes régions, des travaux publiés en biosciences (MT, Ethnobotanique) couvrant la sous région ouest Africaine, des sites web, des ouvrages livresques, l'observation (jardins botaniques visités), des structures nationales (PNPMT), des ONG (Prometra), des associations et fédérations de PMT (Côte d'Ivoire, Sénégal). Nous avons identifié trois cas d'utilisation principaux : identifier la maladie à partir des symptômes et signes du patient ; prescrire le remède (recettes abstraite et physique : ingrédients et mode de préparation) ; préparer le remède et l'administrer au patient.

La richesse de la MT, son caractère tacite et tabou, et la complexité de la représentation visuelle, nous ont conduit à adopter une approche de construction progressive s'appuyant sur les règles sémiologiques notamment la similarité visuelle, l'association sémantique et la convention. Dans les ressources médicinales, les plantes représentent plus de 60 % des traitements traditionnels de santé. Nous avons donc choisi d'amorcer l'iconisation par le concept de Plante en concevant un langage iconique partant des propriétés morphologiques de la plante en s'appuyant sur des sources botaniques. Nous avons rassemblé un jeu de données comprenant 22 plantes et 31 remèdes antipaludéens, et nous avons vérifié que notre langage iconique permettait bien d'identifier ces 22 plantes, à l'aide d'un outil logiciel d'apprentissage et de classification (Weka). Ce langage a été présenté aux PMT lors de la première étape de validation. La prochaine se focalisera sur la validation définitive et globale de ontoMEDTRAD et surtout l'adoption d'une véritable ontologie visuelle. Elle intègre aussi le déploiement de ontoMEDTRAD (ontoICONE) dans une plateforme Wiki sémantique (via Virtuoso), afin de rendre opérationnel sysMEDTRAD. En perspectives, les T-Box et A-box d'une ontologie formelle seront complétées par G-Box, une partie graphique comprenant icônes et leur structure (ontoMEDTRAD). Aligner l'ontologie visuelle à d'autres existantes (MT et MM) et donner une stature de référence régionale voire mondiale à cette ontologie de domaine de la MT africaine ne seront pas en reste.

Mots clés : médecine traditionnelle, Afrique de l'ouest, plantes médicinales, langage iconique, approche d'ontologie visuelle, icône, iconème, graphisme, santé, patient, praticien de la médecine traditionnelle, connaissance, représentation des connaissances, ontologie, sémantique iconique, ontoMEDTRAD, sysMEDTRAD.

Abstract

Traditional medicine (TM) is seen as a complementary health system to modern medicine (MM). This TM has the advantage of being easier to access, cheaper and more adapted to local specificities. However, African TM suffers from the lack of sharing and preservation of medical knowledge : the majority of practitioners speak local languages. They use non-codified languages, and many of them keep their secret knowledge. To facilitate knowledge preservation and communication between practitioners of TM (TMP) we aim at designing SysMEDTRAD, a system based on a domain ontology of TM and a visual ontology integrating an iconic language. This research work brings an innovative solution for practitioners of TM, not only to allow them to contribute continuously to the modernization and the explicit improvement of this medicine, but also to equip them with a tool to practice their healing art. More precisely, this work has focused on the construction of a domain ontology referred to as ontoCONCEPT-Term entirely terminological. It also includes an iconic language started on identifying medicinal plants. Traditional recipes and remedies have a diagrammatic representation. This language will have to be extended while following the princple drawn by a visual ontology approach, ontoICONE. Via this visual ontology, we can trenscand the barriers related to illiteracy, orality and the many local languages to the number of 1127 in West Africa, where this community web knowledge sharing project takes place. ontoICONE is partly terminological and iconic. This terminological part is common with ontoCONCEPT-Term. Those two entities ontoICONE and ontoCONCEPT-Term form ontoMEDTRAD. To build our ontology, we took inspiration from ontology construction methodologies, especially Diligent, NeOn and ontoInfoforScience. We have combined multiple sources of information and knowledge on TM, including repeated meetings with TMP in different regions, published works in biosciences (TM, ethnobotanics) covering the West African sub-region, websites, books, observation in botanic gardens, national structures of TM (PNPMT), NGOs (Prometra), associations and federations of TMP (Côte d'Ivoire, Sénégal). We identified three main use cases : identifying the disease from the patient's symptoms and signs ; prescribing the remedy (determining the abstract and material recipes : its ingredients and how to prepare it) ; preparing the remedy and administering it to the patient.

The richness of TM, its tacit and taboo nature, and the complexity of the visual representation, have led us to adopt a progressive construction approach based on semiotic rules namely visual similarity, semantic association and convention. In medicinal resources, plants represent more than 60% of TM's treatments. We have therefore chosen to initiate iconization with the Plant concept by designing an iconic language from the morphological properties of the plant based on botanical sources. We have collected a dataset of 22 plants and 31 antimalarial remedies, and we have verified that our iconic language allows us to identify these 22 plants, using an automatic learning and classification tool (Weka). This iconic language was presented to TMP during a first validation step. The next step will focus on the definitive and global validation of ontoMEDTRAD, and mostly the adoption of a real visual ontology (ontoICONE). It also integrates the deployment of ontoMEDTRAD (ontoICONE) into a semantic wiki platform, such as Virtuoso, in order to have sysMEDTRAD being operational. In perspectives, the T-Box and A-box of a formal ontology will be completed by G-box, a graphic part including the icons and their structure (ontoMEDTRAD). Align the visual ontology with existing ones (TM and MM) and give a regional and worldwide reference stature to this domain ontology of African TM will not be left out.

Keywords : traditional medicine, West Africa, medicinal plants, iconic language, visual ontology approach, icon, iconem, graphic design, health, patient, traditional medicine practitioner, knowledge, knowledge representation, ontology, iconic semantic, ontoMEDTRAD, sysMEDTRAD.

Liste des symboles

AEN	African Ethnobotany Network
AMRUGE-CI	Appui à la Modernisation et à la Réforme des Universités et Grandes Ecoles de Côte d'Ivoire
BFO	Basic formal ontology
CEAMITIC	Centre d'excellence en Mathématiques, Informatique et TIC
CEDEAO	Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (ECOWAS en anglais)
CIM10	Classification internationale des maladies (ICD10 en anglais)
CNRTL	Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales de Nancy France (http ://www.cnrtl.fr/definition (consulté en 2014))
CODESRIA	Council for the Development of Social Science Research in Africa (Conseil pour le développement de la recherche en sciences sociales en Afrique)
DAML	DARPA Agent Markup Language
DOLCE	Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering
ECOWAS	Economic Community of West African States
FMA	Foundational Model of Anatomy
FOAF	Friend of a friend
FTSN-CI	Fédération des tradipraticiens de santé et naturothérapeutes de Côte d'Ivoire
GO	Gene Ontology
GPRS	General Packet Radio Service
ICD10	International classification diseases
IRD	Institut de recherche pour le développement, ex ORSTOM
ISO	International Standards Organization, International Organization for Standardization (en français : Organisation internationale de normalisation)
LDs	Logiques de description (en anglais, Description logics DLs)
MeSH	Medical Subject Headings
MM	Médecine Moderne, Médecine Concentionnelle
MOT	Modélisation par Objet Typé

MT	Médedecine Traditionnelle (en anglais TM)
NCIT	National Cancer Institute Thesaurus
OBO	Open Biomedical Ontologies Foundary
OIL	Ontology Interchange Language
OMS	Organisation Mondiale de la Santé (en anglias WHO)
ORSTOM	Office de la recherche scientifique et technique outre-mer,
OWL	Web Ontology Language
PMT	Praticien de la MT (en anglais TMP)
PNPMT	Programme National de Promotion de la MT
PO	Plant Ontology
PROMETRA	Organisation non gourvernementale de promotion de la MT
PSO	Plant Structure Ontology
RAE	Réseau Africain d'Ethnobotanique (en anglais AEN)
RAMEAU	Répertoire d'Autorité-Matière Encyclopédique et Alphabétique Unifié
RDF	Resource Description Framework
RDFS	RDF Schema
RTO	Ressources Terminolgiques et ontologiques
SNOMED-CT	Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms
SPARQL	SPARQL Protocol and RDF Query Language
SUMO	Suggested Upper Merged Ontology
SWRL	Semantic Web Rule Language
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TM	Traditional Medicine
TMP	Traditional medicine practitioner
TO	Trait Ontology
UML	Unified Modeling Language
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture ; Organe (démembrement) de l'Organisation des Nations Unies (ONU))
VCM	Visualisation des Connaissances Médicales
W3C	World Wide Web Consortium
WHO	World Health Organization
YAMATO	Yet Another More Advanced Top-level Ontology

Liste des figures

1.1 Composantes basiques "ou fondationnelles" d'ontoMEDTRAD 6
1.2 Correspondance sémantique entre termes/concepts et icônes/concepts 7
1.3 Architecture simplifiée de la plateforme web social et sémantique : cadre basique d'échange et de partage 7

2.1 Processus de clarification de signes et de symptômes d'une maladie 19
2.2 Déterminants ou facteurs de l'état de santé humain des plus englobants aux plus spécifiques 21
2.3 Grands courants de l'évolution de la médecine de l'humanité 21
2.4 Quatre grandes époques marquantes de la médecine de l'humanité 22

3.1 Sémantique et implication inférentielle sur énoncés en représentation des connaissances . . 40
3.2 Aperçu chronologique sur les outils et langages pivots conjointement utilisés pour la représentation des connaissances et ontologies 41
3.3 Niveaux de formalisation des langages et formes de représentation des connaissances : De l'informel au formel 42
3.4 Bloc fragmentaire constitué des Logiques de description de la logique des prédicats (LPO) 48
3.5 Racines RDF(S) des constructeurs de base pour OWL 55
3.6 Illustration des cinq (5) phases de la méthodologie Diligent [77] 60
3.7 Illustration des étapes en 9 scénarios de NEON [53] 62
3.8 Reparcours des étapes pour l'atteinte d'un niveau de stabilité suffisant pour nos modèles 62
3.9 Illustration des 9 étapes de ontoForInfoScience [160] 64
3.10 Icônes de VétoMed 70
3.11 Syntaxe de l'alphabet de base du langage iconique VCM 73

4.1 Caractère persistant et inchangé de l'icône 78
4.2 Extraction d'un langage iconique pour les personnes handicapées aphasiques 81
4.3 Triangle sémiotique de base selon Peirce 84
4.4 Triangle sémiotique signifié-signifiant-référent de Peirce inspiré de [118] 85
4.5 Isotype de Neurath (1882-1945), un exemple de symboles et de combinaison symbolique . 88
4.6 Structure générale de l'ontologie iconique de VCM 89

5.1 Vue synoptique et architecturale de sysMEDTRAD 94
5.2 Fond organisationnel des connaissances et des expériences continu de la MT pour les PMT 95
5.3 Cycle de vie de construction d'ontologies (prototype général) 97
5.4 Cycle de vie de construction d'ontologies (inspiré de Methontology) en phase avec Neon, Diligent et OntoforInfoScience 98
5.5 Schéma récapitulatif des étapes de construction pragmatique d'une ontologie 99

5.6 Vues synoptiques succinctes de la spécification des besoins à l'implémentation de la solution en machine . . . 106
5.7 Description algorithmique de l'UC1. . . . 109
5.8 Description algorithmique de la première partie de l'UC2 . . . 110
5.9 Description algorithmique de la deuxième partie de l'UC2 . . . 112
5.10 Description algorithmique de première partie de UC3 . . . 113
5.11 Description algorithmique de la deuxième partie de UC3 . . . 114
5.12 Concepts de la MT qui découlent de l'UC1 . . . 115
5.13 Diagramme des classes (partie une) . . . 120
5.14 Principales classes et relations d'ontoMEDTRAD . . . 128
5.15 Liste des classes sous Protégé de ontoMEDTRAD . . . 130
5.16 Liste des classes avec le nombre d'individus ou d'instances par classe de ontoMEDTRAD . 131
5.17 Liste des propriétés de ontoMEDTRAD . . . 132
5.18 Classes pour iconisation ontoMEDTRAD . . . 132
5.19 Mise en relief des propriétés d'iconisation (Plante) . . . 133
5.20 Copie écran montrant l'exécution d'Hermit et l'expressivité de ontoMEDTRAD . . . 134

6.1 Impact du moment d'unité dans la reconnaissance d'une image iconique . . . 144
6.2 13 critères attributs de description des 22 plantes . . . 146
6.3 Poids des attributs des plantes . . . 147
6.4 6 Critères candidats à l'élagage . . . 147
6.5 Paramétrage de JRIP . . . 148
6.6 Illustration de la classification à 100% des 22 espèces de plantes . . . 149
6.7 Mise en relief de la relation entre plante et les sept critères . . . 150
6.8 Relation de la Plante avec chacun des (7) sept critères . . . 150
6.9 Les cinq iconèmes pour le critère silhouette . . . 150
6.10 Exemple d'assemblage d'iconèmes pour l'icône d'une plante . . . 153
6.11 Icône de la plante Azadirachta indica A. Juss . . . 153
6.12 Extraction de ontoMedtrad montrant la classe Plante et les classes dérivées des critères pour la représentation iconique des espèces de plantes médicinales . . . 155
6.13 Relations sémantiques entre Plante et les classes pour la représentation iconique . . . 155
6.14 Code source en python pour la création des icônes des 22 espèces de plantes médicinales antipaludiques . . . 158
6.15 Relation ternaire entre Recette, Plante et Partie de plante . . . 161
6.16 Modèle de recette exhaustif . . . 161
6.17 Représentation diagrammatique de la recette . . . 161
6.18 Représentation formelle de la recette en vue de son iconisation . . . 162
6.19 Esquisse d'icône de mTRecipe01 . . . 163
6.20 Représentation diagrammatique du remède succincte . . . 164
6.21 Représentation formelle du remède en vue de son iconisation . . . 164
6.22 Esquisse d'icône du remède rmd01 basé sur la recette mTRecipe01 . . . 166
6.23 Diagramme pour le langage iconique des remèdes et recettes . . . 166
6.24 Diagramme pour le langage iconique intégrant les maladies à partir des remèdes et recettes 168
6.25 Forme canonique répondant aux trois cas d'utilisation pour l'iconisation des recettes et remèdes partant des Plantes . . . 168

6.26 Forme canonique répondant aux trois cas d'utilisation pour l'iconisation des recettes et remèdes partant des Ressources Médicinales 171

Liste des tableaux

2.1 Exemple de nom botanique ou scientifique d'une plante selon Linné 17
2.2 Comparaison des connaissances modernes et traditionnelles 24

3.1 Quelques définitions des concepts donnée, information et connaissance par neuf (9) auteurs 36
3.2 Typologie des connaissances 38
3.3 Exemple de syntaxe, sémantique et de raisonnement en LPO partant du pseudo langage naturel 46
3.4 Description de chacune des 5 étapes de Diligent 59
3.5 Description de chacune des 9 scénarii de Néon 61
3.6 Illustration des étapes en 9 scénarios de ontoForInfoScience 63
3.7 Correspondants en SNAP et SPAN de BFO 66
3.8 Propriétés d'une partie d'un objet suite à sa subdivision 68
3.9 Traduction d'une phrase du langage naturel au langage iconique 71

4.1 Exemples, d'images, de pictogrammes et d'icônes 79
4.2 Exemples, d'images, de pictogrammes et d'icônes (suite et fin) 80
4.4 Types peircéens de signe 83
4.5 Cinq (5) lois émanant de la Gestalt 86

5.1 Cartographie des acteurs et utilisateurs 93
5.2 Point d'ancrage pour de la construction de ontoMEDTRAD 100
5.3 Principe de contextualisation et de décontextualisation pour l'émergence des concepts/classes future 101
5.4 Principe de contextualisation et de décontextualisation pour l'émergence des concepts/classes future (suite et fin du Tableau 5.3) 102
5.5 Concepts majeurs et concepts secondaires 119
5.6 Indication de sources (RTO et ontologies) de concepts utilisés dans ontoMEDTRAD . . . 121
5.7 Indication des sources (RTO et ontologies) pour les rôles et subsomptions utilisés dans ontoMEDTRAD 122
5.8 Étude comparative de quelques outils éditeurs d'ontologies formelles 123
5.9 Quatre approches d'évaluation d'une ontologie (de domaine) 124
5.10 Catalogue des 9 groupes d'erreurs courantes dans les ontologies 125
5.11 Groupe 1 des erreurs relatives aux concepts 125
5.12 Groupe 2 des erreurs relatives aux concepts, relations et propriétés 125
5.13 Groupe 3 des erreurs relatives aux relations 126
5.14 Groupe 4 des erreurs relatives aux propriétés 126
5.15 Groupe 5 des erreurs d'ordre général 126
5.16 Groupe 6 des erreurs relatives aux concepts, relation, instances individuelles et valeurs . . 127
5.17 Groupe 7 des erreurs relatives aux instances individuelles et valeurs 127

5.18 Groupe 8 des erreurs relatives aux axiomes 127
5.19 Groupe 9 des erreurs relatives à la définition de concepts équivalents 127
5.20 Classification des erreurs par cause 127
5.21 Liste des figures des copies d'écran sous Protégé du contenu en partie de ontoMEDTRAD 129
5.22 Métrique de ontoMEDTRAD 129

6.1 Liste des 22 plantes anti-malaria 140
6.2 Liste de trente un (31) remèdes traditionnels 141
6.3 Liste des critères 142
6.4 Liste des critères (suite) 143
6.5 Différentes classifications des types de plantes selon deux botanistes 145
6.6 Exemples d'iconèmes relatifs aux formes de feuille, de fruit et à la pennation 151
6.7 Cadre graphique rectangulaire subdivisé en régions spatiales pour la position des iconèmes de Plante 152
6.8 Correspondance des critères et des régions spatiales du cadre graphique et nombres d'iconèmes par critère 153
6.9 Définition de six classes pour les sept critères 154
6.10 État du caractère fonctionnel des object properties ou propriétés objet entre plante (domaine) et classe de critère (range) 156
6.11 Quelques data properties relatives aux Plantes et à leur iconisation 156
6.12 Les 22 icônes des 22 espèces de plantes antipaludiques 159
6.13 les 9 iconèmes des parties de plantes 160
6.14 Relations sémantiques de la recette 162
6.15 Cadre graphique pour l'iconisation de la recette 162
6.16 Projection du cadre graphique pour l'iconisation d'une recette (R) à base de deux espèces de plantes P1 et P2 163
6.17 mTRecipe01 extrait de ontoMEDTRAD (ontoCONCEPT-Term) 163
6.18 Relations sémantiques du Remède et des classes associées. 165
6.19 Cadre graphique du remède 165
6.20 Récapitulatif des iconèmes appartenant à l'alphabet du langage iconique 172

Table des matières

1 Introduction générale **1**
1.1 Introduction . . . 2
1.2 Contexte . . . 3
1.3 Problématique . . . 4
1.4 Objectifs . . . 5
1.5 Contributions . . . 6
1.5.1 Idée maitresse . . . 6
1.5.1.1 Fondement de notre travail de recherche : ontoCONCEPT-Term et ontoICONE de ontoMEDTRAD . . . 6
1.5.1.2 Structure fondationnelle d'une ontologie d'approche visuelle . . . 7
1.5.1.3 Plateforme web sémantique et social . . . 7
1.5.2 Publications . . . 8
1.6 Plan de la thèse . . . 8

2 Médecine traditionnelle de l'Afrique de l'ouest et son état pour capitalisation (des connaissances) **9**
2.1 Analyse de la MT : Nécessité de capitaliser et de pérenniser les savoirs . . . 10
2.2 Définitions . . . 11
2.2.1 Médecine traditionnelle . . . 11
2.2.2 Tradipraticien ou thérapeute traditionnel . . . 12
2.2.3 Ethnopharmacologie . . . 13
2.2.4 Pharmacopée traditionnelle . . . 14
2.2.5 Ethnobotanique . . . 14
2.2.6 Phytothérapie . . . 15
2.2.6.1 Phytothérapie traditionnelle . . . 15
2.2.6.2 Phytothérapie moderne (phytothérapie clinique) . . . 15
2.2.7 Mise sur le marché des produits de la MT . . . 16
2.2.8 Plante médicinale . . . 16
2.2.9 Partie utile de plante . . . 17
2.2.10 Recette . . . 18
2.2.11 Remède . . . 18
2.2.12 Signes et symptômes . . . 19
2.3 Fondement historique, origine et évolution de la MT . . . 20
2.3.1 Fondement de l'art médical traditionnel . . . 20
2.3.2 Évolution de la médecine de l'humanité et courants de médecine en usage . . . 20
2.4 Traits caractéristiques de la MT . . . 23

2.4.1 Comparaison des connaissances natives et occidentales . . . 23
2.4.2 Caractéristiques propres à la MT . . . 23
2.5 Organisations . . . 26
2.5.1 Acquisition et transmission des connaissances et savoirs de la MT . . . 26
2.5.2 Ressources médicinales . . . 26
2.5.3 Récolte des ressources médicinales . . . 27
2.5.4 Forces et faiblesses de la MT . . . 28
2.5.4.1 Forces . . . 28
2.5.4.2 Faiblesses . . . 29
2.6 Prédisdisposition organisationnelle et solutionnelle de capitalisation des connaissances . . 31
2.7 Synthèse . . . 32

3 Représentation de connaissances et ontologies 34
3.1 De "donnée" à "connaissance" . . . 35
3.1.1 Donnée . . . 35
3.1.2 Information . . . 35
3.1.3 Connaissance . . . 37
3.2 Représentation des connaissances . . . 39
3.2.1 Vocabulaire contrôlé . . . 42
3.2.2 Taxonomies . . . 43
3.2.3 Thésaurus . . . 43
3.2.4 Logique propositionnelle . . . 44
3.2.5 Logique du premier ordre . . . 44
3.2.6 Graphes conceptuels . . . 45
3.2.7 Réseaux sémantiques . . . 46
3.2.8 Modélisation par objet typé . . . 47
3.2.9 Logiques de description . . . 47
3.2.9.1 Syntaxe . . . 48
3.2.9.2 Interprétation . . . 50
3.2.9.3 Signature . . . 50
3.2.9.4 Fonction d'interprétation . . . 50
3.2.10 RDF et Web sémantique . . . 51
3.2.11 Ontologies formelles . . . 52
3.2.11.1 Définition . . . 52
3.2.11.2 Types d'ontologies . . . 53
3.2.11.3 Langage OWL . . . 55
3.3 Construction d'une ontologie . . . 56
3.3.1 Méthodologies de construction . . . 56
3.3.1.1 Norme I3E 1074-1995 de développement d'application logicielle, appliquée à la construction d'une ontologie . . . 56
3.3.1.2 Méthodologie Diligent . . . 58
3.3.1.3 Méthodologie NeOn . . . 60
3.3.1.4 Méthodologie ontoForInfoScience . . . 60
3.3.2 Principes généraux . . . 63
3.3.2.1 Rejet de l'hypothèse du nom unique (UNA) . . . 63

3.3.2.2 Hypothèse du monde ouvert (OWA) . . . 65
3.3.2.3 Continuants et occurrents . . . 65
3.3.2.4 Processus et évènements . . . 66
3.3.2.5 Objets fluents . . . 67
3.3.2.6 Homéomères (noms non comptables) et anhoméomères (noms comptables) 67
3.3.3 Conclusion sur les méthodologies existantes . . . 68
3.4 Représentation des connaissances et ontologies existantes dans des domaines connexes . . 69
3.4.1 Travaux relevant de la MT . . . 69
3.4.2 Travaux relevant de la MM . . . 72
3.5 Synthèse . . . 73

4 Icône et Langage iconique 74
4.1 Importance de l'icône . . . 75
4.2 Définition et constance de l'icône . . . 76
4.2.1 Définition de l'icône . . . 77
4.2.2 Définition d'un langage iconique . . . 77
4.2.3 Constance de l'icône . . . 77
4.2.4 Exemple d'icônes . . . 78
4.3 Icône et communauté . . . 78
4.4 Étude et décomposition des icônes . . . 82
4.4.1 Sémiologie des icônes . . . 82
4.4.2 Triangle sémiotique . . . 84
4.4.3 Théorie de la Gestalt . . . 86
4.4.4 Propriétés des icônes . . . 86
4.5 Exemples de langages iconiques . . . 87
4.6 Langages iconiques formalisés . . . 88
4.7 Synthèse . . . 89

5 OntoMEDTRAD : vers une ontologie de la médecine traditionnelle africaine 90
5.1 Présentation et architecture globale du système envisagé : sysMEDTRAD . . . 91
5.1.1 Cartographie globale des acteurs et des utilisateurs . . . 92
5.1.2 Quatre composants essentiels de SysMEDTRAD . . . 92
5.2 Notre méthodologie . . . 95
5.3 Étapes de construction de notre ontologie . . . 103
5.4 Spécifications des besoins . . . 106
5.4.1 MT : Besoins tactiques et stratégiques . . . 106
5.4.2 Besoins pragmatiques pour la construction de ontoMEDTRAD : Trois cas d'utilisation . . . 107
5.4.3 Description détaillée des cas d'utilisations . . . 108
5.4.3.1 Description de l'UC1 . . . 108
5.4.3.2 Description de l'UC2 . . . 108
5.4.3.3 Description de l'UC3 . . . 111
5.5 Conceptualisation . . . 115
5.5.1 Cinq règles d'or pour initier la conceptualisation de manière compatible avec Diligent, NeOn et ontoForInfoScience . . . 116
5.5.2 Acquisition de connaissances . . . 117

5.5.3 Modélisation conceptuelle (UML) . . . 119
5.5.4 Diagramme UML des classes relativement à ontoCONCEPT-Term . . . 119
5.6 Concepts présents dans des ontologies ou ressources déjà existantes . . . 119
5.7 Formalisation . . . 122
5.7.1 Choix de l'outil de modélisation ontologique . . . 122
5.7.2 Typologies des erreurs dans les ontologies de fondement existantes . . . 122
5.7.2.1 Catalogue de 33 écueils communément rencontrés dans la construction des ontologies . . . 124
5.7.2.2 Classification des erreurs par cause . . . 128
5.7.3 Résultat : ontoCONCEPT-Term . . . 128
5.8 Synthèse . . . 134

6 Vers une ontologie visuelle : construction d'un langage iconique pour les plantes médicinales, les recettes et les remèdes 136
6.1 Position de ontoICONE . . . 137
6.2 Périmètre de notre travail . . . 137
6.3 Construction d'un langage iconique pour les plantes . . . 138
6.3.1 Extraction d'un jeu de données (31 remèdes et 22 plantes) . . . 138
6.3.2 Définition des critères . . . 139
6.3.3 Définition des valeurs des critères . . . 140
6.3.4 Sélection des critères . . . 144
6.3.5 Dessin des iconèmes et choix des couleurs . . . 149
6.3.6 Assemblage des iconèmes . . . 152
6.4 Génération automatique des icônes de plantes à partir de l'ontologie ontoMEDTRAD (ontoCONCEPT-Term) . . . 154
6.4.1 Lien ontologique . . . 154
6.4.2 Programme en python (attachement procédural) pour la génération des icônes de plantes . . . 156
6.5 Remarque importante . . . 157
6.6 Iconisation de la recette et du remède . . . 157
6.6.1 Parties utilisées de la plante . . . 157
6.6.2 Recette et Ingrédient . . . 160
6.6.3 Remède . . . 163
6.6.4 Langage diagrammatique pour les recettes et les remèdes . . . 165
6.7 Généralisation de l'iconisation des remèdes et recettes pour l'ensemble des maladies . . . 167
6.8 Discussion . . . 167
6.9 Synthèse . . . 170

7 Discussion, conclusion et perspective 173
7.1 Discussions . . . 175
7.1.1 Comparaison aux travaux de Kuicheu . . . 175
7.1.2 Comparaison aux travaux de Lamy . . . 175
7.1.3 Icônes et photos réalistes . . . 176
7.2 Vers des ontologies iconiques . . . 176

Bibliographie 178

Chapitre 1

Introduction générale

Sommaire

1.1 Introduction **2**
1.2 Contexte **3**
1.3 Problématique **4**
1.4 Objectifs **5**
1.5 Contributions **6**
1.6 Plan de la thèse **8**

1.1 Introduction

Les connaissances actuelles peuvent se décomposer en connaissances traditionnelles locales d'une part et en connaissances universellement et scientifiquement prouvées d'autres part. Les dernières, sont souvent originaires du monde occidental ou orientées par celui-ci, et sur lesquelles actuellement, les recherches se focalisent. Cependant, de plus en plus, des connaissances natives, endogènes et locales voire aborigènes ou encore naturelles attirent l'attention des scientifiques [49] [139] [150] [244] [245]. En occurrence, la biomimétique s'inspirant du mimétisme du vivant, est en éclosion. Elle vise à répondre à de nouvelles perspectives et à de nouveaux besoins humains. En réalité, le capital naturel a toujours servi de levier d'amorçage à la science [1]. En clair, ce capital n'a jamais fait défaut, mais dans un rôle apparaissant souvent très passif : apport de "matières à moudre" à la science.

Dès l'aube de l'humanité, l'homme a appris à connaître les ressources naturelles, et notamment les plantes, pour se nourrir, puis à en cerner les vertus thérapeutiques [10]. Ce volet thérapie concerne la médecine. De la médecine hippocratique (d'Hippocrate à -5^{e}siècle) en passant par celle de Paracelse (+15^{e} siècle) [73], plusieurs médecines ont contribué à l'établissement de la médecine dite traditionnelle (MT). Cette dernière, jusqu'à nos jours, continue de constituer un vivier important non négligeable [49] [51] [126] [196], pour la médecine conventionnelle dont la médecine moderne (MM). Très présente de par ses progrès scientifiques remarquables et ses retombées en terme d'offre de soins de santé, cette MM est actuellement lancée dans une course vers les technologies de pointe. Relevons également qu'au fil du temps et selon les espaces, la MT revêt une apparence de persistance et de transcendance. Loin de remplacer la MM, ou d'être oblitérée par elle, elle ne donne aucune impression de disparaître. Le Président de l'ONG Prometra (Dakar) dit au sujet de la MT : "Qu'elle ait existé jusqu'à maintenant, justifie son efficacité et tout l'intérêt qu'il convient de lui porter" [133]. A l'initiative de l'OMS, avec l'avènement des soins de santé primaires en 1978 [210] [240], lors de la Conférence internationale d'Alma-Ata (actuel Almaty au Kazakhstan), il a été motivé l'intérêt d'intégrer la MT dans les systèmes de santé nationaux des pays du tiers monde, suite au constat de la non couverture médicale de l'ensemble des couches des populations par l'offre de la médecine conventionnelle. La MT constitue un patrimoine culturel pour les populations autochtones qui la pratiquent depuis des lustres (des temps les plus reculés). L'ambition pour la MT est d'en faire un système complémentaire de santé plutôt qu'un substitut des offres de soins issues de la MM. Elle n'a pas non plus pour objectif de copier la MM.

Dans ce travail, notre contribution vise à favoriser l'augmentation du potentiel des soins de santé primaires par la MT, pour les populations africaines et plus particulièrement celles de quinze (15) pays de l'Afrique de l'ouest. De nombreuses cultures y foisonnent, incluant différentes aires linguistiques, diverses sources ou ressources naturelles d'ordres végétal, minéral et animal. Il y a aussi une grande variabilité morphologique pour une même espèce vivante (animale ou végétale) selon la région, l'habitat et/ou le climat. Pour les acteurs de premier rang de la MT, il n'existe quasiment pas de cadre collaboratif (flexible). La

1.

http ://www.cnrtl.fr/definition/science (consulté en 2014) ; Selon CNRTL (Centre national de ressources textuelles et lexicales de Nancy/France), par **science**, il faut entendre la somme de connaissances qu'un individu possède ou peut acquérir par l'étude, la réflexion ou l'expérience ; Plus spécifiquement, c'est la connaissance approfondie des choses dans ce qu'elles sont ou encore celle des règles et des techniques propres à une activité. En outre, de la même source, la science est l'ensemble structuré de connaissances qui se rapportent à des faits obéissant à des lois objectives (ou considérés comme tels) et dont la mise au point exige systématisation et méthode. On a les sciences dures formelles, axiomatiques, abstraites (mathématiques, informatique, statistiques, actuariat, ...), les sciences abstraites et concrètes (biologie, physiques, ...) et les sciences dites non exactes notamment les humanités (anthropologie, sociologie, ...). D'autres classifications existent.

conception d'un tel cadre collaboratif passe nécessairement par la création d'un environnement approprié et propice pour ces acteurs que sont précisément les praticiens de la MT (PMT).

Un tel environnement devrait s'appuyer sur les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), qui sont les outils de référence pour la valorisation de l'information. En clair, au sens de R. Dieng [80], il s'agit de constituer un fond organisationnel de connaissances et d'expériences accumulées durant plusieurs décennies voire des siècles, dans le domaine de la MT africaine. L'organisation de ces connaissances nécessite une approche classificatoire ontologique afin de mieux les représenter dans une compréhension commune à la communauté des PMT. Le monde bien qu'étant unique est décrit et très souvent compris de façon multiple. Décrire ce monde de manière formelle peut être un préalable à la compréhension consensuelle par les humains. Dans cette optique, en s'appuyant sur les technologies du web sémantique [100] [151], l'intelligibilité sémantique de ce monde par la machine est rendue possible. Ce cadre d'échanges sous forme de plateforme web vient alors faciliter la collaboration entre les PMT.

Comment allons-nous nous y prendre afin de permettre à ces guérisseurs de partager, de co-construire et de co-enrichir cette plateforme quand plus de la moitié (65 %) [135] d'entre eux ne savent ni lire, ni écrire dans les quatre (4) langues officielles (le français, l'anglais, l'espagnol et le portugais) ? En plus, cette même majorité des PMT s'exprime dans des langues locales différentes et appartiennent à des cultures aux us et coutumes variés.

Pour répondre à cette question, notre travail de recherche vise la **Gestion de la MT dans une plateforme web social et sémantique selon une approche basée sur une ontologie visuelle** (iconique). Cette approche associe des icônes aux principaux concepts de l'ontologie terminologique au plan des utilisations.

En effet, il est indispensable de réfléchir à un langage non-textuel, et constant d'un pays à un autre, à même de transcender le multilinguisme accentué et très caractéristique de cet espace régional. Ce multilinguisme est une barrière dans la communication entre personnes. Cette difficulté est d'importance variable pour chacun des pays de cette sous région africaine. Par exemple, en Côte d'Ivoire, il n'y a pas de langue qui s'impose parmi la soixantaine existante. Après le français, nous avons trois langues locales (Baoulé, Bété et Dioula) qui sont les plus utilisées. Au contraire, au Sénégal, le Wolof est une langue locale qui tend à s'imposer (parlé), venant après le français (écrit). Selon le pays, les langues locales ont un nombre variable se situant entre 2 et 80 en général, et jusqu'à 527 au Nigeria [148]. Leur nombre total est estimé à **1127** pour l'ensemble de l'Afrique de l'ouest.

Nous projetons alors, à partir d'une ontologie de domaine de la MT de l'Afrique de l'ouest, baptisé ontoMEDTRAD, de construire un langage iconique selon une approche d'ontologie visuelle. Ce langage prend appui sur une partie d'ontoMEDTRAD qui est ontoICONE. Ce projet est ambitieux et sera réalisé méthodiquement et en plusieurs étapes, le présent travail constituant la première étape.

1.2 Contexte

Nos travaux de thèse entrent dans le cadre du projet [232] "Mise en place d'une plateforme web social et sémantique pour le partage des connaissances des communautés ouest-africaines" piloté par Prof. Moussa LO [2]. Il s'agit d'amener ces communautés caractérisées par des activités socioculturelles et professionnelles, à partager leurs connaissances au moyen d'outils parmi lesquels les technologies du web social et sémantique sont présentes. Cette plateforme Web sémantique centrée sur une base de connaissances ontologique devra s'étendre à ces différentes communautés des localités urbaines et rurales de la sous région ouest-africaine.

2. http ://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/ED/pdf/SenegalGastonBergerFR.pdf consulté en 2013

Les moyens d'accès envisagés sont multiples, notamment via l'Internet par la téléphonie mobile.

Plus spécifiquement, comme déjà mentionnée, la communauté concernée dans le présent travail de recherche est celle de la MT, où notre solution comprend une approche d'ontologie permettant l'utilisation d'icônes. Ainsi, au moyen d'un langage iconique, l'ensemble des concepts terminologiques afférents à la MT devront être iconisés sinon, l'être en grande partie. L'aspect visuel permettra au tradipraticien (ou PMT) de s'affranchir des barrières linguistiques, dans l'exercice de son art de guérisseur. Les PMT, experts du domaine de la MT et composant notre endogroupe, constituent un centre d'intérêt important à prendre en compte à toutes les grandes étapes charnières du projet vu le caractère consensuel souhaité.

L'importance et l'urgence de ce travail ne sont plus à démontrer : depuis plusieurs années, l'hégémonie de la MM laisse peu de place à l'expression des MT et à l'utilisation naturelle des plantes médicinales. Ces pratiques ancestrales sont désormais menacées de disparition. Cet état de fait est aggravé par la mondialisation (économie mondiale) qui déstructure de plus en plus les populations des pays en voie de développement (PED) et conduit à un bouleversement global des valeurs et des ressources. Les jeunes générations se tournent alors désormais de plus en plus vers les valeurs occidentales, délaissent celles de leurs aînés et notamment celles portées par la MT.

À l'époque de l'informatique des gros systèmes centralisés, des mainframes puis de l'informatique ubiquitaire actuelle, les progrès réalisés dans le domaine des TIC sont évidents. En ce début de troisième millénaire, les applications web et le web lui-même ne cessent d'augmenter en capacité. Ceci constitue une motivation supplémentaire pour intégrer les TIC dans l'organisation de la MT de l'Afrique de l'ouest. L'ensemble formé par les ontologies, le web sémantique et les langages de programmation objet, offre un cadre technologique adéquat pour :

- pérenniser et sauvegarder les connaissances de la MT en termes de mémoire organisationnelle ;
- tirer le meilleur parti de la MT pour l'ensemble des acteurs : PMT, Patient, Entourage Patient, Informaticiens (ingénierie ontologique, wiki sémantique, infographie), Médecin de la MM, Faunisticien, Botaniste, Enseignants-chercheurs, Chercheurs, Apprenants et Population grand public.

1.3 Problématique

L'Afrique de l'ouest est l'une des parties du monde où le taux de natalité est le plus élevé [56]. On y note un état de pauvreté aggravant pour les couches sociales en surpeuplement. S'agissant de la MM, la répartition des infrastructures sanitaires et surtout de soins de santé, est notoirement inégale au regard des ratios des populations avec les espaces géographiques ou tout simplement de la densité (nombre d'habitants par km^2) ou encore de la concentration des masses. La médecine à domicile est quasiment absente. On constate également un manque de médecine de proximité et une insuffisance du personnel soignant dont principalement les médecins [135]. Ce personnel est beaucoup plus concentré au niveau des métropoles [165], un peu moins dans les autres zones urbaines et beaucoup moins dans les zones rurales.

De plus, les coûts élevés, parfois prohibitifs et dispendieux, des offres de soins de santé même primaires rendent l'accès à la MM, difficile et inéquitable. Du coup, parallèlement à l'utilisation de la MM par ces populations, ces dernières font appel à la MT pour répondre à leurs besoins en soins de santé. Selon l'OMS [175] et à travers d'autres sources notamment [51], [201] et [210], la proportion de cette population ayant recours à la MT est estimée à 80%.

Cependant, le patrimoine culturel constitué par la MT se perd du fait du caractère oral de la transmission des connaissances d'une part, et d'autre part du vieillissement des PMT alors que l'espérance de vie actuelle

est autour de 60 ans [56]. Nous relevons comme principaux moyens de transmission des connaissances, la descendance, la lignée et l'innéisme [136].

Dans les pays d'Afrique de l'ouest, les PMT travaillent sans une véritable communication entre eux. Aussi relevons-nous une absence totale de mécanismes et d'outils de préservation des savoirs, des connaissances, des pratiques et des expériences dans ce domaine. A leur mort, les PMT disparaissent avec les savoirs et les savoir-faire tacites et professionnels accumulés durant des décennies.

A ce titre, leur créer un cadre d'échange, d'acceptation mutuelle, de collaboration constitue un chalenge majeur. Ce cadre se veut un incubateur de capitalisation et de mutualisation durable du patrimoine formé par les connaissances et expériences de la MT. C'est une mémoire organisationnelle [100], qui une fois réalisée, sera utilisée et enrichie par les principaux acteurs, les PMT. Quant aux usages offerts aux autres, notamment patients, chercheurs, médecins de la MM, enseignants en TIC et en Biosciences, et apprenants, différents paliers de restrictions sur leurs possibilités d'intervention pourraient être définis. Cependant, la pérennisation de ces savoirs nécessite aussi de faire face à la dégradation de l'environnement naturel, car les sources médicinales sont à plus de 50 % végétales [10] [136]. Les connaissances ainsi mémorisées auront non seulement un sens pour l'historique, mais également pour la pratique des soins de santé, si le couvert floristique et faunique, c'est à dire le réel perçu et vivant d'où est assorti le matériel brut de travail du PMT, continue d'exister. En conséquence, ce couvert se doit d'être préservé et régénéré au moyen de mécanismes et techniques dont pourra tenir compte notre mémoire en terme d'extension.
Sans aucun doute, à terme, notre travail est à même d'apporter une contribution forte à la modernisation et à la revalorisation de la MT africaine.

1.4 Objectifs

L'objectif principal de cette thèse est de construire une ontologie de domaine de la médecine traditionnelle (MT) comprenant une base de connaissances et un module de concepts iconisés (concepts représentés par des icônes) selon un langage iconique s'appuyant sur une ontologie d'approche visuelle. Cela consiste à élaborer des concepts terminologiques ou des termes conceptuels de l'ontologie suivie de leur représentation visuelle en s'appuyant sur un langage iconique de nature compositionnelle. Dans ce langage, les icônes seront construites en assemblant plusieurs éléments (couleurs, pictogrammes, partie d'icône ou iconèmes, *etc*). Ce langage facilitera l'exploitation de la plateforme par les PMT, qui sont en grande partie illettrés. Les icônes conçues devront donc être propres à la MT et reconnues comme telles. Cette ontologie de la MT, avec sa couche iconique, est ensuite destinée à être utilisée dans des outils de gestion de la MT.

Ce travail s'inscrit dans un projet de plus grande ampleur, en trois étapes :

- Étape 1 : construire une ontologie du domaine de la MT ;
- Étape 2 : créer une couche iconique de l'ontologie propre à la MT ;
- Étape 3 : utiliser les outils du web social et sémantique (par exemple un Wiki et plus spécifiquement Virtuoso) comme technologie support, devant permettre aux PMT d'être assistés dans leurs tâches de guérisseur.

Ce travail de thèse se concentre sur les étapes 1 et 2, l'étape 3 constituant une perspective future proche.

Au regard de ce qui précède, un certain nombre de méta-préoccupations auxquelles une ontologie de

domaine de la MT comme celle qui fait l'objet de notre travail de recherche est en mesure de répondre, sont manifestes. Ce sont :

- revaloriser la MT au moyen d'outils technologiques de référence notamment les TIC ;
- renforcer la médecine associée, collaborative et intégrative en gestation [215] ;

- affranchir les PMT des barrières linguistiques ;
- faciliter la collaboration entre PMT dans l'exercice de l'art médical traditionnel.

1.5 Contributions

1.5.1 Idée maitresse

Rendre intelligibles à l'ordinateur les connaissances présentes dans une base de connaissances nécessite l'utilisation d'une terminologie codée.

Construire une ontologie d'approche visuelle, notre préoccupation essentielle, est donc un défi au regard de la complexité visuelle et de ce qui précède. Pour venir à bout de ce problème, nous allons construire une ontologie formelle terminologique au sens habituel, sur laquelle devra s'adosser l'ontologie d'approche visuelle. La première ontologie, ontoCONCEPT-Term, et la seconde, ontoICONE, forment ontoMEDTRAD, une ontologie de domaine de la MT. ontoMEDTRAD elle-même est la principale composante du système intégral envisagé : sysMEDTRAD. Ce dernier devra intégrer une plateforme web social et sémantique.

Le langage iconique principalement de nature compositionnelle se base sur ontoICONE, et fera correspondre à un concept donné de ontoCONCEPT-Term une icône.

1.5.1.1 Fondement de notre travail de recherche : ontoCONCEPT-Term et ontoICONE de ontoMEDTRAD

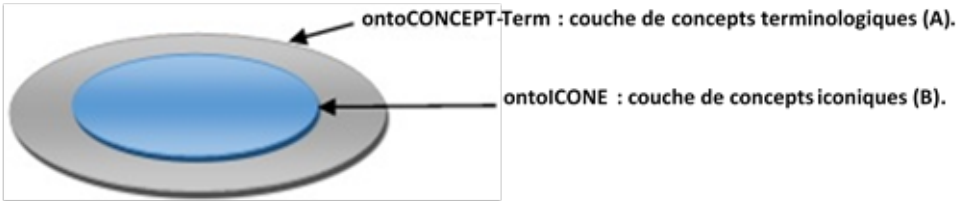


FIGURE 1.1 – Composantes basiques "ou fondationnelles" d'ontoMEDTRAD

La structure de ontoMEDTRAD est illustrée par la figure 1.1. La couche A représente l'ontologie de la MT via les termes (concepts terminologiques). La description des concepts et des relations sémantiques entre ces concepts est d'ordre hiérarchique (taxinomique), associatif (horizontal) et compositionnel. La couche B comprend les icônes en correspondance associative à un sous-ensemble des concepts de ontoCONCEPT-Term (tous les concepts n'ont donc pas une icône). Ici, on privilégie la fonction iconique d'ontoICONE (car elle détient une partie terminologique en partage avec ontoCPNCEPT-Term).

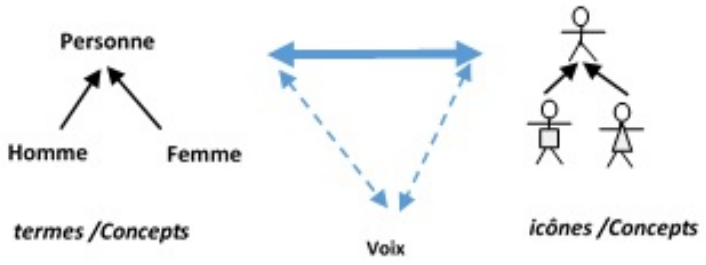


FIGURE 1.2 – Correspondance sémantique entre termes/concepts et icônes/concepts

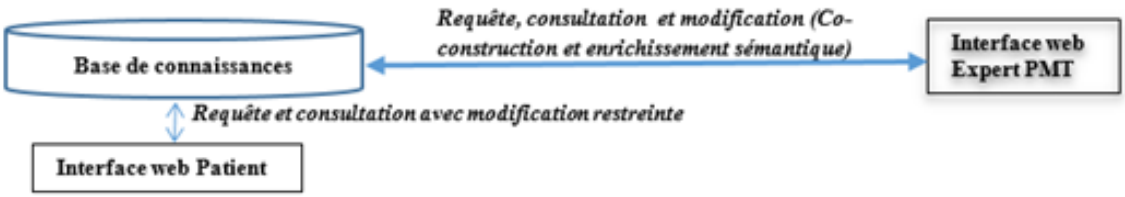


FIGURE 1.3 – Architecture simplifiée de la plateforme web social et sémantique : cadre basique d'échange et de partage

1.5.1.2 Structure fondationnelle d'une ontologie d'approche visuelle

L'approche visuelle consiste à construire d'abord une ontologie de domaine avec des concepts et relations entre eux, et ensuite à représenter par une icône chacun des concepts et relations à travers un langage iconique. La figure 1.2 donne une démonstration d'une situation idéale structurant une ontologie d'approche visuelle.

1.5.1.3 Plateforme web sémantique et social

Dans sysMEDTRAD, la plateforme dans sa quintessence est formée d'une base de connaissances issue de l'ontologie. On a accès aux données primitives, axiomatisées, définies, instancielles et inférentielles. Cet accès est opéré via des interfaces dont seules celles des acteurs principaux PMT et patient, cités ici dans l'ordre de leur importance contextuelle, sont mises en relief à travers la figure 1.3.

En somme, ontoCONCEPT-Term dénote les concepts terminologiques de la MT. ontoICONE dénote l'ensemble des icônes (et pictogrammes) représentant visuellement ces concepts. L'accès à sysMEDTRAD par les différents acteurs se fera à travers d'un média Wiki sémantique (support de la plateforme web social et sémantique).

Vu la complexité de la visualisation et celle de la construction d'une icône d'un concept donné, la couverture des termes des concepts par les icônes sont réalisées de manière progressive et incrémentale. Dans le cadre de cette thèse, nous présenterons un langage iconique pour identifier les plantes médicinales,

ainsi qu'un langage diagrammatique pour présenter des recettes de remèdes à base de plantes et des remèdes. De plus, le langage iconique a été relié à l'ontologie, de sorte à pouvoir générer automatiquement les icônes à partir de la description formelle des plantes dans l'ontologie.

1.5.2 Publications

Nous avons réalisé quatre publications :

1. "Architecture d'un système de gestion des connaissances de la médecine traditionnelle : **SysMEDTRAD**" [19] : dans cet article, après y avoir donné les raisons pour créer un fond organisationnel des connaissances de la MT, nous définissons l'objectif général, les objectifs spécifiques, et nous proposons une architecture pour un système de gestion des connaissances de la médecine traditionnelle ;
2. "Modélisation conceptuelle d'une ontologie de la médecine traditionnelle (**ontoMEDTRAD**)" [18] : dans cet article, nous décrivons la conceptualisation et la formalisation d'une ontologie terminologique de la médecine traditionnelle ; cette ontologie de domaine à proprement dit est **ontoCONCEPT-Term**, l'un des deux modules de **ontoMEDTRAD** ;
3. "Vers un système iconique d'aide à la décision pour les praticiens de la médecine traditionnelle" [16] : cet article montre l'intérêt d'un langage iconique pour la MT. Il se focalise sur la partie iconique de l'ontologie de la MT que nous proposons. Il décrit l'amorçage de l'iconisation sur les concepts de plantes ;
4. "Modelization of recipe in african traditional medicine with visual ontology approach, iconic sketch" [17] : cet article porte sur l'iconisation du concept de Plante. Il modélise également l'aspect iconique de la recette et du remède traditionnels pour la communauté des PMT de l'Afrique de l'ouest. **ontoICONE** amorcé justifié à partir du concept de plante, est l'un des deux principaux modules de **ontoMEDTRAD**.

1.6 Plan de la thèse

Notre manuscrit regroupe tous les travaux de cette thèse. Il est structuré en sept (7) chapitres.

Suite au chapitre **1** introductif (contexte, problématique, objectifs et contributions), les trois suivants tracent globalement l'état de l'art. Plus précisément, le chapitre **2** présente un état de l'art sur la médecine traditionnelle (MT) de l'Afrique de l'Ouest avec une empreinte de capitalisation.

Le chapitre **3** porte sur l'état de l'art de la représentation des connaissances en général, et particulièrement sur les ontologies formelles.

Le chapitre **4** présente un état de l'art sur les icônes et les langages iconiques.

Nos contributions sont les chapitres 5 et 6.

Le chapitre **5** décrit la construction d'ontoMEDTRAD, une ontologie de domaine de la MT africaine.

Le chapitre **6** présente ontoICONE, une ontologie visuelle via la description d'un langage iconique portant sur des concepts de ontoCONCEPT-Term : Plante, Recette et Remède.

Le chapitre **7** est un récapitulatif des discussions, conclusions et perspectives.

Chapitre 2

Médecine traditionnelle de l'Afrique de l'ouest et son état pour capitalisation (des connaissances)

Sommaire

2.1 Analyse de la MT : Nécessité de capitaliser et de pérenniser les savoirs . . . 10
2.2 Définitions . . . 11
2.3 Fondement historique, origine et évolution de la MT . . . 20
2.4 Traits caractéristiques de la MT . . . 23
2.5 Organisations . . . 26
2.6 Prédisdisposition organisationnelle et solutionnelle de capitalisation des connaissances . . . 31
2.7 Synthèse . . . 32

Dans ce chapitre, nous allons présenter la médecine traditionnelle (MT) de l'Afrique de l'ouest à travers ses caractéristiques et son organisation. Pour cela, nous nous sommes fondés sur des recherches bibliographiques, la documentation obtenue de structures agrées de santé publique et d'organisations non gouvernementales, les rencontres de terrains avec une cinquantaine (50) de PMT en Côte d'Ivoire et une soixantaine (60) au Sénégal. L'observation et les ressources en ligne complètent cette liste de sources documentaires non exhaustive pour asseoir notre analyse.
Nous nous focaliserons sur les préoccupations pouvant mener à des possibilités de solutions informatiques en vue d'améliorer l'organisation de la MT et son intégration dans les systèmes nationaux de santé et d'augmenter le volume des offres de soins de santé primaires en complément à celles de la MM, dans les pays d'Afrique de l'ouest.

2.1 Analyse de la MT : Nécessité de capitaliser et de pérenniser les savoirs

Depuis l'antiquité et même avant, la santé humaine a toujours été une préoccupation majeure de la société pour prévenir et éradiquer la maladie ou vivre avec elle. Les courants de pensées, la transmission du savoir via les écoles antiques jusqu'aux universités, puis à celles de standing actuel, les agissements culturels et anthropiques, les échanges économiques partant du troc au capitalisme, et beaucoup d'autres transformations ont eu lieu et continuent de s'opérer au fil des décennies et des siècles. A des degrés divers, naturellement, ou au gré des progrès et découvertes scientifiques, nos modes de vie et de pratique de nos activités socio-culturelles sont en perpétuelle mutation. Presque toutes les activités humaines y compris les pratiques médicales et singulièrement la MT, telles qu'elles se menaient il y a un siècle, une cinquantaine d'années ou par le passé, sont différentes de celles de nos jours. Nous pouvons noter la disparition de certaines activités et l'émergence d'autres, somme toutes observant cette dynamique. Inhérent à ces activités humaines, ce phénomène réflexif et récursif, continu et perceptible de génération en génération, est irréversible. Relativement aux médecines du monde et singulièrement à celle d'Afrique, les perturbations ou bouleversements intra et interculturels, sans occulter la traite négrière, l'esclavage, la colonisation, les indépendances, les immigrations et les migrations, ont influencé tantôt positivement, tantôt négativement à des moments donnés, leur élan savant [49] [103] [126] [139].
Avant l'avènement de la médecine actuelle à travers le monde entier, les hommes ont eu à développer plusieurs pratiques médicales peu ou prou appropriées pour faire face aux nombreuses maladies mortelles. Il s'agit notamment des produits relevant de la nature et essentiellement d'origine végétale, animale, minérale et même métaphysique (divine ou surnaturelle). Ce type de pratiques médicinales, s'améliorant sans cesse, fait apparaître deux domaines clés (ou majeurs) de médecine.

D'une part, nous avons la médecine moderne (MM), beaucoup plus structurée et connaissant un essor remarquable grâce à la recherche scientifique. Elle est dite médecine conventionnelle. Au fil du temps, cette médecine a connu différentes déclinaisons notamment médecine occidentale, médecine biologique, bio-médecine, médecine scientifique, médecine de haute technologie, ... Aujourd'hui, on note dans ce domaine l'utilisation des technologies de pointe. Dans les pays en voie de développement, cette médecine n'est pas accessible à toutes les couches de la population pour qui les coûts de soins sont prohibitifs. Ce système de santé s'appuie sur une recherche scientifique de haut niveau et caractérisé par des tests cliniques de très grande rigueur [150]. Actuellement, elle est dite médecine de haute technologie et de précision. Il est fait usage de toutes les sources médicinales hormis celles d'ordre métaphysique. Cependant, nous ne pouvons que constater l'existence de maladies persistantes et inguérissables (folies et certaines maladies mentales),

la résurgence d'anciennes maladies (e.g. : Ebola en Guinée Conakry en 2013) et l'apparition de nouvelles. Nous pouvons préciser que la médecine conventionnelle est d'abord faite par et pour les pays occidentaux et les patients ayant un mode de vie sédentaire et urbain : cela correspond au profil des patients recrutés dans les essais cliniques, et aux patients « ciblés » par les laboratoires pharmaceutiques.

D'autre part, nous avons la médecine non conventionnelle dont les soins relèvent des produits naturels ayant subi moins de transformations (notamment chimiques). Ce domaine progresse (plus lentement que celui de la MM) avec des pratiques beaucoup moins structurées voire informelles ou semi-formelles. Toutes les sources médicinales sont utilisées notamment végétales, minérales et animales et surnaturelles. Pour faire face aux soins de santé, nombreuses sont les populations à travers tous les continents, et singulièrement dans les pays en développement ou en voie de développement, qui continuent de se référer à ce type de médecine.

A ce dernier niveau, deux sous-types de médecine sont à distinguer, l'un plus usité dans les pays développés, qui est la médecine complémentaire ou parallèle, ou encore alternative ou douce (complementary and alternative medicine), et l'autre dit médecine traditionnelle (MT) beaucoup plus pratiqué dans les pays en développement (Afrique, Asie et Amérique du sud). En Asie, et principalement en Chine, la MT représente 40% des soins de santé primaires (au regard de la pyramide sanitaire) administrés [173]. En Afrique de l'ouest, pour cette même catégorie de soins, 80% de la population a recours à cette MT regroupant des techniques et connaissances appelées pharmacopée traditionnelle [175]. Ce type de soins concerne un sous domaine de la santé et cible plus spécifiquement l'être humain. Il donne lieu à un ensemble étendu de connaissances et de pratiques. Il est simplement dénoté par la MT avec des déclinaisons africaine, chinoise, indienne...

En Afrique de l'ouest, en matière de MT, le principal vecteur de transmission des connaissances, lorsqu'elles ne sont pas tenues secrètes, est l'oralité, marquée d'une importance indubitable dans les us et coutumes. Manifestement, lorsqu'un PMT décède, c'est toute la somme de ses expériences acquises qui disparaissent. Une politique nouvelle doit permettre de disposer dans ce domaine, d'une base de connaissances (BC) et d'expériences évolutive pour atténuer cette perte. C'est ce à quoi s'attelle notre travail par la création d'une mémoire collective de la MT, comme socle d'un héritage pour les générations nouvelles. Cette mémoire est une capitalisation progressive des connaissances de la MT de l'Afrique occidentale. Du secret à l'ouverture, du tacite à l'explicite, de la perte des connaissances à leur persistance du fait en partie du renouvèlement et de l'enrichissement du fond organisationnel constitué, du caractère fortement propriétaire des informations et concepts à leur désincarnation [100], donnent de la voie à une souplesse infinie pour les habilités des acteurs en matière de réutilisation et de contribution.

2.2 Définitions

2.2.1 Médecine traditionnelle

Selon la définition officielle de l'OMS [173] [175], "la médecine traditionnelle (**MT** ou TM en anglais traditional medicine) se rapporte aux pratiques, méthodes, savoirs et croyances en matière de santé qui impliquent l'usage à des fins médicales de plantes, de parties d'animaux et de minéraux, de thérapies spirituelles, de techniques et d'exercices manuels, séparément ou en association pour soigner, diagnostiquer et prévenir les maladies ou préserver la santé". Plusieurs autres définitions se rapprochant de la précédente, existent. Parmi elles nous en donnons trois autres :

– Pour l'UNESCO [231], la MT est un concept qui déborde largement le champ de la santé pour se

placer au niveau socioculturel, religieux, politique et économique. Elle peut être considérée comme "un système de prise en charge du malheur (biologique ou non), qui s'appuie sur des théories du corps, de la santé, de la maladie et de la guérison ancrées dans l'histoire des cultures et des religions qui ont construit et construisent un pays". On peut dire qu'il existe presque autant de médecines traditionnelles que de cultures.

- "La MT est un ensemble des connaissances et des pratiques permettant de diagnostiquer et de dispenser des soins de santé, au moyen de méthodes se référant au fondement socio-culturel propre aux sociétés dites traditionnelles" selon Kroa [136].
- A travers [14], Gbodoussou, président de l'ONG Prometra dit : "La MT, qu'elle soit africaine, asiatique ou aztèque, se définit comme un système de connaissances, une sagesse ancienne, un ensemble spécifique de pratiques assurant l'équilibre de l'être humain et l'harmonie avec son environnement".

2.2.2 Tradipraticien ou thérapeute traditionnel

Le tradipraticien ou thérapeute traditionnel est "une personne reconnue par la collectivité où elle vit, comme compétente pour dispenser les soins de santé, grâce à l'emploi, de substances végétales, animales ou minérales, et d'autres méthodes basées sur un fondement socioculturel et religieux, aussi bien que sur les connaissances, compétences, croyances liées au bien être physique, mental et social ainsi qu'à l'étiologie des maladies et invalidités prévalant dans la collectivité" [136].
Selon [21], le tradipraticien est également un homme ou une femme très connu et respecté, grand psychologue, botaniste, pharmacologue et médecin, et qui connaît les noms des plantes, des animaux et des roches pour soigner les malades.

Selon [129], à la fois prêtre, féticheur et médecin, le tradipraticien fait le lien entre les hommes et les forces surnaturelles. Il est appelé aussi tradimédecin. On l'appelle également praticiens de la Médecine Traditionnelle (PMT). C'est bien cette appellation que nous avons retenue et qui est la plus employée dans ce manuscrit.

Typologies ou spécialités du PMT

Les catégories du PMT auxquelles les différents auteurs s'accordent sont [9] [14] [21] [72] [85] [133] [136] [150] [172] [178] [192] : Accoucheuse traditionnelle, Diététicien traditionnel, Herboriste , Naturothérapeute , Phytothérapeute, Psychothérapeute, Rebouteur traditionnel, Ophtalmologue traditionnel, Médico-droguiste traditionnel, Kinésithérapeute traditionnel, Acuponcteur, Phlébotomiste.

Le phlébotomiste est un tradipraticien qui pratique principalement les techniques de saignée corporelle du malade (patient) en vue de le soigner.

Nous pouvons remarquer que certaines fonctions qui existent en MM existent aussi en MT (e.g : ophtalmologue). Bien entendu, les modes opératoires de prise en charge du patient sont très différents.
En plus de ce qui précède, par opposition aux fonctions cosmologiques, il existe les spiritualistes (ou noologiques) qui soignent les patients principalement par les rites (religieux ou non) ou à partir de rites. Dans cette classe sont logées plusieurs fonctions de guérisseurs PMT, notamment : Devin, Exorciste, Féticheur, Occultiste, Prophète, Ritualiste, Voyant, Prêtre (musulman ou non), Sorcier.

Nous relevons que le cas de sorcier est typique, car il peut également rendre malade, jeter ou lancer des sorts, faire usage des sciences occultes.

Un PMT peut avoir ou exercer dans plus d'une spécialité ou catégorie. Également, il peut avoir plusieurs titres spiritualistes. Il peut à la fois assurer des fonctions cosmologiques et spiritualistes.

Le *Komian* est un féticheur, dans l'ethnie *Agni* en Côte d'Ivoire, pouvant prédire les évènements importants (malheur ou bonheur). Il est consulté pour trouver la cause d'une maladie, pour protéger contre certains malheurs [136].

2.2.3 Ethnopharmacologie

L'ethnopharmacologie se définit comme "l'étude scientifique interdisciplinaire portée sur l'ensemble formé de matières d'origine végétale, animale ou minérale et des savoirs ou des pratiques s'y rattachant, que les cultures vernaculaires natives mettent en œuvre pour modifier les états des organismes vivants à des fins thérapeutiques, curatives, préventives ou diagnostiques" [81]. C'est donc une approche transdisciplinaire qui s'intéresse aux connaissances des populations concernant la recherche, la préparation et l'utilisation de remèdes médicinaux traditionnels.
Elle est formalisée en trois étapes que sont :

- (a) terrain ;
- (b) laboratoire ;
- (c) retour sur terrain.

L'étape (a) est concentrée sur le recensement des savoirs thérapeutiques.

L'étape (b) porte sur les activités en laboratoire visant à évaluer l'efficacité thérapeutique des remèdes traditionnels.

Et enfin, l'étape (c) est axée sur les programmes de développement de médicaments traditionnels préparés avec des plantes cultivées ou récoltées localement.

Ainsi, l'ethnopharmacologie apparaît comme un programme logique et rigoureux pour proposer un accès aux soins avec des médicaments à base de plantes, produits du terroir et issus des savoirs locaux.

En outre, l'ethnopharmacologie peut être vue comme un regard croisé ou une synthèse plus intéressante entre la vision d'une représentation du monde et d'une culture donnée (ethnologie), et l'étude objective des propriétés thérapeutiques de substances (pharmacologie) naturelles au laboratoire [49]. Guidée par les usages empiriques des plantes, l'étude éthnopharmacologique a apporté à l'humanité plus de 60 % de ses médicaments quotidiens (en pharmacie d'origine végétale). Fondamentalement, à la croisée des sciences de l'homme et de la nature, elle développe des méthodologies originales, alliant tradition et modernité [92]. A cet effet, cette technique permet la codification des savoirs dont la transmission est fortement orale, et dans un domaine où la reconnaissance du métier de guérisseur traditionnel par la MM, est difficile et non systématique.

L'ethnopharmacologie est est un terme employé par écrit pour la première fois en 1967 par Efron [35]. Elle porte de manière spécifique sur l'observation, l'identification, la description et l'investigation expérimentale des ingrédients et leurs effets. Il n'en demeure pas moins des médicaments traditionnels obtenus à partir des combinaisons de ces ingrédients [2].
Les fonctions et services de l'ethnopharmacologie occupent une place prépondérante dans l'industrie du médicament et de l'innovation thérapeutique [35].

La démarche ethnopharmacologique consiste à s'intéresser aux relations existant entre les médicaments et les manières de se soigner qui sont propres à chaque ethnie. Il s'agit précisément de mieux connaître les remèdes traditionnels pour améliorer la santé. Pluridisciplinaire donc, l'ethnopharmacologie s'inscrit

dans le champ de la recherche pharmaceutique et participe à l'innovation thérapeutique en soins de santé à l'échelle de tous les besoins. L'ethnopharmacologique est connexe à la psychopharmacologie qui elle, de caractère plus transversal, étudie les psychotropes [1]. Ainsi, cette psychopharmacologie comprend en partie la pharmacopée traditionnelle d'une part et d'autre part l'ethnobotanique dont nous donnons une description succincte dans les paragraphes qui suivent.

2.2.4 Pharmacopée traditionnelle

La pharmacopée traditionnelle ou vernaculaire recouvre l'ensemble de remèdes fondés exclusivement sur le long usage ancestral et autochtone, et sur l'observation transmise de génération en génération, oralement ou par écrit. C'est aussi l'art de préparer des substances thérapeutiques par une approche presque empirique, c'est-à-dire sans démarche expérimentale où l'oralité a pris une place plus importante que l'écrit [248].

Kerharo [129] définit la pharmacopée traditionnelle comme un recueil de recettes ou de formules destinées à préparer les médicaments dans lesquels entrent toutes les parties de plantes auxquelles s'ajoutent parfois divers produits d'origine animale ou minérale. Elle est donc l'ensemble des substances naturelles ainsi que leurs techniques de préparation en vue d'obtenir une thérapeutique destinée à supprimer les altérations physiques ou psychiques constitutives de la maladie.

Cette pharmacopée englobe l'ensemble des remèdes et des pratiques thérapeutiques d'une ethnie donnée. Elle est en conséquence liée à une région géographique particulière et appartient au système de santé de l'ethnie en question. Elle est principalement alimentée par une faune et une flore caractéristiques et variées en faveur du climat tropical de l'Afrique de l'ouest. L'on estime à plus de **500** espèces de plantes médicinales [8] malgré la coupe franche menaçante à un rythme effréné donnant place à la déforestation tangible surtout des zones sud de l'Afrique de l'ouest. Ces zones étaient auparavant plus couvertes.

2.2.5 Ethnobotanique

Contracté de l'ethnologie et de la botanique, l'ethnobotanique est l'étude des relations entre l'homme et les plantes. Son domaine d'étude implique une large gamme de disciplines depuis les recherches archéologiques sur les civilisations anciennes jusqu'à la bio-ingénierie contemporaine. L'étude ethnobotanique laisse entrevoir le rôle de certaines plantes dans la construction de l'être humain au fur et à mesure de son évolution vers l'âge adulte [234]. Elle participe à la création de l'identité humaine.

Le terme ethnobotanique est pour la première fois introduit par le botaniste américain J. Harshberger autour de 1895-1896 [60]. C'est une discipline qui interfère sur plusieurs autres, mettant en liaison l'humain et la plante [1]. Bien que les plantes médicinales aient toujours constitué l'intérêt principal de l'ethnobotanique, cette dernière s'intéresse également à d'autres produits dérivés de la nature comme les aliments, l'utilisation des plantes dans des cérémonies rituelles, la coloration d'objet de tout genre, les fibres de plantes, les poisons, les engrais, la construction de matériels de maison, les ménages, les pirogues, les ponts (bois et lianes), les bateaux, etc. Nous pouvons citer entre autres les disciplines en partie incluses dans l'ethnobotanique notamment la botanique, la biochimie, la pharmacognosie (étude des médicaments provenant de substances animales ou végétales), la toxicologie, la médecine, la nutrition, l'agriculture, l'écologie, l'évolution, la religion comparative, la sociologie, l'anthropologie, la linguistique, la cognition,

1. Produits ou substances chimiques ayant un effet sur le psychisme en matière de médicament. Qui agit chimiquement sur le psychisme. [Le Grand Robert].

l'histoire et l'archéologie [2].

La Paléobotanique est une discipline interprétative et associative qui recherche, utilise, lie et interprète les faits d'interrelations entre les sociétés humaines et les plantes en vue de comprendre et d'expliquer la naissance et le progrès des civilisations, depuis leurs débuts végétariens jusqu'à l'utilisation et la transformation des végétaux eux-mêmes dans les sociétés primitives ou évoluées. Elle n'étudie, en eux-mêmes, ni les plantes, ni les sociétés humaines, ni les Hommes. Elle est une des deux branches de l'ethnobiologie, l'autre étant l'ethnozoologie. L'ethnobotanique est à l'intersection des domaines de l'ethnologie, de la botanique, de l'agronomie et de la génétique [209].

2.2.6 Phytothérapie

Le mot phytothérapie provient de deux mots grecs "phuton" et "therapeia" qui signifient respectivement "plante" et "traitement" [57]. Plus explicitement, le préfixe **Phyto** d'origine grecque indique une relation avec les plantes. Thérapie signifie un traitement médical ou thérapeutique. Ceci implique simplement et nettement le terme "soigner avec les plantes". La phytothérapie est donc l'utilisation thérapeutique des plantes. Elle repose sur une pratique millénaire basée sur un savoir empirique qui s'est transmis et enrichi au fil d'innombrables générations. La phytothérapie est également une méthode thérapeutique qui utilise l'action des plantes médicinales. Une spécificité de cette thérapie est la **mycothérapie** [113] [177] qui consiste à un traitement médical par les champignons ou par les substances sécrétées par les champignons (végétaux non ligneux). Dans ce travail nous ne ciblons pas les champignons (la mycothérapie).

On distingue deux types de pratique de la phytothérapie [211], l'un traditionnel et l'autre moderne, respectivement encore qualifiés de phytothérapie traditionnelle et phytothérapie moderne.

2.2.6.1 Phytothérapie traditionnelle

Très ancienne, cette pratique est basée sur l'utilisation de plantes selon les vertus découvertes empiriquement. Cette phytothérapie traditionnelle est considérée comme une MT et encore massivement employée dans les pays en voie de développement (en développement), selon l'OMS [211]. C'est une médecine non conventionnelle du fait de l'absence d'étude clinique et scientifique.

2.2.6.2 Phytothérapie moderne (phytothérapie clinique)

Elle s'appuie sur les avancées scientifiques qui recherche des extraits actifs des plantes (ou drogues) [57] [211]. Les extraits actifs identifiés sont standardisés. Cette pratique conduit aux phytomédicaments et à des médicaments pharmaceutiques selon la règlementation en vigueur dans le pays.

Autres types de thérapies :
La thalassothérapie, la balnéothérapie (hydrothérapie) [149], et l'argilo-thérapie [133] viennent renforcer la liste des thérapies traditionnelles (ou partiellement moderne) qui ne saurait être exhaustive.

- La thalassothérapie contractée thalasso, est une médecine douce reconnue depuis l'Antiquité. Elle renferme un usage thérapeutique par bains de mer, en environnement et climat marins (eau de mer, de boue ou d'algue, de sable et d'autres substances extraites de la mer).

– La balnéothérapie comprend la thalassothérapie. Elle est plus générale et désigne l'ensemble des soins effectués par des bains généraux ou locaux (d'eau douce, de boue ou d'algue, de sable et d'autres substances extraites de la mer). Par extension, la balnéothérapie peut s'appliquer aux bains solaires et aux rayons ultraviolets ou infrarouges. En somme la balnéothérapie comprend l'ensemble des soins, traitements et cures où des bains sont utilisés.
– L'argilo-thérapie africaine (dans certaines régions de la côte d'ivoire) qui offre des soins curatifs et préventifs à base d'argile (massage, pose d'argile sur entorse ..).

Traitement curatifs et préventifs :
Pour le traitement d'un patient, l'entendement du PMT des soins de santé curatifs et préventifs (voir Typologie de prévention par l'OMS [2]) est conforme à celui de la MM dans la majorité des cas. Relativement aux cas restants, le PMT de la MT ne peut jamais ignorer la maladie qui tenaille un patient dont aucun signe n'est détectable par le médecin de la biomédecine (en dépit d'examens cliniques multiples). En outre, si en MM, la maladie peut être ignorée, quand bien même le patient concerné se sent bien, elle est toujours révélée en MT. En MT, des prédictions de mal effectif à moyen et long terme faite à l'endroit d'un patient se portant bien actuellement permet de prendre des mesures prophylaxiques préventives traditionnels en son endroit accompagnés de conseils avisés.

En somme, la volonté de guérison du patient par la racine en lieu et place par des calmants est très manifeste chez la plupart des PMT surtout chez les plus renommés.

2.2.7 Mise sur le marché des produits de la MT

Pour la mise sur le marché (en vente) des médicaments et produits pharmaceutiques de la MM, si une organisation soutenue est observée à travers des agences et autorités de régulation [174], au niveau de la MT [214], une telle organisation est véritablement absente. Les structures de contrôle de la MM des pays de cette région ouest-africaine ont alors amorcé des règlementations propres à la MT. En exemple de ces structures, on a généralement, les laboratoires nationaux de santé publique et les démembrements ministériels, en charge du contrôle de la pharmacie du médicament et des laboratoires. Ils sont chargés de tester les principes actifs des plantes ou autres sources médicamenteuses de la MT. Les produits de la MT ayant subi avec succès ce type de test sont qualifiés de médicaments traditionnels améliorés (MTA). On a également des usages de masse. Dans ce cas on parle de médecine populaire. Tous ces médicaments traditionnels sont en voie d'être classifiés en quatre (4) catégories (I, II, II,IV) tenant compte de leur mode de préparation et le degré d'ingéniosité ou d'ingénierie, débuté depuis mai 2001 par un comité régional d'experts de l'OMS Afrique sur la MT [13]. Ces quatre catégories sont décrites et n'ont pour seules désignations actuelles : I, II, II, IV.

2.2.8 Plante médicinale

En MT, les ressources sont d'ordre végétal, animal, minéral et autres. La proportion de ces ressources la plus présente, imposante et importante d'une part, et d'autre part la plus utilisée et accessible par le PMT, porte sur une ressource végétale. Plus spécifiquement c'est la plante. Dès lors, la plante médicinale est l'une des premières cibles dans notre approche de solution. La plante constituera alors un des concepts ontologiques de base. Entendons par plante médicinale, une plante dont au moins une de ses parties

2. http ://www.herboristerie-de-lyon.com/82-les-differents-niveaux-de-prevention-selon-loms/ consulté en 2015

Plante : neemier ou le margousier ou encore, arbre à pharmacie d'Afrique de l'ouest			
famille	**genre**	**espèce**	**descripteur** (nom du botaniste auteur de la description de la plante)
Meliaceae	Azadirachta	indica	A. Juss

TABLEAU 2.1 – Exemple de nom botanique ou scientifique d'une plante selon Linné

(ou composantes) possède des propriétés thérapeutiques ou médicamenteuses [214]. En MT, les propriétés thérapeutiques d'une partie de la plante (ressource médicinale en général) sont systématiquement conférées à la plante. Autrement dit, les vertus thérapeutiques des parties d'une plante sont celles de la plante elle-même. L'affirmation inverse, c'est à-dire, la vertu thérapeutique de la plante est celle de ses parties n'est pas recevable sauf les cas d'utilisation de la plante entière (couramment les herbes).

En outre, pendant de nombreux siècles et de toute saison, la plante médicinale a constitué la principale source thérapeutique disponible. Bien plus que cela, et du point de vue des anciens d'Afrique et d'ailleurs, la plante médicinale est un microcosme vivant. Ainsi conceptualisé, cet individu est objet de deux approches selon cette vision holistique : l'une est physiologique et l'autre thérapeutique. Cette vision renvoie la plante comme une "globalité vivante". "Le tout est plus grand que la somme des parties" est une règle fondamentale dictée par Ibn Sîna, plus connu sous le nom d'Avicenne (980-1037) [61]. Ainsi, l'homme est un tout, doté d'un "tempérament" unique et particulier, qui n'est pas la résultante de la somme ses composantes. Le constat est pareil pour la plante médicinale : l'action thérapeutique de la plante entière diffère de celle de ses principes actifs isolés. On serait tenter de dire qu'elle est plus grande que celle de ses parties prises individuellement. Ce tempérament est basé sur le principe présocratique hérité qui est "Tout corps est constitué d'un mélange des quatre(4) éléments (feu, air, terre, eau) en proportion déterminée [145].
La plante médicinale peut également avoir des usages alimentaires, condimentaires ou hygiéniques [57]. La plante de type arbre est aux mêmes fins (meubles, immeubles, habillement, papeterie, construction de véhicules, ...) que les arbres.

La plante, espèce végétale est connue universellement par son nom scientifique ou botanique au sens général de la systématique ou classification de Carl Von Linné (1707-1778). Cette classification connue sous plusieurs autres appellations dont classification phylogénétique, systématique phylogénétique, repose sur la phylogenèse ou phylogénie (un des systèmes de classification des êtres vivants). Ici, dans notre notation de la plante, souvent on associe l'espèce et son genre, et parfois on rajoute la famille mis entre parenthèse. On y rajoute souvent le nom du descripteur (auteur de la description) juste avant la famille. Par exemple pour le neemier, le nom scientifique est Azadirachta indica A. Juss.(Meliaceae). L'espèce, le genre, le descripteur et la famille sont respectivement Azadirachta, indica, A. Juss. et Meliaceae (voir tableau 2.1).

Ce qui vaut effectivement "Azadirachta indica A. Juss" ou encore "Azadirachta indica A. Juss. (Meliaceae)", comme nom botanique ou nom scientifique attribué à la plante neemier.

2.2.9 Partie utile de plante

Une partie utile de la plante est une partie de cette plante (e.g : feuille, racine, fleur, tige, tronc, fruit, écorce, sève, plante entière), pouvant entrer dans la composition d'une recette thérapeutique. Il faut noter

que c'est à l'état de maturité, après croissance et avant le déclin, que la plante dispose au mieux à travers ses parties, des principes actifs. Cette partie utile servira d'ingrédient pour les recettes médicamenteuses. Notons que la plante est dans les ressources médicinales traditionnelles la plus prescrite par les PMT à auteur de plus de 60%. Cette plante est donc la première cible de nos investigations conceptuelles et de constructions iconiques en vue. Aussi notons-nous que parmi les parties de plantes, les feuilles sont au taux d'environs 62 % [38] [82] [132] [170] [171]. Selon ces mêmes sources les écorces (des racines et des troncs et tiges) sont à taux variable selon les maladies.

2.2.10 Recette

Le terme recette (recipe en anglais) est utilisé dans plusieurs domaines notamment en gastronomie culinaire (cuisine), en musicologie (partitions musicales), en commerce et trésorerie financière (recettes et dépenses), en linguistique (genre de texte discursif, récit, ordre, formulaire figé, plan, loi, conseils et horoscopes) [4], en médecine [150], en gestion de projet (recette comme étant le test de conformité de l'ouvrage à la demande formulée dans le dossier validé de conception générale relatif à la spécification des besoins ou cahier de charges) [131], etc.

Ici, le terme recette est essentiellement propre à la MT (médecine traditionnelle). Intrinsèquement, la recette est l'ensemble formé de parties utiles de ressources médicinales (e.g : végétal (ou plante), animal, minéral) [134] en vue de soigner un patient, de lui apporter des soins de santé. La recette est souvent rendue plus exhaustive en lui rajoutant le mode de préparation.

La recette est dite mono-spécifique [171] lorsqu'elle découle d'une seule plante. C'est à dire, les parties utiles composant la recette, sont toutes d'une seule plante. La recette est dite multi-spécifique lorsqu'elle émane de plusieurs plantes.

2.2.11 Remède

Par remède (remedy en anglais) [150], l'on entend, toute substance utilisée pour guérir une maladie, un mal dont souffre un patient. Ce qui guérit un mal moral. Tout ce qui sert à prévenir un malheur, une difficulté, à les faire cesser. "Un médicament est toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que tout produit pouvant être administré à l'homme ou à l'animal, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions organiques" selon [57]. Le médicament est un remède mais tout remède n'est pas un médicament surtout quand remède s'accorde comme un moyen, une solution face à une difficulté ou à un problème donné. Zerbo et al [247] parlent de recette médicamenteuse en adressant le remède ou le médicament traditionnel.

Dans le cadre de nos travaux une attention particulière raisonnée porte sur la représentation des remèdes traditionnels de la MT à base de plantes médicinales. Ainsi, le remède est à base d'une recette. Il comprend par essence une recette avec une forme de fin de préparation, un ou plusieurs modes d'administration (et l'indication de traitement constituée par la maladie). Les formes de remèdes sont multiples. On a les liquides (lotion, décoction, sirops, potion), les solides et galéniques, la poudre, les formes de vapeur et gazeuses, la patte ou pommade, ... On a aussi comme remède, le MTA.

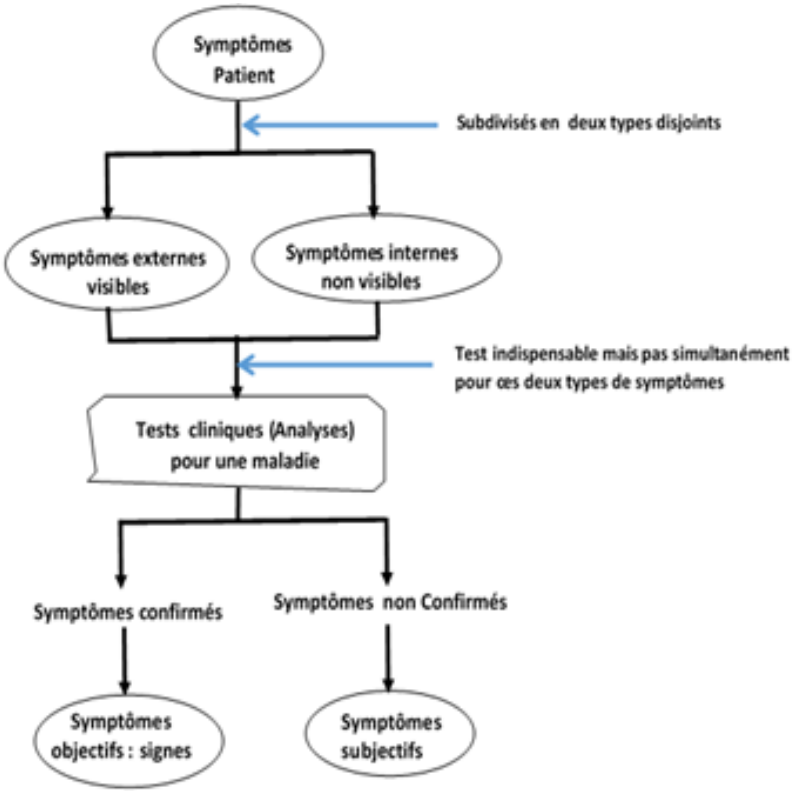


FIGURE 2.1 – Processus de clarification de signes et de symptômes d'une maladie

2.2.12 Signes et symptômes

Dans l'art médical, signes et symptômes sont respectivement relatifs à la maladie et au patient [12]. Relevons que les symptômes ont une certaine subjectivité. Un symptôme est quelque chose que le patient ressent ou dont il se plaint. Les signes sont plus objectifs pour la détermination d'une maladie. Les symptômes sont à vérifier afin de les admettre signes ou non, souvent à travers un test ou examen clinique.

Les symptômes objectifs sont admis comme signes. Les symptômes subjectifs peuvent devenir objectifs dès leur confirmation par un examen clinique, sinon ils demeurent tels et au niveau du seul patient. La véracité de ces symptômes tient aux seuls dires du patient qui est le seul à les ressentir.
Les symptômes sont décrits par le patient, alors que les signes sont recherchés et mis en évidence par le médecin lors d'un examen clinique. Le diagramme de la figure 2.1 permet de mettre en lumière les nuances entre signe et symptôme et d'en faire la distinction.

En MT, une ressource médicinale en général et en particulier une plante peut être utilisée pour traiter une ou plusieurs maladies, et un ou plusieurs symptômes (ou signes). Dans un cadre plus général, le signe est l'objet central d'étude scientifique pour la sémiologie ou la sémiotique. Cette science a un apport indispensable dans le langage iconique à construire.

Un syndrome est l'ensemble des symptômes et des signes d'une maladie qui peuvent être manifestés par un patient. Signe et symptôme constituent également des indices de la Maladie.

2.3 Fondement historique, origine et évolution de la MT

2.3.1 Fondement de l'art médical traditionnel

Ce n'est pas une exagération de dire que l'art médical a la plus longue histoire de toute l'humanité. La pensée de Kerharo vient une fois de plus en faire la démonstration à travers ses propres termes [129] : " ... S'il est un domaine dans lequel les hommes de tous les temps et de toutes les races ont, dans tous les pays à l'origine de leur histoire, fait intervenir le sacré, le mystique et le religieux, c'est bien celui de l'art médical, né de l'inquiétude humaine en présence de la maladie et de la mort". D'où parfois, la médecine au regard d'une part du sacré et d'autre part du mysticisme, constitue une pratique où sont noués des rapports véritablement complexes. Il s'en suit une vraie énigme ayant pour objet, la nature et le statut épistémologique de la relation entre la santé et la médecine.

La question de la santé humaine revêt toujours des caractéristiques ou aspects touchant la multisectorialité et l'interdisciplinarité. En outre, les connaissances et les croyances relatives à la vie, à la mort, aux maladies, aux empoisonnements, aux envoûtements, aux exorcismes et autres, sont connexes et même inféodées à l'art médical. La pratique de l'art médical traditionnel jusqu'à nos jours, est du ressort des différentes catégories d'individus ou de personnes qui en font profession, soit régulièrement, soit occasionnellement. Entre autres nous pouvons citer : les guérisseurs, les féticheurs, les devins, les marabouts, les charlatans [128]. La problématique du maintien de la santé des hommes est donc une préoccupation centrale au cœur d'un environnement qui se veut sain et propice aux activités sociétales. En somme, la médecine dans toute son entièreté et sur toutes ses formes, va de paire avec la présence humaine.

Au regard de ce qui précède, nous donnons quelques déterminants ou facteurs corrélés dont est assujetti l'état de santé humain. A travers [44] et [123], notons que l'état de santé humain est influencé par quatre facteurs catégoriels (ou strates inclusifs) en partant des plus englobantes au plus spécifiques. Ce sont un environnement global suivi successivement de trois environnements spécifiques (voir figure 2.2).

Toutes sortes d'indicateurs peuvent être assorties de ces facteurs touchant l'état sanitaire d'une personne prise individuellement, d'une population.

2.3.2 Évolution de la médecine de l'humanité et courants de médecine en usage

Il est impossible de remonter jusqu'à l'origine de la science. Notre hypothèse se fonde sur ce que nous laisse la littérature en matière de médecine dès la fin de l'antiquité. L'Europe médiévale est celle du moyen âge. Le moyen âge occidental est l'époque de l'histoire située entre la fin de l'antiquité et le début de l'Époque moderne, soit grossièrement entre 500 et 1400 ans après Jésus-Christ. Cette époque s'étend sur une période d'environ mille ans. De cette période à maintenant, nous allons passer en revue les types de médecine. Il a existé une médecine antique [162] [208] ou empirique devenue par la suite traditionnelle. De cette dernière, notamment la MT [150], sont dérivés tous les autres types de médecines grâce à la recherche fondamentale, expérimentale, et scientifique comme le montre la figure 2.3.

Nous avons ainsi l'évolution chronologique des grands courants de la médecine de l'humanité à travers la figure 2.3, où le sens de la flèche indique deux éléments à savoir :

– l'évolution des courants de médecine dans le temps ;

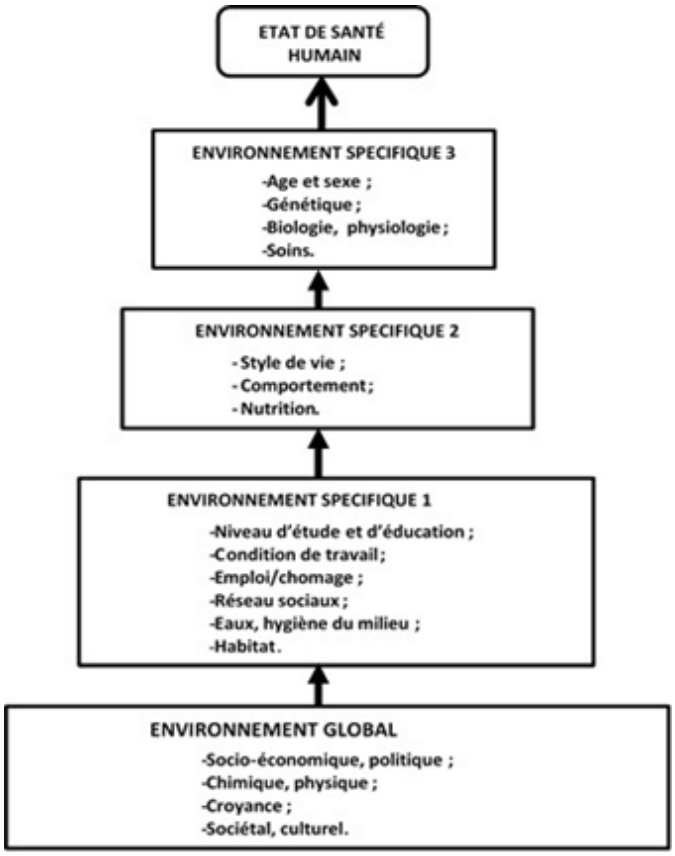


FIGURE 2.2 – Déterminants ou facteurs de l'état de santé humain des plus englobants aux plus spécifiques

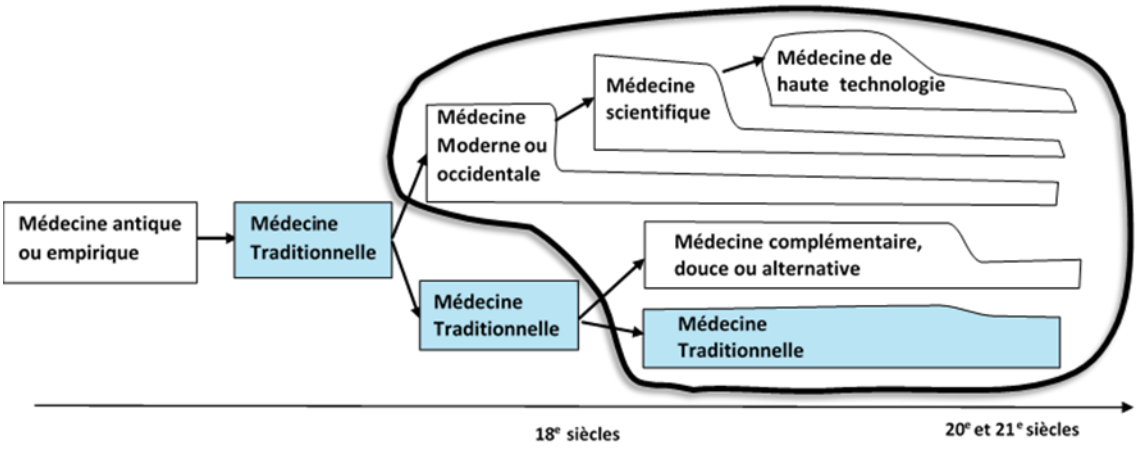


FIGURE 2.3 – Grands courants de l'évolution de la médecine de l'humanité

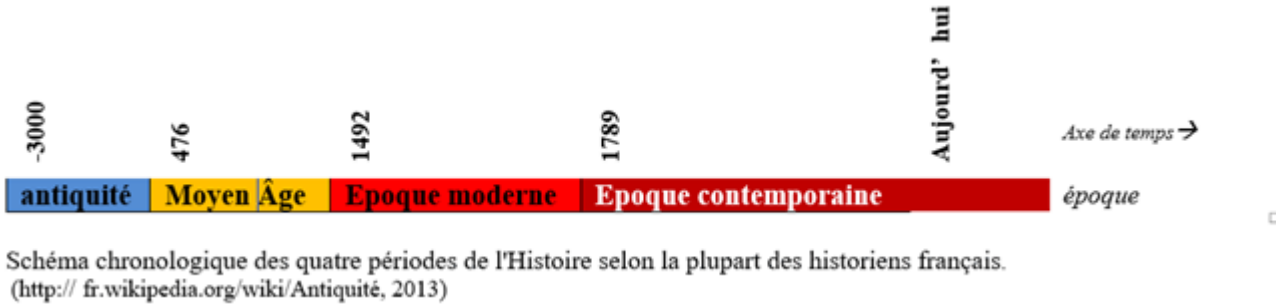


FIGURE 2.4 – Quatre grandes époques marquantes de la médecine de l'humanité

– un courant de médecine donné s'inspire d'un autre courant juste le précédant.

Néanmoins quelques relents ou traces d'inspirations existent en gros entre tous ces courants.

Il convient de noter le caractère persistant et transcendantal dans le temps et l'espace, de la MT, depuis l'antiquité jusqu'à nos jours. Nous mentionnons cela, car les actes administratifs plus tard après les indépendances africaines pour la reconnaissance de la MT, existent. L'amorce d'intégration de cette médecine dans les systèmes de santé nationaux sont récents (environ 20 ans après 1978, l'année de proclamation de la conférence internationale d'Alma-Ata).

La figure 2.4 donne une illustration de l'évolution temporelle des civilisations marquée par les quatre dernières grandes époques : Antiquité, Moyen âge, Époque moderne et Époque contemporaine. Cette illustration est en rapport avec les courants de médecines du passé et de maintenant (voir figure 2.3).

Comme le montre la figure 2.3, des mutations de courants thérapeutiques vont s'observer beaucoup plus rapidement dès la fin du moyen âge et donc à l'entame de l'époque moderne. Ce constat est justifié par le développement de nouvelles ramifications de courants dénotées par les médecines moderne, scientifique, complémentaire et de haute technologie.

Exceptées la médecine antique et celle du moyen âge, tous les autres types de médecine sont actuellement en usage. Cela correspond à la partie marquée par l'entour plus épais en couleur noire (voir figure 2.3). Dans cet enclos et au même titre que la MT, les autres courants de médecine peuvent être dupliqués. La duplication faite de la MT se justifie par l'objet que cette médecine constitue pour notre travail de recherche. Néanmoins, il est utile de préciser que cette duplication n'est pas une copie "égalitaire" dans le temps.

A ce titre, la notation "$\mathbf{MT} \Longrightarrow \mathbf{MT}$" traduit implicitement deux états de la MT. Elle est explicitée à travers :

$\mathbf{E_1}(\boldsymbol{t_1}, \mathbf{MT}) \Longrightarrow \mathbf{E_2}(\boldsymbol{t_2}, \mathbf{MT})$ où $\mathbf{E_1}$ et $\mathbf{E_2}$ sont deux états de la MT respectivement aux dates (périodes ou époques) : $\boldsymbol{t_1}$ et $\boldsymbol{t_2}$.

Ainsi, s'ajoute aux significations du sens de la flèche sus-citées, celle traduisant le temps qui court. L'implication récursive d'un courant de médecine à lui-même n'est qu'apparente. A deux dates très distantes, éloignées ou séparées (e.g : d'au moins une trentaine d'années), un courant ne peut observer ou conserver le même état. D'une date à une autre, l'état d'un même courant de médecine a forcément changé par le fait de facteurs liés à la nature, à l'action anthropique, à l'intelligence et à l'innovation, à l'ingéniosité et à l'ingénierie des acteurs (humains).

Cette succession chronologiquement des quatre dernières périodes de l'histoire est partagée par la

plupart des historiens français [3].

Nous notons que la MT chinoise (MTC) n'est pas occidentale. Elle fait donc partie de la MT telle que décrite dans ce paragraphe.

Relativement à ce chapitre, dans ce qui suit, la MT que nous décrivons le plus est celle de l'Afrique et singulièrement celle de l'Afrique de l'Ouest.

2.4 Traits caractéristiques de la MT

2.4.1 Comparaison des connaissances natives et occidentales

Plusieurs auteurs [51] [178] [244] ont montré l'intérêt de la collaboration entre la science occidentale (modern and western knowledge) et les connaissances natives locales ou indigènes (traditional knowledge). Ces connaissances locales sont plus marquées dans les pays en développement des sphères africaine, asiatique ou aztèque (voir tableau 2.2). La MT correspond à des connaissances natives locales et la MM à la science occidentale moderne.

Les sciences modernes (orientées occidentales) et les savoirs autochtones (locaux) représentent des systèmes de connaissances différents, en raison de leurs antécédents et fondements, de leurs valeurs, de leurs principes d'organisation, des habitudes d'esprit des détenteurs de ces connaissances. A cela, on pourrait ajouter les compétences et procédures des acteurs (communautés d'acteurs), des environnements contextuels respectifs. En plus, il bon de savoir comment de chaque côté, c'est dire d'une communauté à l'autre, la connaissance est utilisée.

L'ultime défi est de trouver la reconnaissance mutuelle et le respect de travailler ensemble de manière complémentaire pour améliorer le bien-être de notre humanité et le développement durable de la planète entière. L'entrée de l'ensemble des pays dans les sociétés du savoir ne doit pas être une recommandation vaine. De cette façon, assurément, les approches scientifiques contemporaines s'augmenteraient avec une vision plus globale incluant à la fois les dimensions spécifiques d'ordre psychologique, sociale et culturelle, auparavant considérées comme extérieures à la logique scientifique [244].

2.4.2 Caractéristiques propres à la MT

Dans notre approche de recueil de données et des informations, nous avons constaté que certains tradipraticiens de grande renommée voilent à peine leur détermination à mourir avec leur secret [10]. D'autres PMT veulent une transmission des savoirs par lignée. Le manque de confiance et d'acceptation mutuelle entre PMT est également avéré.
Vu le caractère fortement tacite, natif [114], implicite et caché de la MT, nous avons réalisé des activités de sensibilisation d'au moins cinquante (50) PMT en terre ivoirienne pour plus d'ouverture et leur adhésion au projet. Le responsable du PNPMT [4] a eu un rôle de facilitation à Abidjan (capitale économique de la Côte d'Ivoire).

Dans ses principes de soins en santé humaine, la MT aborde les dimensions morale, culturelle, sociale et environnementale du patient. On parle alors de bien-être intégral [22].

3. *http ://fr.wikipedia.org/wiki/Antiquité, 2013*
4. Programme National de Promotion de la MT

	Connaissances natives locales (indigenous knowledge)	**Connaissances de la science moderne axée occidentale (modern and western science knowledge)**
Frontière géographique et culturelle	Connaissances locales : Elles sont enracinées dans une communauté particulière ; C'est un ensemble d'expériences générées par des personnes vivant dans les communautés.	Connaissances universelles et globales : Produites dans les institutions scientifiques modernes et certaines entreprises industrielles, elles transcendent les limites géographiques terrestres. Ce type de connaissances a la même "vérité universelle" peu importe où il se trouve.
Degré de désincarnation	Connaissances tacites : connaissances indigènes sont intégrées et incarnées dans les personnes qui les génèrent et les utilisent ; Il est donc difficile de saisir et de codifier ce type de connaissances non formelles.	Connaissances explicites : Les connaissances résultent de procédures rigoureuses de création par l'observation, l'expérimentation et la validation ; Ces procédures pourraient être spécifiées et mises facilement en instructions stratégiques ou opérationnelles
Moyen de transmission	Transmission orale des connaissances : les connaissances sont rarement enregistrées sous forme écrite. Elles sont transférées par imitation ou démonstration.	Transmission orale, écrite, scolaire et académique : Comme la connaissance est produite et soigneusement documentée, elle peut être enseignée par le système éducatif formel.
Niveau théorique et expérimental	Par expérience : les connaissances sont dérivées de l'expérience et de l'essai et de l'erreur. Il est testé au fil du temps dans le "laboratoire social de survie" des communautés locales.	Méthode scientifique, théorique, expérimentale, formelle et mathématique : La connaissance est dérivée d'hypothèses et de méthodes scientifiques. Des études ont été faites dans des laboratoires ou avec des modèles scientifiques ou mathématiques.
Marque spirituelles et sociales	Connaissances empreintes de valeurs sociales et spirituelles : La spiritualité est d'une dimension importante et inséparable des connaissances. La subjectivité joue un rôle. La nature est vénérée comme la mère et la fournisseuse de toute chose et de tout être.	Absence de valeurs spirituelles : Les attitudes, les croyances et les dimensions culturelles sont séparées du processus de création des connaissances. L'objectivité est l'approche essentielle. La nature doit être conquise et/ou maitrisée.
Niveau d'approche systémique	Approche holistique et globalisante : L'humanité est considérée comme faisant partie de la nature. La tendance naturelle pour l'équilibre est le thème central de la connaissance.	Approche systémique et comparative : Ce système de connaissance décompose la matière pour étude en plus petites composantes afin d'atteindre la profondeur et la partie cachée des faits du sujet étudié.
Niveau de partage communicationnel	Très faible partage des connaissances : connaissances éparpillées mais individualisées et sectaires par communautés clés ou par familles ou par personne, et ce des années durant.	Grande ouverture et partage à l'échelle : communication grandement ouverte (révolutions et progrès industriels, TIC-web, universités), partage des connaissances, davantage de volonté d'ouverture et de partage.

TABLEAU 2.2 – Comparaison des connaissances modernes et traditionnelles

La MT est souvent à l'origine de découvertes en MM (médecine conventionnelle) [49]. Cela passe par l'analyse des principes actifs présents dans les plantes utilisées pour les remèdes (pharmacognosie) [196] [214].

En MM, la majorité des médicaments sont des produits de synthèse obtenus souvent suite à une longue chaîne de production jonchée d'activités scientifiques (biologie et principes actifs des plantes médicinales, adjonction d'excipients). Les fonctions de médecin et de pharmaciens sont distinctes, exercées par des corps de métiers afférents différents même s'ils doivent travailler de manière concertée. La biomédecine s'est émancipée depuis longtemps de la religion.

En MT, le mode opératoire de la prise en charge d'un patient est différent de celui de la MM ; le PMT exerce à la fois les fonctions de "médecin" et de "pharmacien" [136]. Il détecte la maladie sur le patient et le traite en lui administrant les soins sous forme de recettes ou de remèdes appropriés, et ce, quelques fois extemporanément surtout pour la première des quatre catégories (I, II, III et IV) de médicaments traditionnels (à base de plante) [13] toujours au stade de recommandation OMS. Il lui revient donc de confronter les symptômes (relevés) du patient et de les comparer aux signes de la maladie explorée. A ce type de diagnostic, il rajoute un autre d'ordre métaphysique (ou invisible) en plus de certains déterminants socio-culturels et environnementaux [22]. La prescription du PMT est à l'état de recette (d'ingrédients, ...) en général, même pour les remèdes dits MTA.

L'échange entre patient et PMT est bidirectionnel, se démarquant nettement de la position dominante ou de tout puissant du rôle de médecin moderne [133]. En somme, la MT vise un traitement holiste et exhaustif du patient (corps physique, âme ou l'esprit, environnement social et culturel). Une des caractéristique de la MT est ainsi sa connexité intrinsèque et extrinsèque avec le social et le culturel. La MT reste encore inféodée aux croyances religieuses (Dieu des païens, Christianisme et Islam, ...) [83].
La MT se voit comme dernier recours pour la grande majorité des cas où les symptômes du patient persévèrent après l'intervention achevée de la MM [83].

Le **concept de maladie** en Afrique est approché de manière globale. Ce n'est pas l'approche plus spécifique de l'occident. Cette approche globale se base essentiellement sur la sensibilité et la pensée consciente des adultes plus imprégnés d'animisme [201]. La maladie reconnue comme un dérèglement d'une ou de plusieurs parties du corps humain, est selon les sociétés africaines, un désordre, un déséquilibre qualitatif et quantitatif entre toutes les composantes de l'Homme [133].

Les concepts surtout relatifs aux ressources médicinales, matériels de travail du PMT, sont primitifs. Ces ressources sont utilisées dans leur naturalité sans subir de transformations véritables comme le fait par le moyen de plusieurs procédés successifs en MM.

Parmi les PMT, l'on constate plus de personnes âgées et une dominance du genre masculin sur le féminin au regard des listes que nous avons établies des PMT (au Sénégal et en côte d'ivoire) lors des visites de terrains. Au Burkina, c'était purement par observation lors d'un bref séjour.

Une femme PMT en général travaille avec son mari.

Au regard de ce qui précède, entre MM et MT, les modes opératoires sont différents. Ceci rend difficile la réutilisation diligente et automatique des ontologies ou des ressources terminologiques et ontologiques (**RTO**) existantes en MM pour notre conception en MT. En conséquence les ontologies de fondement pourraient servir de modèles de données dans nos constructions futures. En outre, selon Kepler J (1543, gravitation autour du soleil) et Newton I (1687, mouvement de corps), le modèle a été vu comme **lois** et comme **principes** respectivement. En tant qu'abstraction de la réalité, il est plus vu de nos jours comme un moyen de production et d'exposition de connaissances [146].

2.5 Organisations

2.5.1 Acquisition et transmission des connaissances et savoirs de la MT

La MT est un ensemble de savoirs et de savoir-faire, acquis par l'observation et l'expérience pratique, transmis de génération en génération par voie orale, rarement par écrit. De façon fonctionnelle, il faut considérer l'art traditionnel de soins, comme un ensemble de connaissances empiriques, acquises par l'une des voies suivantes :

- par la famille (lignée ou descendance) [133] [136] : père à fils (fille), ou de mère à fille (fils), par les relations d'alliance : belle-mère, beau-père, beau-frère, belle-sœur, mari, co-épouse, marâtre, etc ;
- par apprentissage de plusieurs années auprès de guérisseurs compétents, en dehors du cercle familial [136] ;

- par l'achat d'une recette jugée efficace après le traitement d'une affection donnée [136] ;
- par la promotion des personnes prédisposées dans des écoles (rares) des traditpraticiens de santé ;

- par le fait d'avoir été ancien malade guéri par un remède traditionnel ou dont le mal a été atténué (apaisé) par un remède traditionnel ;
- par innéisme (dans ce cas, on parle de transmission par les esprits bienveillants) [72].
- par observation de comportements d'animaux domestiques ou non, et dans un champ plus large par observation de phénomènes biologiques de la nature (plante, rapport entre animaux souffrants et plantes). Par exemple, dans son cheptel, l'observation régulière des bovins faite par le peule (peul, peuhl ou peuhle) [15] [123] lorsque leur santé n'est pas au beau fixe ou dans leur état maladif ;
- etc.

Certains citadins ou personnes d'une certaine aisance, ancrés totalement dans la modernité occidentale, ayant bien évidemment abandonné les coutumes africaines éprouvent des difficultés liées à la honte à aller se faire traiter à la MT au grand jour, surtout lorsqu'ils n'ont pas eu de satisfaction avec la MM. Ainsi, ils font recours à la MT "à la sauvette", par la contrainte du mal dont ils souffrent.

2.5.2 Ressources médicinales

Il existe quatre sources principales de produits médicinaux traditionnels : végétales, animales, minérales et magico-religieuses (métaphysiques). Plusieurs sources écrites et nos visites chez les PMT confirment cela et nous permettent de mettre sous écrit ce qui suit.

- Les produits minéraux [133] d'usage courant en MT sont le sable, l'eau, la limaille de fer, le kaolin, la terre des termitières et des guêpières.

- Quelques animaux les plus couramment utilisés en MT sont :
  -les reptiles (crocodile, tortue gecko ou lézard, varan, caméléon, margouillat, ver de terre, vipère, boa, python [5]),
  -les volailles (pintade, poulet, canard, pigeon, ...) [133],

5. Le terme python est également utilisé comme un langage de programmation en informatique

-les mammifères [150] (singe, chèvre, mouton, antilope, lion, panthère, buffle, gazelle, éléphant, pangolin, rhinocéros, lion, tigre, panthère, écureuil volant, cerf).
-les oiseaux (pigeon, tourterelle, tisserin, calao, touraco, coucal du Sénégal, francolin, aigle, figrette garzette, héron garde bœuf, milan noir, ombrette africaine, cisticole, hirondelle, martinet, engoulevent à longue queue, hirondelle, caille, effraie des clochers, petit-duc à face blanche, faucon lainier, baza coucou, épervier de hartlaub, autour unibande, élanion blanc, ...), selon Koué et al [134].
- les autres : araignée et certains insectes, mollusques et crustacés (escargot ..), certains poissons (huile), mille patte, ...
Il faut noter qu'il existe des animaux à la fois reptiles et mammifères.
Selon KOUE et al [134], quarante quatre (44) espèces aviaires issues de seize (16) familles d'oiseaux de huit (8) ordres sont souvent utilisées dans la MT, par le peuple Gouro en Côte d'Ivoire.
Comme le nom scientifique ou botanique des plantes, celui des animaux existe et suit une classification similaire relevant du règne animal.
Nous avons également l'usage courant de parties d'animaux (notamment les dents, la carapace, le coquillage, les griffes, les cornes, la queue séchée, les plumes, les écailles, les sabots, la peau sèche, le pelage, le sang) ou de ressources d'origine animale (miel, graisse, lait, œuf, toile d'araignée, excrément, huile animale).

– Les ressources végétales notamment les plantes constituent de loin le lot le plus important et imposant de l'ensemble des recettes thérapeutiques traditionnelles. Nous faisons ici l'économie de détailler les espèces végétales utilisées, étant donné qu'elles sont les plus diversifiées et les plus utilisées en MT. Nous sélectionnerons au chapitre 6 un échantillon de 22 plantes médicinales anti-paludéennes pour l'amorçage de notre langage iconique.
Presque toutes les parties de la plante médicinale sont utilisées : feuilles, racines, écorces, tiges et tronc, bourgeons, sève, épines, fleurs, fruits, tubercules, graines et pépins. Ces parties sont préparées à l'état frais ou à l'état sec.
Exploitées habituellement à partir des peuplements sauvages, les plantes médicinales ne sont cultivées par les guérisseurs que lorsqu'elles deviennent rares ou pour répondre aux cas d'urgence [136].

– Les ressources surnaturelles, magico-religieuses ou métaphysiques ne sont abordées.

2.5.3 Récolte des ressources médicinales

La récolte des organes des végétaux, des animaux ou des minéraux peut se dérouler au sein, à proximité ou loin du village (valable pour un site urbain). Elle peut avoir lieu en pleine brousse (savane, forêt, cours d'eau). La plupart des récoltes de plantes par les PMT sont réalisées au fur et à mesure de la demande ou des besoins. Il en est de même des autres ressources médicinales. Certains PMT récoltent une grande quantité de ressource (par exemple les plantes) qu'ils utilisent jusqu'à épuisement [136] du stock. On peut noter que les dispositions particulières (normales) de conditionnement et de conservation sont rarement prises.

Les récoltes peuvent se faire à des heures particulières (à l'aube crépusculaire, midi, minuit, à la rosée matinale, ...) de cueillette. Elles peuvent se faire de jour comme de nuit. Il peut arriver que pour certaines récoltes et surtout pour les plantes que des dispositions particulières soient observées : attitude de celui qui fait la récolte depuis la veille, pendant la récolte savoir se tenir en terme d'orientation (points cardinaux, soleil ou lune).

2.5.4 Forces et faiblesses de la MT

Ces forces et faiblesses sont relevées des descriptions analytiques de la documentation mais également des observations sur le domaine de discours.

2.5.4.1 Forces

À partir de la bibliographie [14] [22] [49] [133] [136] [178] [238] et des observations menées, nous dégageons un certain nombre de forces de la MT :

- proximité géographique : Il n'y a pas de localité rurale sans MT. Il existe toujours un PMT au sein d'un village ou juste à sa proximité. Au niveau urbain, on trouve quelques PMT plus concentrés aux abords des marchés. La MM demeure essentiellement urbaine ;
- proximité et accessibilité culturelles : La MT fait partie intégrante de la culture africaine. Elle est étroitement liée au contexte socioculturel et aux convictions métaphysiques d'une population locale. Le guérisseur et son patient partagent les mêmes modes de vie, le même contexte social, le même langage et les mêmes conceptions étiologiques. Le guérisseur est parfaitement intégré dans le milieu social où il exerce. De plus, le PMT est très souvent agriculteur. Il vit au rythme des travaux agricoles et partage les préoccupations de ses malades. Le guérisseur prend parfois les malades en charge à son domicile ou à proximité de son domicile (hospitalité remarquable au niveau rural). Par conséquent le patient est plus réceptif aux consignes du PMT ;
- caractère naturel des substances : Les PMT puisent directement dans la nature les médicaments auxquels ils ont recours. Les excipients sont très négligeables ou eux-mêmes naturels également. Ce qualificatif pourrait s'étendre aux liants, apaisants, adjuvants, conservateurs, colorants, arômes, épices, ... ;
- moins d'effets secondaires : La MT produit moins d'effets secondaires que la MM. Les médicaments sont naturels. Il y a même des usages extemporanés de remèdes traditionnels ;
- niveau populaire de prise en charge : Chaque habitant rural connaît les vertus thérapeutiques d'une plante. La connaissance des plantes médicinales fait partie de la culture populaire. Des plantes pour soigner certains maux légers sont connues de manière populaire. On parle de médecine populaire traditionnelle ;
- coûts des soins de santé accessibles (abordables) : Le coût des traitements est modeste, abordable et à la portée de tous. La souplesse des modalités de paiement est un paramètre crucial. Souvent la MT ne nécessite pas d'achat d'ordonnances ; Dans certaines localités, le patient doit faire un don ou un rituel suite à sa guérison ; Ceci n'est pas le cas en MM plus couteuse, même avec des consultations payantes depuis 1994 pour la plupart des pays d'Afrique noire. La MM est moins accessible par l'ensemble des couche sociales ;

- médecine holiste : La culture africaine considère l'homme comme un tout indivisible intégrant le cosmos, la matière et l'esprit. L'équilibre humain est la résultante de facteurs d'influences réciproques entre le corps physique, l'esprit , les croyances et l'environnement familial (et communautaire) ;
- MT plus efficace sur certaines maladies : Certaines maladies sont rapidement traitées notamment le paludisme, les plaies de ventre, les hémorroïdes, la stérilité, l'impuissance sexuelle, la maladie de la fontanelle (bébé) . . . ;
- traitement des maladies mystiques : La MT traite des cas des maladies mystiques non accessibles à la MM (jet de mauvais sort, sorcellerie, crétinisme cérébral, débilité mentale, certaines folies) ;

- encadrement psychologique : La MT pallie aux insuffisances de la MM sur le plan de l'encadrement psychologique. Le patient est également entouré par le soutien familial ;

- Médecine préventive ;
- recrudescence de publications scientifiques [132] (Biosciences et ethnobotanique) ces deux derrières décennies, sur l'utilisation en soins de santé primaires de la MT en Afrique en particulier et dans le tiers monde en général.

2.5.4.2 Faiblesses

Plusieurs insuffisances de la MT sont notoires dans la bibliographie [14] [51] [133] [136] et également, de nos observations durant les visites effectuées auprès des PMT dans leur art de traitement des patients. Au nombre de ces faiblesses, nous avons constaté celles-ci :

- Mesures de dosage et posologie approximatives : il y a une insuffisance de mesure d'appréciation des quantités tant au niveau des préparations des recettes qu'à celui de l'administration des remèdes ;

- Non respect scrupuleux des règles d'hygiène lors du conditionnement et de la conservation des produits de la MT ;
- Faible contrôle des effectifs des PMT : Il y a un nombre élevé de faux PMT, de charlatans, de faux médicaments. Le nombre incontrôlé de PMT résulte d'un faible niveau organisationnel de la MT en général ;
- Existence d'effets secondaires des thérapies traditionnelles : il arrive que les effets secondaires ne soient pas connus. Certains effets peuvent faire émerger des cas de complication graves ;

- Diagnostic approximatif car souvent non clinique : la rigueur de mesure de la MM est ici absente ;
- Danger relatif au jet de mauvais sort par la pratique du fétichisme : Dans certains cas, à travers le caractère mystique de la MT, des PMT ont la capacité de faire le mal en jetant des mauvais sorts.
- Amertume et/ou senteur nauséabonde de certains remèdes : L'amertume et le relent de certains remèdes proviennent des plantes ayant servi à les obtenir. Cet état de fait rend difficile la prise de certains médicaments traditionnels ;
- Préparation des médicaments parfois contraignante : La préparation de certaines recettes peut s'avérer complexe et pénible (écraser les plantes, les faire bouillir pour l'obtention des décoctions) ;
- Absence de règlementation et de contrôle de la MT pour régir les actes médicaux traditionnels : bien qu'il existe une amorce de règles d'éthiques normatives (milieu urbain et rural) et de sanctions (Côte d'Ivoire, Sénégal, Burkina Faso, Mali, Ghana, Togo, Bénin, ...) ;

- Manque de maitrise de la toxicité de certaines plantes : Certaine parties potentiellement toxiques de plantes médicinales ne sont pas totalement supprimées ;
- Inefficacité de certains traitements : Quand la maladie n'est pas bien identifiée à travers ses signes et les symptômes du patient, on arrive souvent à des traitements inefficaces. Il y a également le manque de spécialité fortement reconnue ou de discipline où excelle le PMT ;
- Absence de plateau technique : il est difficile de définir un plateau technique à l'instar de celui de la MM ;
- Pratique de l'avortement avec risque de complication : Pour avorter, des plantes sont utilisées avec l'imprécision de dosage. Ce qui relève le niveau de risque ;

- Absence ou rareté de chirurgie en MT : Les maladies, notamment celles nécessitant une chirurgie, ne sont pas traitées couramment par la MT ;
- Insuffisance de formation des PMT : les instituts ou écoles de formation des PMT sont rares jusque-là ;
- Iatrogénie : Il existe des erreurs de diagnostique et de traitement thérapeutiques au niveau du PMT. Des erreurs médicales commises par le patient existent aussi ;
- Absence de précautions ou manque de rigueur dans l'observation des précautions propres à la consommation de remèdes de MT issus de la phytothérapie [14]. Ce constat ressort d'une majorité écrasante de personnes interrogées (159/200) par Konan [133] ;
- Existence de pratiques médicales secrètes de la MT : Elles engendrent souvent des erreurs médicales (iatrogénie) ou non : Il peut arriver des cas où les interrogations ou/et dialogues bidirectionnels ne soient pas tenus ;
- Manque de communication, de partage des connaissances et expériences entre PMT : l'absence de partage des connaissances médicales traditionnelles est notoire. La transmission est amplement orale sans possibilité de capitaliser ces savoirs traditionnels. Le mode de transmission très oral de l'art de la MT ne constitue pas un gage de garantie pour son exercice par les générations futures ;
- Acquisition (ou apprentissage) de la MT non ouverte à tous : Elle est faite par lignée, par innéisme. Les écoles en la matière, sont en nombre très insignifiant (une (1) à l'est de la Côte d'ivoire, une (1) au Sénégal) ;

- Perte et disparition du patrimoine socio-culturel fondé sur les savoirs et connaissances en MT : A la mort d'un PMT, c'est tout un ensemble de connaissances, de pratiques et d'expériences professionnellement accumulées durant son vécu, qui disparait. La relève de ce patrimoine culturel est faible ;
- Absence de date de péremption des produits remèdes traditionnels et celle de la distinction de sexe accompagnée de la non précision de l'âge ou de la tranche d'âge.
- impact des génériques non reluisant : Depuis l'avènement du générique, on note des saisies multiples et fréquentes de faux médicaments, nuisant également la réputation des médicaments traditionnels reconnus ;
- Manque ou insuffisance de référence (ou référencement) à une autre entité soignante (PMT ou praticien de la MM) : Les PMT n'ont pas la culture de réorienter le malade vers des compétences plus adéquates ;
- Réticence d'une frange du personnel de la MM à une reconnaissance soutenue de la MT ;
- Taux d'analphabétisme des acteurs PMT élevé (variant entre 65% à 80% selon le pays) [6].

Partant de la collaboration entre les entités MT et MM distinctes, en essais pilotes dans certains pays (Côte, Sénégal, ...) et dans l'optique de sa généralisation projetée [59] [215], il appert de nombreuses difficultés afférentes à adresser en vue de parvenir à des solutions idoines. Au sens de [213], quelques unes de ces difficultés sont :

- les messages contradictoires entre les différents acteurs (préjugés, dénigrement) ;
- le refus mutuel, l'intolérance, le manque de confiance réciproque et la non acceptation de l'autre ;

- le sentiment de concurrence déloyale d'un système à un autre ;
- les fortes dépendances des acteurs PMT aux croyances religieuses et culturelles ;

6. http ://uis.unesco.org/fr/news/journee-internationale-de-lalphabetisation consulté en 2017

– les fondements idéologiques (avec adversité par moment) chez les médecins traditionnels et chez les modernes de la MM ;
– l'absence de communication bilatérale entre MM et MT. Cette communication s'avère très insignifiante quand elles existe ;

– l'esprit mercantile de certains PMT quand bien même les coûts sont faibles par rapports à ceux pratiqués en MM ;
– l'absence d'un cadre définitionnel flexible et rigoureux des tâches de la MT vis à vis de la MM et réciproquement.

Quelques unes de ces difficultés relatives à la communication bidirectionnelle et à la méfiance manifeste au sein et à l'endroit de la MT, sont en rapport avec celles déjà précédemment relevées.

2.6 Prédisdisposition organisationnelle et solutionnelle de capitalisation des connaissances

Au regard du tableau analytique qui vient d'être dressé, il y a lieu de renforcer certaines forces en termes d'acquis. Les autres acquis sont à préserver. Cependant, il y a urgence à remédier aux faiblesses de la MT en proposant des solutions idoines. Ce travail de recherche, sans prétendre apporter toutes les solutions, espère à travers son centre d'intérêt scientifique, contribuer à l'augmentation des offres de soins de santé primaires pour la population. Il s'agit principalement de disposer d'un fond organisationnel des connaissances de la MT. Ce dispositif est soutenu par l'élaboration d'une ontologie formelle à intégrer dans une plateforme web sémantique d'échange entre acteurs surtout principaux pour le partage de leurs connaissances et expériences de l'art de guérir par la MT. Il faut ajouter à l'ontologie formelle terminologique, une autre d'approche visuelle à partir de laquelle nous construisons un langage iconique dont se servira la communauté entière des PMT de l'Afrique de l'ouest. Un tel langage transcende le multilinguisme accentué de cette partie d'Afrique et le caractère très dominant de l'inaptitude à lire et à écrire des PMT. A terme, ce fond organisationnel plus qu'une mémoire pourra constituer un outil de pérennisation de l'exercice de l'art médical de la MT.

De la traduction en lettre de nos réflexions, devra résulter un outil relevant des TIC à même de contribuer à l'amélioration organisationnelle de la MT en matière de gestion, de sauvegarde et de capitalisation des connaissances. Ceci débouche sur deux visions parallèles et salvatrices.

D'une part, il faut sauvegarder les connaissances, les savoirs et les expériences de la MT en mettant en place un fond organisationnel de la mémoire supporté par les technologies du web sémantique. Ce cadre d'échange et de partage des connaissances pour les PMT doit prendre en compte leur statut majoritairement illettré. Globalement, cette solution permettra aux générations futures de PMT de disposer de ces connaissances et également de les enrichir.

D'autre part, vu que la matière première du PMT est constituée de ressources végétales, minérales et animales, ce fond organisationnel pour la pratique de l'art de guérisseur traditionnel prend tout son sens si ces mêmes ressources ne disparaissent pas de l'environnement naturel. Ce qui signifie que ces ressources sont préservées, pérennisées et disponibles pour être utilisées dans l'exercice du PMT. Plus simplement, considérées comme matériel de base du travail du PMT, ces ressources doivent continuer d'exister. In fine, les connaissances sauvegardées en mémoire machine ou au niveau humain par différentes techniques d'acquisition ou d'apprentissage n'auront de sens véritable que si on peut les appliquer effectivement et ce de façon durable. Cette application effective nécessite donc que le matériel vivant de la nature soit

préservé.

Ce sont là deux visions qui permettent de véritablement pérenniser de génération en génération l'art du guérisseur. Cependant, la sauvegarde en terme de préservation des espèces de la faune et de la flore centrée sur ces ressources médicinales n'est pas l'objectif poursuivi dans cette thèse. Ce travail se concentre sur la première vision se rapportant au cadre d'échange entre PMT via les TIC et principalement les ontologies. Il s'agit globalement du fond organisationnel de mémoire des connaissances et pratiques de la MT en vue de les pérenniser et les utiliser.

2.7 Synthèse

Au fil des années, la MT africaine connaît une évolution certaine mais jusque-là considérée comme faiblement positive au regard du progrès net de la MM (opération laser, chirurgie à distance via les TIC, ..). L'état de l'art de la MT, axé sur les faiblesses de celle-ci, n'est pas en marge de cette assertion.

En matière de santé, le regain d'intérêt suscité en MT, est le fait en partie des coûts de consultations en soins de santé de la MM, même primaires, instaurés depuis les années 1994 en Afrique de l'ouest. Aussi, les coûts des produits pharmaceutiques et de consultations en MM n'ont cessé d'augmenter jusqu'à ce jour. La cherté de cette MM d'une part et d'autre part la répartition inégale par nombre d'habitants des infrastructures de soins dans les espaces habités (métropoles, capitales, villes, communes, villages), constituent les motifs principaux de l'inéquité d'accès à la MM par l'ensemble des couches sociales. En plus de la croissance galopante de la population dans cette sous région ouest-africaine, la pauvreté est manifestement accentuée. Conséquemment, une frange importante estimée à 80% des populations des pays en développement et surtout d'Afrique [175] [210] a recours à la MT parallèlement à la MM.

Relativement à la MT africaine, de nombreux problèmes sont préoccupants, et ce, dans un environnement sous régional à la fois multi-cuturel et multilinguiste. L'absence de mémoire de sauvegarde et de partage des connaissances et expériences de la MT est l'un des non moindres problèmes. Venir à bout de cette problématique nécessite de poser effectivement les piliers de la **capitalisation** et de la **pérennisation** du patrimoine formé par ces connaissances et expériences.

Après analyse de cette problématique, plusieurs facteurs sont à l'origine de ce manque de capitalisation. Parmi ces derniers, les plus importants sont le caractère fortement oral de la transmission des savoirs de cette MT et le manque de communication et d'échange entre les PMT. Au fond, la racine du problème réside à la fois dans l'illettrisme de la majorité de ces acteurs (centraux) et le fait qu'ils s'expriment dans des langues (locales) différentes. En revanche, en Chine, ce problème est surmonté par l'utilisation d'une langue unique avec le même langage et la même écriture (le Kanji). Ainsi la codification des connaissances de la MT chinoise (MTC) en savoirs, en est facilitée. De plus, de nombreux acteurs, dont les États, sont impliqués et participe fortement à la MTC. En 1956, quatre (4) premières universités de la MTC furent ouvertes dont une à Pékin, une à Chengdu, une à Shanghai et la dernière à Canton. Actuellement, il existe plusieurs universités et collèges dévolus à l'enseignement des savoirs de la MTC, avec 4% des hôpitaux dévolus à la pratique de l'art médical traditionnel [44].

Au regard des problèmes relevées, l'exercice contrôlé de la MT africaine pourrait être très bénéfique pour les populations qui en font usage.

La construction d'un langage iconique que nous proposons, devra s'intégrer une plateforme web. Un tel langage s'adosse sur une ontologie d'approche visuelle, **ontoICONE**, dans laquelle des représentations sous formes d'icônes ou de pictogrammes, seront en correspondance avec des concepts terminologiques contenus

dans une ontologie **ontoCONCEPT-Term.** Notre ontologie de domaine de la MT africaine, **ontoMED-TRAD** renferme les deux composantes ontologiques **ontoCONCEPT-Term** et **ontoICONE**.

Dans notre travail, l'utilisation d'icônes vise à résoudre les problèmes posés par l'illettrisme et les barrières de langues. L'utilisation d'une ontologie a pour objectif une description et une spécification plus fine et approfondie de la MT avec la possibilité d'une sémantique formelle et d'un enrichissement continu par les experts PMT. Avant notre apport de réponses idoines à ces préoccupations, dans les chapitres suivants, nous allons dresser un état de l'art sur les représentations de connaissances, les ontologies et les méthodologies de leur construction, les ontologies du domaine médical et de la MT (chapitre 3), puis sur les représentations iconiques (chapitre 4).

Chapitre 3

Représentation de connaissances et ontologies

Sommaire

3.1 De "donnée" à "connaissance" 35
3.2 Représentation des connaissances 39
3.3 Construction d'une ontologie 56
3.4 Représentation des connaissances et ontologies existantes dans des domaines connexes 69
3.5 Synthèse 73

La représentation [1] [62] est le fait de rendre sensible en terme d'appréhension, de saisie, d'intelligence, un objet ou un concept, même absent, au moyen d'une image, d'une figure, d'un signe, ou d'un autre objet [101]. Il s'agit d'un processus par lequel l'on renvoie à une réalité extérieure, secondaire. La représentation constitue un système d'interprétation des réalités du domaine du discours. Dans le monde courant et presque dans toutes les sciences, nous avons des formes communes et d'autres très diversifiées, de la représentation.

La représ0entation des connaissances (parfois appelée ingénierie des connaissances (IC) [58]) est une branche de l'informatique et de l'intelligence artificielle qui vise à représenter, structurer, organiser et formaliser les connaissances, de sorte à en faciliter l'usage par un humain mais aussi à en rendre l'utilisation possible par une machine. Plusieurs moyens sont utilisés pour la représentation des connaissances dans le contexte du web de données ou web sémantique. Nous pouvons citer (par ordre croissant de formalisation) les taxonomies, les thésaurus et les ontologies. A ce titre, les ontologies constituent un support indispensable du web sémantique. A leur tour, elles sont supportées par des logiques de descriptions.

Pour le partage communautaire, la sauvegarde et la représentation organisationnelle des informations et des connaissances, les ontologies sont parmi les outils les plus utilisés actuellement. L'enrichissement sémantique continu et sa formalisation dans les ontologies au moyen de langages formels de plus en plus expressifs et décidables, permettent en particulier d'assurer des recherches d'informations ou de connaissances plus précises de sens et d'en diminuer le silence et le bruit. Tant qu'il est vrai que le bon compromis entre expressivité et performance est à rechercher.

3.1 De "donnée" à "connaissance"

Données, information et connaissances sont des notions très importantes pour le fonctionnement normal d'une organisation. Il importe alors de s'accorder sur leurs définitions. Dans la perspective des TIC, ces trois termes sont très utilisés. Moult auteurs ont définis ces concepts **: donnée, information et connaissance.** Le tableau 3.1 synthétise les contributions définitionnelles de neuf (9) auteurs au regard de [79] et [108].

3.1.1 Donnée

Souvent dans le langage courant, et même dans la littérature scientifique, "donnée" et "information" sont utilisés comme des synonymes [93], alors que ces termes sont sémantiquement différents. Ils ne sont pas synonymes [230]. Une donnée est un élément d'information. Atomique, elle constitue la représentation de l'information sous forme conventionnelle en vue de son traitement par l'homme (ou par la machine). Elle est non interprétée et non mise en contexte. "102" en est un exemple. Il a une absence de signification particulière.

D'un point de vue sémiotique ou sémiologique, une donnée peut être considérée comme la réduction syntaxique d'un signe [94].

3.1.2 Information

Une information est une donnée interprétée, à laquelle un sens est associé. Elle est une donnée avec une sémantique (sens, significations) correspondante. Autrement dit la données peut être considérée, comme la réduction syntaxique d'un signe, l'information comme sa réduction sémantique.

1. http ://daimon.free.fr/mediactrices/representations.html consulté en 2013

Auteurs	**Donnée (data)**	**Information**	**Connaissance (knowledge)**
Choo, Detlor, et Turnbull, 2000	Faits et messages	Données ayant une signification.	Croyances vraies et justifiées.
Davenport, 1997	Simples observations.	Données avec pertinence et but.	Informations valables de l'esprit humain
Davenport et Prusak, 1998	Ensemble de faits distincts.	Message destiné à changer la perception du récepteur.	Expérience, valeurs, connaissances et informations contextuelles
Fatimah Sidi, 2009	Texte qui ne répond pas à la question dans l'espace du problème	Texte qui répond quand / où / qui / quoi dans l'espace du problème	Texte qui répond comment / pourquoi dans l'espace du problème
Nonaka et Takeuchi, 1995		Flux de messages significatifs.	Engagements et croyances créés à partir de ces messages.
Quigley et Debons, 1999	Texte ne répondant pas aux questions d'un problème particulier.	Texte qui répond aux questions qui, quand, quoi ou où.	Texte qui répond aux questions pourquoi ou comment.
Shannon (1916-2001)		Message auquel est rajouté le contexte, transmis avec certaine une incidence entropique (*).	
Spek et Spijkervet, 1997	Symboles non encore interprétés.	Données avec sens.	Capacité d'attribuer un sens.
Wiig, 1993		Faits organisés pour décrire une situation ou une condition.	Vérités, croyances, perspectives, jugements, savoir-faire et méthodologies.

(*) : L'entropie est la mesure de l'incertitude quant à la nature d'un message (en communication). Elle mesure le degré de désordre d'un système par rapport à son état initial probable. En thermodynamique, grandeur qui mesure la dégradation de l'énergie d'un système au sens de CNRTL.

TABLEAU 3.1 – Quelques définitions des concepts donnée, information et connaissance par neuf (9) auteurs

L'information peut être considérée comme la sémantique d'une donnée, et donc, de la réduction syntaxique d'un signe. "22552997923" est une donnée alors que "tél :+225 52997923" est un numéro de téléphone à l'international.

3.1.3 Connaissance

On définit la connaissance comme ce qu'on a appris par l'étude ou par la pratique [230]. La connaissance constitue une notion au sens unique et aux définitions multiples, à la fois utilisée dans le langage courant. Elle est objet d'étude poussée. La connaissance est le résultat d'une réflexion sur les informations analysées en se basant sur trois points : (**1**) ses propres idées, expériences et valeurs, puis sa propre expertise ; (**2**) le point de vue ou avis d'autres personnes consultées pour l'occasion (contexte) et (**3**) l'expertise de ses pairs.

La connaissance est une information comprise et maitrisée. Elle s'intéresse à l'aspect pragmatique d'utilité et d'utilisation de l'information donnée. Elle peut être tacite ou explicite. Sémiotiquement, elle est assujettie à la pratique effective accordée à un signe (signifié). Elle traduit une interprétation d'éléments factuels du monde (discours du domaine ou domaine du discours).

Un savoir constitue un ensemble organisé de ces connaissances. Entre savoirs, nous pouvons distinguer des savoirs théoriques fondamentaux, des savoir-faire et compétences en vue d'apporter une solution tant au plan conceptuel qu'opérationnel (concret ou pratique).

Certaines connaissances sont subjectives et d'autres objectives [194]. Par exemple, un pianiste de renommée internationale dans un opéra à Paris d'une part et d'autre part devant des indiens autochtones en forêt amazonienne, nous laissent entrevoir, totalement opposés deux niveaux d'appréciation des connaissances détenues par ce pianiste. Il n'en demeure pas moins des données, informations et connaissances afférentes à l'art de ce pianiste [79]. Nous en tirons deux conclusions : l'audience de l'opéra de Paris saura apprécier à sa valeur le talent et les connaissances du pianiste. Ce sont des connaissances objectives. Toute autre audience telle que celle de la forêt amazonienne ne pourra pas apprécier le talent du pianiste à sa valeur. On parle de connaissances subjectives ou absentes.

La connaissance peut donc être couplée soit au contexte, soit aux individus concernés, ou à la fois aux deux. Au contraire, les tautologies en logique propositionnelle sont des éléments de connaissance qui sont toujours vrais ou toujours faux. A étant une proposition, $[\ (\neg A \rightarrow A) \rightarrow A\ ]$ est toujours vraie.

Nous donnons une typologie des connaissances dans le tableau 3.2, inspiré de la littérature [199].

A ces types de connaissances, orthogonalement, nous pouvons ajouter quatre autres catégories et qui peuvent donc être utilisées en combinaison [199] :

- Connaissance factuelle : elle est purement relative au fait du monde. Il est vérifiable par des expériences et des méthodes formelles ;
- Connaissance tacite : C'est une connaissance implicite, "inconsciente", qui peut être difficile à exprimer sous forme de mots ou d'autres représentations ; Par exemple, le PMT (en terroir Bron ou Abron de Bondoukou en Côte d'Ivoire) qui casse la patte d'un poulet et y pose un garrot traditionnel avant de commencer le traitement de la fracture du pied d'un patient. La guérison du poulet sera celle du patient ;
- Connaissance préalable (antérieure) : Elle est indépendante de l'expérience ou des preuves empiriques évidentes. Par exemple on a : "tous ceux qui son nés en 2000 ont aujourd'hui plus de 16 ans" ;

Types de connaissances	**Fondamentaux**	**Description**
Connaissance déclarative	Concepts, objets, faits.	C'est le « quoi » au sujet d'un problème donné. Cette description inclut des déclarations simplifiées qu'on peut affirmer comme étant vraies ou fausses. Il en résulte une liste d'états décrivant exhaustivement chaque objet ou concept sous forme de triplet (objet, attribut, valeur).
Connaissance procédurale	Politique, règles, stratégies, agendas, procédures.	C'est le comment au sujet d'un problème donné. Ce type de connaissances fournit des orientations sur la façon de faire quelque chose.
Connaissance heuristique	Règles, astuces, métiers.	Ici, la description est plus superficielle, empirique au regard de la finalité computationnelle. Elle provient directement de l'expert du domaine du problème posé. Le capital descriptif tiré relève de l'expérience de l'expert.
Méta-Connaissance	Vision, connaissance sur les autres types de connaissances et comment les exploiter.	Il s'agit de décrire la connaissance du savoir en remplacement d'un champ plus étendu notamment la connaissance de la connaissance. Ce type de connaissance est utilisé pour choisir d'autres connaissances qui sont les mieux adaptées pour résoudre un problème. Les experts l'utilisent en vue d'améliorer l'efficacité de la résolution de problèmes, et orientant leur raisonnement dans le domaine le plus prometteur.

TABLEAU 3.2 – Typologie des connaissances

– Connaissance postérieure : Elle est dépendante de l'expérience ou de la preuve empirique, comme "X est né en 1990".

Le besoin humain et le but institutionnel façonnent et forment le tissu de l'organisation. Ce tissu est incarné par donnée, information et connaissance, trilogie sur laquelle il repose également.

Remarque : Sagesse

La sagesse est un état englobant donnée, information et connaissance en un ensemble emprunt de discernement et de jugement de bon sens. On atteint ici manifestement l'émergence des consciences. Dans notre champ de recherche, nous nous arrêterons au niveau des connaissances, sans envisager la sagesse, qui paraît difficile à formaliser.

De la donnée à la connaissance en passant par l'information, la sémantique des représentations est augmentée en fonction de l'expressivité (axiomatisation et flexibilité) des langages formels utilisés avec la possibilité d'ancrage inférentiel.

3.2 Représentation des connaissances

La **représentation** se veut une structure de symboles pour décrire un modèle d'une partie du monde ou le monde lui-même dans le contexte d'une tâche spécifique. C'est une approximation ou une abstraction de la réalité. Elle ne retient que les traits essentiels de cette réalité en rapport avec l'objectivation poursuivie et la contextualisation. Par [62], Clenet J. propose une définition générale du concept de représentation : "Les représentations sont des créations d'un système individuel ou collectif de pensée. Elles ont une fonction médiatrice entre le percept et le concept". La réflexion cognitive humaine est parsemée d'états de représentations objectifs ou subjectifs en continu [63].

Vue à la fois comme un produit (état des idées) et comme un processus (construction des idées), la représentation émane de l'esprit humain dans lequel elle recrée une "image complexe ou simple" de l'environnement de l'homme. Cette représentation permet à l'homme de mieux penser et d'agir sur cet environnement. Elle a un rôle d'une interface symbolique entre l'individu et son environnement perçu. Ces représentations sont des modèles pouvant également être projetés dans des machines pour application.

Par **représentation des connaissances** (RC), on entend un ensemble de procédés, de techniques et d'outils destinés à acquérir et à organiser le savoir humain ou naturel, pour ensuite l'utiliser et le partager. Cela inclut également le transfert des connaissances d'un expert d'un domaine donné vers un ensemble de machines pour les mêmes buts d'utilisation et de partage. L'un des formats importants de la RC est le texte intégral relevant des indexations manuelles et cognitives à celles automatiques.

Toute représentation lorsqu'elle implique des connaissances, elle aide à tirer des inférences, des conclusions, des déductions et est soumise à un raisonnement intelligent. Un tel système de RC implique une combinaison de structures de données et de procédures d'interprétation qui, si elles sont correctement utilisées dans un programme, permettront de prédire, d'inférer, de déduire et de conclure.

En somme, nos modèles de représentation doivent avoir un niveau de stabilité suffisant pour être efficace. Pour cela, il faut éviter la variabilité notoire et les ambiguïtés d'interprétations. Il nous faut alors lier la syntaxe formelle à la sémantique formelle via l'interprétation (dénotations, monde des possibles, manifestations, étants).

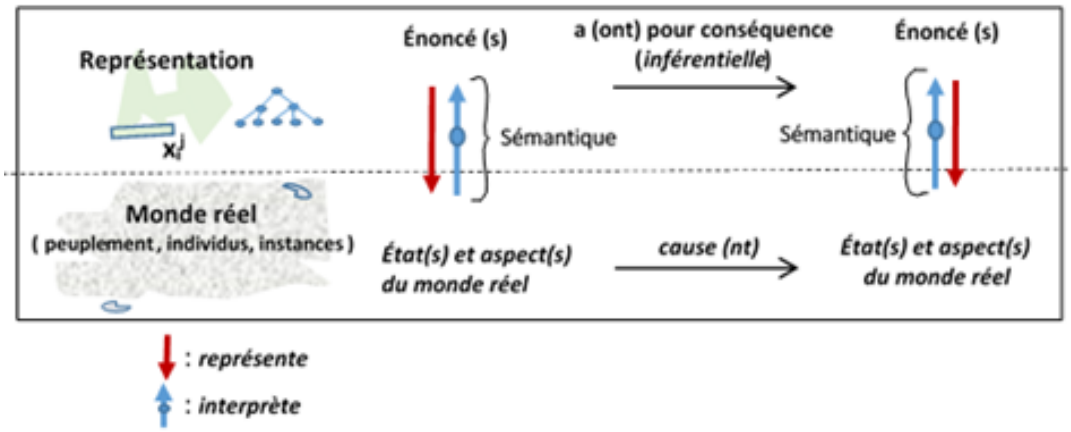


FIGURE 3.1 – Sémantique et implication inférentielle sur énoncés en représentation des connaissances

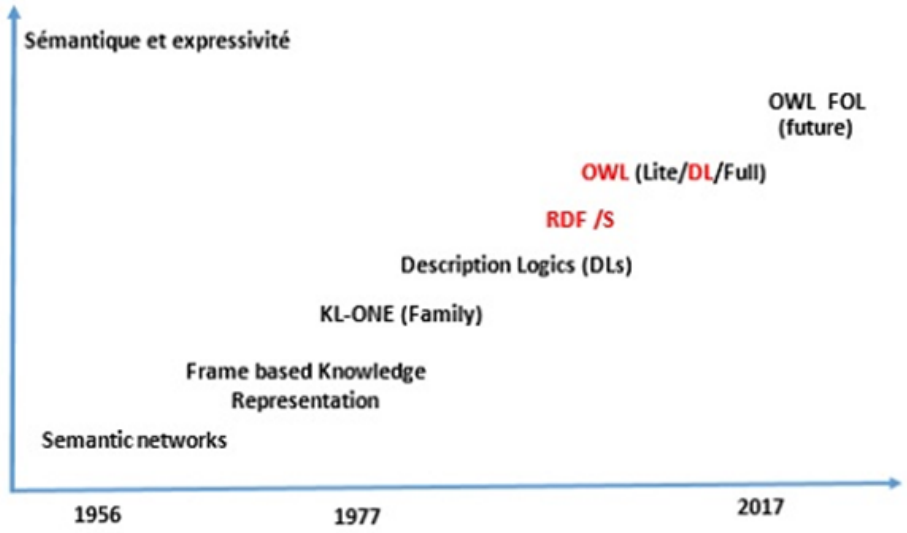
L'organisation des objets du monde en catégories constitue une part indispensable de la RC. En grande partie, les raisonnements se fondent sur les catégories à travers les informations qui leur sont spécifiques, bien que toutes les interactions portent sur des objets individuels. Cette organisation catégorielle du domaine de discours passe par la réification du monde. Cette réification consiste à tout considérer comme « chose ». Par exemple la couleur verte d'un objet, sa peau lisse, sa forme ronde, son diamètre approchant les 30 cm, sa chair rouge, ses pépins noirs et sa présence au rayon des fruits permettent d'inférer qu'il s'agit d'une pastèque, et qu'elle pourrait être utile pour réaliser une salade de fruits [225].

Idéalement, une bonne représentation doit apporter une réponse ou une résolution presque immédiate, valide et cohérente du problème pour lequel elle est conçue. Elle doit donc être transparente, concise, complète et doit permettre un accès rapide à l'information, selon une démarche procédurale.
Une représentation doit être fondée sur quatre aspects :

- lexical (syntaxe) : quels sont les symboles autorisés pour représenter objets et relations ?
- structurel : quelles sont les contraintes d'arrangement de ces symboles ?
- procédural : comment créer et modifier l'information ?
- sémantique : comment associer un sens aux descriptions formelles ?

En conséquence, un langage de RC pour répondre véritablement aux préoccupations de formalisation, de manipulation, d'inférence et de prédiction doit comprendre ces quatre éléments. Le langage est composé de symboles permettant de traduire les faits et les opérations sur les faits pour engendrer d'autres faits. Relativement au formalisme, la sémantique repose sur un système déductif ou calculatoire. En plus, elle joue un rôle double. Précisément, elle incarne une relation bidirectionnelle de sens ou de signification, notamment du décrit (interprétés, objets, référents, individus, monde, domaine du discours) vers le décrivant (syntaxe, représentant, formalisme) et réciproquement. Nous donnons une illustration de la sémantique et de l'implication inférentielle en RC à travers la figure 3.1.

Après la RC, une seconde étape consiste à utiliser les connaissances formalisées dans un système opérationnel. Pour y parvenir, Bachimont [27] prône certains engagements (explicités en section **3.2.11.1**) qui sont plus que nécessaires.



FOL : First order logic
RDF(S) : Resources description framework (schema)
KL ONE (Well known knowledge representation system) dans la tradition des Réseaux sémantiques et Frames.

FIGURE 3.2 – Aperçu chronologique sur les outils et langages pivots conjointement utilisés pour la représentation des connaissances et ontologies

Divers moyens s'appuyant sur des méthodes, des technologies et des techniques, existent pour représenter les connaissances. Il faut entendre par là, toutes sortes de schémas d'organisation partant des simples listes alphabétiques ou faiblement structurées (listes d'autorité, glossaires, dictionnaires, nomenclatures, RAMEAU [2], etc) [195] [237] à des schémas classificatoires hiérarchiques (plans de classement, classifications générales ou spécialisées, taxinomies, etc) [11] [116] [152] [153] [189] [237] ou encore à des organisations incluant des relations non-hiérarchiques (thésaurus, réseaux sémantiques, ontologies, etc.)[30] [36] [63] [64] [69] [76] [182] [224] et frames [26] [63] [182] [224], portant sur toutes sortes d'objets allant des documents au sens classique du terme (textes, images fixes et animées, enregistrements sonores, etc.) jusqu'à l'ensemble des phénomènes concrets ou abstraits (objets, évènements, processus, etc) et avec des buts et des objectifs diversifiés notamment : retrouver, enseigner, produire de nouvelles connaissances, communiquer, découvrir des connaissances cachées ou implicites, appliquer des traitements spécifiques et appropriés, ou ad hoc etc [195].

C'est dans les années 1970 [26] qu'ont été développées les premières approches de RC, selon deux branches distinctes notamment les représentation à base logique et celles à base non logique.

Les premières sont fondées sur une formalisation à base logique pour capturer et désambiguïser les faits du monde. Les logiques de descriptions (LDs ou DLs) constituent une variante, un sous ensemble ou encore un fragment décidable [121] [122] de la logique de premier ordre (logique des prédicats ou calcul des prédicats). En particulier, les DLs se limitent à des relations unaires ou binaires alors qu'en logique de premier ordre l'on a des relations (prédicats) ayant n-arité (avec $n \geq 1$). Pour cette catégorie de RC dénotée par la famille des DLs, les réseaux sémantiques suivis des KL-ONE [45] ont été des précurseurs.

Les langages de représentation des connaissances à fondement logique ont évolué au fil du temps, et ont aboutit au langage OWL2 (Ontology Web Language). Un aperçu chronologique est donné à la figure 3.2.

2. http ://rameau.bnf.fr/formation/pdf/guide_rameau_2017.pdf consulté en 2017

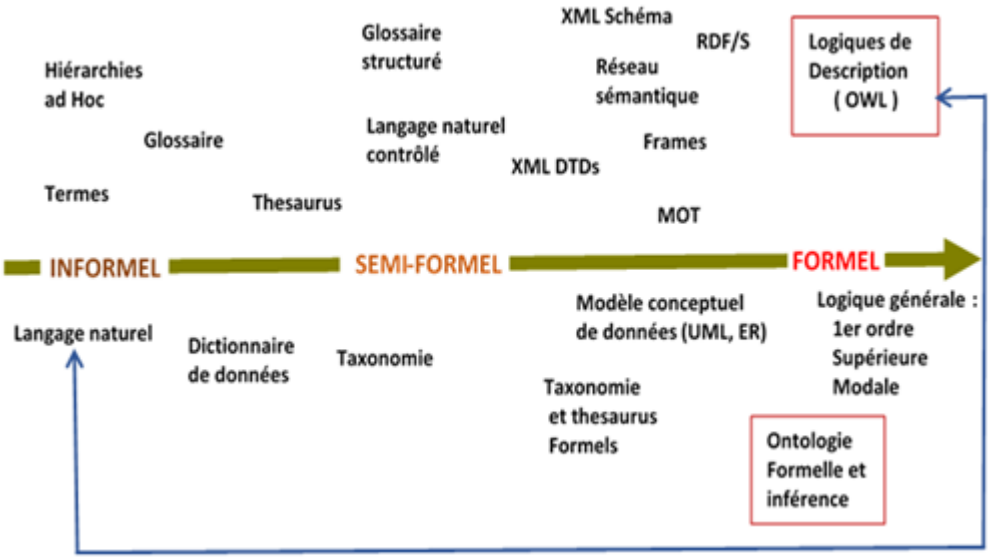


FIGURE 3.3 – Niveaux de formalisation des langages et formes de représentation des connaissances : De l'informel au formel

Les secondes concernent les représentations à base non logique. Ces dernières ont été souvent développées en s'appuyant sur des notions plus cognitives dérivées d'expériences sur le rappel de la mémoire humaine et sur l'exécution humaine des tâches (par exemple, les structures de réseau et des représentations). Elles sont applicables dans différents domaines et sur différents types de problèmes. Leur base inférentielle est nettement plus faible que celle des représentations à approche logique (classique).
De tout ce qui précède, nous relevons effectivement deux mondes en matière de formalisme qui se côtoient sans s'opposer vertement, dans un but unique d'améliorer sans cesse la sémantique formelle. Ces deux mondes s'enrichissent l'un de l'autre également.

La figure 3.3 donne un aperçu plus détaillé selon le degré de formalisme (ou de formalisation) de certains langages et formes de RC toutes approches confondues.

Pour la RC, les langages naturels sont à tout point de vue un départ indispensable de tout outil (formalismes et langages non naturels). A ce titre, le double sens de la flèche bleue exprime l'ultime but de convergence sémantique recherchée de l'ensemble intégral des outils, formalismes et langages à des fins d'utilisations (et d'usages) par les agents humains et pour les machines "intelligentes".

Dans les sous-sections suivantes, nous verrons les principales approches, des plus simples aux plus complexes.

3.2.1 Vocabulaire contrôlé

Un vocabulaire contrôlé [3] est une liste de termes qui ont été énumérés explicitement propre à un domaine [90] [115] [116] [117] [189]. Cette liste est contrôlée par une autorité compétente auprès de qui elle peut être disponible . Tous ces termes de ce vocabulaire doivent avoir une définition non ambiguë et non redondante. Cet objectif de conception peut ne pas être vrai dans la pratique. La rigueur de l'autorité d'enregistrement de vocabulaire contrôlé [237] en dépend.

3. www.getty.edu/research/publications/electronic_publications/intro_controlled_vocab/what.pdf consulté en 2015

Un terme est une représentation de concept (sous forme de mot ou groupes de mots). Quand un concept est représenté par plus d'un terme, on parle de cas de termes synonymes ou alias [186]. En contrôlant un vocabulaire, on limite la disparité d'indexation entre auteurs (table alphabétique de mots, de thèmes d'un livre).

3.2.2 Taxonomies

"Taxinomie" ou "taxonomie" signifie science de la classification, et plus particulièrement, de celle des formes vivantes selon [117]. Une taxonomie [4] est une collection de termes de vocabulaire contrôlés organisés en structure hiérarchique [11]. Chaque terme dans une taxonomie est dans une ou plusieurs relations parent-enfant à d'autres termes dans la taxonomie. Il peut y avoir différents types de relations parents-enfants dans une taxonomie (e.g : partie à tout, genre-espèce, type-instance) , mais la bonne pratique limite toutes les relations parent-enfant à un seul parent à être du même type [186] . Certaines taxonomies permettent la poly-hiérarchie, ce qui signifie qu'un terme peut avoir plusieurs parents. Cela signifie que si un terme apparaît en plusieurs endroits dans une taxonomie, alors c'est le même terme. Plus précisément, si un terme a des enfants à un endroit dans une taxonomie, alors il a les mêmes enfants dans tous les autres endroits où il apparaît.

Une taxonomie a une signification supplémentaire par rapport au vocabulaire contrôlé, par l'intermédiaire de la signification du lien hiérarchique. Dans une "taxonomie" traditionnelle, le sens est la généralisation / spécialisation ou "est une sorte de". De nos jours, le mot "taxonomie" est utilisé pour désigner d'autres types de hiérarchies ayant des significations différentes pour les liens (par exemple, une partie de, un sujet plus large que, une instance de). Les taxinomies négligées n'identifieront pas explicitement la signification du lien, et peuvent mélanger différentes significations. La plus grande des taxonomies organise environ dix millions d'espèces vivantes ou éteintes, dont beaucoup sont des coléoptères, en une seule hiérarchie. Les bibliothécaires ont développé une taxonomie de tous les champs de connaissances, encodée dans le système Dewey (Classification décimale de Dewey) [225].

3.2.3 Thésaurus

Les thésaurus [5] datent des années 1990. Un thésaurus est une collection de termes organisés hiérarchiquement. Il forme un ensemble de ressources lexicales. Contrairement aux taxonomies, les thésaurus (ou thésauri) [11], ne sont pas seulement hiérarchiques. Ils constituent un élargissement des taxonomies en intégrant, au-delà des relations hiérarchiques, d'autres propriétés [189]. Un thésaurus a d'autres types de liens : terme plus large (boarder)/plus étroit (narrow) / relatif à (relative) / top (resp. BT/NT/RT/TT) [36], qui ressemblent beaucoup aux liens de généralisation / spécialisation. En fait, ces liens ne sont pas vraiment différents de ceux d'une taxonomie. Un autre UF (Used for) est une relation synonymique liant un terme et ses synonymes [116]. Les relations entre les descripteurs peuvent être de plusieurs types : équivalent, hiérarchique, associatif. Elles peuvent s'avérer des plus floues mais pas les moins intéressantes pour le système d'indexation [152] [153]. Un thésaurus intègre un répertoire de vedettes-matière comme par exemple le répertoire d'autorité-matière encyclopédique et alphabétique unifié (RAMEAU) [200]. Pour exemple de thésaurus, on a MeSH (Medical Subject Headings) [6] de référence dans le domaine biomédical construit par le NLM (U.S. National Library of Medicine).

4. www.getty.edu/research/publications/electronic_publications/intro_controlled_vocab/what.pdf consulté en 2014
5. www.getty.edu/research/publications/electronic_publications/intro_controlled_vocab/what.pdf consulté en 2014
6. http ://mesh.inserm.fr/mesh/ consulté en 2014

Une recommandation ISO pour les thésaurus existe : ISO 25964 [7]. Elle est en deux parties : la première partie porte sur "Information and documentation", publiée en 2011 et la seconde sur "Interopérabilité avec d'autres vocabulaires", publiée en 2013.

Un thésaurus peut être transformé en ontologie légère.

3.2.4 Logique propositionnelle

Un raisonnement est un discours qui permet d'établir la vérité d'un fait. C'est à cela que s'adonne la logique. La syntaxe de la logique propositionnelle (LP) définit les énoncés valides. Les énoncés atomiques consistent en un seul symbole propositionnel. Chacun de ces symboles représente une proposition qui peut être vraie ou fausse. On y emploie des lettres ou des indices, par exemple P, Q, P_1. Ces noms sont arbitraires mais souvent choisis pour leurs propriétés mnémotechniques. Par exemple : P_{12}. Notons que si P_{12} est atomique alors P , 1 et 2 ne sont pas des parties significatives du symbole. Les énoncés complexes sont construits à partir d'énoncés atomiques plus simples au moyen de parenthèses ( ) et de cinq connecteurs logiques que sont : $\neg$, $\wedge$, $\vee$, $\rightarrow$, $\leftrightarrow$. Seuls les connecteurs $\neg$, $\wedge$, $\vee$ sont plus importants, les deux autres pouvant s'en déduire.

La sémantique des énoncés définie par la logique, fournit les règles pour déterminer la vérité de ces énoncés sur la base d'un modèle particulier. Elle repose sur la relation de vérité entre énoncés et des mondes possibles. Deux symboles propositionnels possèdent une signification fixe : VRAI et FAUX.

Exemples de propositions : "le nombre 5 est plus petit que le nombre 104" est une proposition vraie ; "il pleut" est vraie s'il pleut et fausse sinon ; "la variable numérique x est plus grande que 10" est vraie pour les nombres supérieurs à 10 et est fausse dans tous les autres cas.

La LP est un langage trop faible pour représenter précisément les connaissances relatives à des environnements complexes. Ainsi, mieux formaliser le raisonnement trouve sa réponse dans la logique du premier ordre.

3.2.5 Logique du premier ordre

La logique du premier ordre (LPO) a d'autres appellations que sont logique des prédicats du premier ordre, logique des prédicats, calcul des relations, calcul des prédicats (ou FOL : First Order Logic en anglais). Elle est une extension de la LP par ajout de nouveaux connecteurs appelés quantificateurs ($\forall$,$\exists$). Un prédicat est une fonction d'un nombre fini de variables ou de constantes. Elle permet d'adresser des structures comportant :

- un seul domaine non vide (domaine pouvant avoir plus de deux valeurs contrairement à la LP) ;
- des fonctions et relations sur ce domaine.

Le langage de cette logique comporte plusieurs catégories : les termes qui représentent les éléments du domaine ou des fonctions sur ces éléments, des relations qui relient des termes entre eux et les formules qui décrivent les interactions entre les relations grâce aux connecteurs (quantificateurs y compris). "II y a un seul langage pertinent pour représenter l'information, qu'il soit déclaratif ou procédural, c'est la LPO", selon Glannesini et al [102].

La syntaxe de la LPO est une indication relativement claire de la sémantique sous-jacente au monde

7. http ://www.niso.org/schemas/iso25964 consulté en 2014

(théorie des modèles ou théorie de la sémantique formelle qui relie les expressions aux interprétations [8]). Le parti pris sémantique de toute représentation logique est celui d'une vue relationnelle du monde. Les prédicats sont sémantiquement interprétés comme dénotant des relations entre des individus ou objets ici appelés constantes. La quantification, la prédication et la référence constituent les ingrédients essentiels de toute sémantique logique. Ils permettent de puissantes variations : interprétations extensionnelles versa interprétations intensionnelles. Même s'il existe différentes notations syntaxiques pour la LPO, chacune d'elles est rigoureusement définie et il est facile de passer de l'une à l'autre. Tout élément notationnel dépourvu d'une sémantique est exclu. Toute formule d'elles est sémantiquement pertinente. Cette vision est partagée par [112]. Les principaux symboles en LPO sont :

- les variables : x, y, z, ... ;
- les constantes : A, a, b, c, ... (*) ;
- les fonctions : f, g, h, ... ;
- les termes : variable, constante ou fonction n-aire appliquée à n termes comme arguments : a, x, f(a), g(x, b), ... ;

- les prédicats : p, q, r, ... (**) ;
- les atomes : $\perp$, $\top$ ou prédicat n-aire appliqué à n termes ;
- les littéraux : un atome p(...) ou sa négation $\neg$ p(...) : p(f (x), g(x, f (x))), $\neg$ p(f (x), g(x, f (x))) ;
- les connecteurs : $\neg$, $\wedge$, $\vee$, $\rightarrow$, $\leftrightarrow$;
- les quantificateurs : $\forall$, $\exists$.

NB : De ce qui précède, les constantes en (*) sont des fonctions 0-aire, et les prédicats en (**) dits prédicats 0-aire. Un modèle est pris pour spécifier un état possible du monde. L'analyse sémantique se réduit à déterminer si oui ou non un énoncé "arbitraire" canonique décrit correctement le monde ; Ou, en théorie des modèles, si la phrase (*statement*) est vraie ou non dans le modèle en question. La LPO offre deux possibilités *prédicat* et *objet* pour représenter les catégories. Chacune de (*1*) et (*2*) l'exprime bien :

- (*1*) utiliser le prédicat BallonDeBasket (b) pour dire que b est un BallonDeBasket ;
- (*2*) réifier la catégorie sous la forme de l'objet BallonDeBasket. On peut alors écrire membreDe(b, BallonDeBasket), pour dire que b est un membre de la catégorie BallonDeBasket ou b $\in$ BallonDeBasket.

La LPO est indécidable bien qu'elle permet de représenter des connaissances, y compris celles complexes. Une logique est décidable s'il existe un algorithme qui permet de savoir pour chaque formule si elle est une tautologie (c'est-à-dire si elle est toujours vraie), dans une durée finie. Par conséquent, la LPO ne permet pas d'automatiser des raisonnements sur les connaissances de manière satisfaisante.

Le tableau 3.3 donne un exemple de LPO.

3.2.6 Graphes conceptuels

Introduit par John F. Sowa en 1984 [218], un graphe conceptuel (GC) est un formalisme de RC et de raisonnements à base de la LPO. Ce modèle est basé sur les graphes existentiels de C. S. Peirce (1909) et les réseaux sémantiques [220] [221]. Il représente les connaissances à partir d'un graphe défini sur

8. http ://www.yoyodesign.org/doc/w3c/rdf-mt/#glossWorld consulté en 2014

Langage naturel	LPO
La variable x est un homme, la variable y est une plante. La constante Socrate est un Homme	Homme(x), Plante(y), Homme(Socrate)
Tout homme est mortel, Socrate est un homme. Donc Socrate est mortel.	$\forall$x, Homme(x) $\Rightarrow$ Mortel(x), Homme(Socrate) $\Rightarrow$ Mortel(Socrate)
"Il existe un x gentil tel que pour tout y, x est ami avec y" (énoncé complexe ou composé).	$\exists$x Gentil(x) $\wedge\forall$y Amis(x, y)

TABLEAU 3.3 – Exemple de syntaxe, sémantique et de raisonnement en LPO partant du pseudo langage naturel

un vocabulaire. De son évolution, émergent trois directions principales : interface graphique de la LPO, système diagrammatique pour la LPO, formalisme de RC et de raisonnement basé sur les graphes.

Un GC est un graphe fini, connecté, bipartite. Deux types de nœuds sont utilisés dans ce réseau sémantique : Concept et Relation conceptuelle (attribut relationnel) aux formalismes respectifs rectangle et ellipse. Les seuls liens acceptables sont celui d'un concept vers une relation conceptuelle ou celui de la relation conceptuelle vers un concept. De plus, un GC peut inclure un concept qui est un autre GC.

Contrairement à la plupart des notations pour la logique, les GC peuvent être utilisés avec une gamme de précision continue : à des fins formelles. Ils sont sous tendus fortement par la logique classique dite formelle. Cependant les GC peuvent également être utilisés de manière moins flexible et moins disciplinée en voulant tenir compte de l'imprécision et de l'ambiguïté des langues naturelles [219] [220].

Les relations dans les GC sont seulement binaires [217]. Ce formalisme partage certaines imperfections avec les réseaux sémantiques. Individu et concept (catégorie) sont syntaxiquement et sémantiquement assignés aux mêmes symbologies graphiques dans le formalisme des GC.

3.2.7 Réseaux sémantiques

Le réseau sémantique à travers [26] [30], [63], [64], [69], [76], [182] et [224], est un schéma de RC qui capture la connaissance sous forme de graphique (graphe). Les nœuds du graphe désignent des objets ou concepts, ou des données. Les arcs indiquent des relations entre les nœuds. Un réseau sémantique est un graphe marqué (orienté) destiné à la représentation des connaissances. Plus précisément, il représente des relations sémantiques entre concepts. Les nœuds du graphe désignent les concepts et objets d'une part, et d'autre part les propriétés et les valeurs correspondantes. Les arcs indiquent des relations entre les nœuds. Nœuds et arcs sont généralement étiquetés. Un réseau sémantique emploie deux types de nœuds :

- les nœuds étiquetés par des constantes de concepts (représentant des catégories taxonomiques) ;
- les nœuds étiquetés par des constantes d'objets (représentant des instanciations des concepts ou des propriétés des concepts).

Un réseau sémantique est taxinomique et compositionnel. Il utilise quatre types d'arcs connectant les nœuds :

- les arcs d'héritage aussi appelés liens "est un" (is a ou is-a) ;
- les arcs de composition et d'attributs appelés liens "a" (has a) ;
- les arcs d'instanciation également appelés liens "sorteDe" (is a kind of ou ako) ou " membre de" ;
- les arcs transversaux (non hiérarchiques, horizontaux) : les autres relations.

La logique est la base naturelle pour spécifier un sens pour ces structures de réseaux sémantiques. Cependant, ces deux structures ne comprennent que quelques fragments de cette LPO et non l'entièreté de celle-ci [45]. Elles contiennent des ambiguïtés sur les constances de concepts et d'objets. Cela limite les inférences.

Introduit par M.Minsky [167], les **frames** (cadres), sont issus des réseaux sémantiques, mais plus structurés. De la structuration basée en partie sur l'approche orientée-objet, ces frames sont des granules de connaissances plus importantes que les nœuds d'un réseau sémantique. Ils représentent une collection de slots (listes à attributs) qui sont autant de propriétés pour décrire et caractériser. Ils peuvent être assignés par des valeurs ou par des liens vers d'autres cadres [26], [63], [64], [182]. A ces slots sont associés les fillers (valeurs ou contenus de champs) de type déclaratif. Ce type peut être procédural ou méta-donnée. Un frame a qualité d'enregistrement (méta-données et données).

3.2.8 Modélisation par objet typé

La modélisation par objet typé (MOT) conçue par G. Paquette [32] [33] [179] [180] en collaboration avec les chercheurs du centre de recherche LICEF [9], est un langage de représentation graphique et semi-formel de la connaissance. L'originalité de ce système de représentation réside dans le traitement intégré de quatre types de connaissances : faits, concepts, procédures et principes. La MOT a six types de liens soumis à certaines contraintes d'intégrité. Cette originalité tient également à sa capacité à représenter des catégories de modèles complexes tels que les systèmes conceptuels, les théories, les processus et les méthodes. Ces liens sont symbolisés par S, I, R, A, P et C signifiant respectivement spécialisation, instanciation, régulation, application, précédence et composition.

3.2.9 Logiques de description

Précédemment appelées langage de représentation terminologique de connaissances, les logiques de description (DLs ou LDs) sont une famille de langages formels de représentation des connaissances qui sont largement utilisées dans la modélisation ontologique [158]. Les LDS correspondent à des fragments de la LPO [106] obtenues en restreignant la syntaxe aux formules contenant deux variables. La figure 3.4 (inspirée de [106]) montre la multiplicité des notations à travers les différentes logiques apparentées à la LPO. Ainsi, nous avons un bloc en rouge pour toute la famille des LDs, formé du fragment de chaque LD.

Les LDs sont plus expressives que la LP, mais moins que la LPO. Les LDs exploitent, en général, des sous-ensembles décidables [121] [122] de la LPO. Ces logiques ont été créées dans le but de surmonter les ambiguïtés des anciens systèmes, par exemple ceux à base de réseaux sémantiques. Les LDs sont donc un compromis entre expressivité et décidabilité. Elles apparaissent comme le formalisme adéquat pour représenter les connaissances aujourd'hui [167].

Les LDs incluant des constructions très expressives nécessitent des techniques de raisonnement avancées. En particulier, le raisonnement dans les LDs doit prendre en compte les axiomes d'inclusion générale, les rôles inverses, les restrictions de nombre, la fermeture réflexive-transitive des rôles, et les constructions fixes pour les définitions récursives. Les LDs ont été introduites dans le but de fournir une reconstruction plus formelle de systèmes de frames et de réseaux sémantiques. Au départ, la recherche s'est concentrée sur la subsomption (taxonomie hiérarchique) d'expressions conceptuelles.

9. LICEF : Laboratoire en informatique cognitive et environnements de formation ; http ://www.licef.teluq.ca/ consulté en 2014

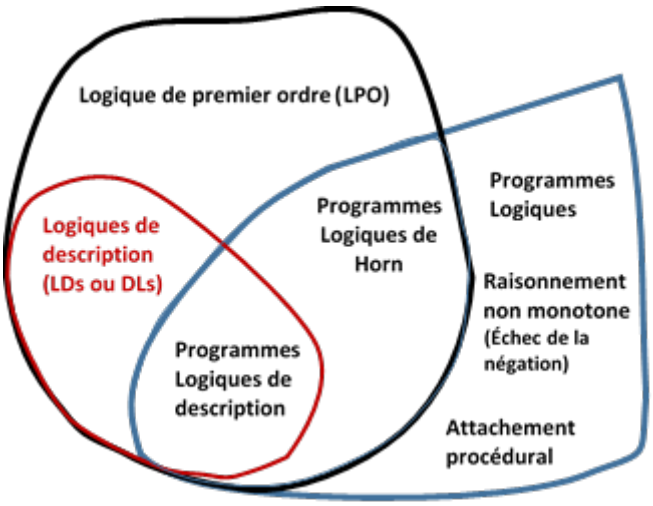


FIGURE 3.4 – Bloc fragmentaire constitué des Logiques de description de la logique des prédicats (LPO)

Après que soit soigneusement analysé le compromis entre l'expressivité et la souplesse du raisonnement et que bien expérimentée la portée de l'applicabilité des techniques d'inférence correspondantes, alors il s'en est suivi un changement d'orientation dans la recherche théorique sur le raisonnement en LDs. L'intérêt s'est porté sur les LDs relatives aux langages de modélisation utilisés dans la gestion de base de données. En outre, la découverte de relations strictes avec des logiques modales expressives a stimulé l'étude des LDs dites très expressives [26].

Une caractéristique distincte des LDs est l'accent mis sur un service central à savoir le raisonnement : permettant de déduire des connaissances implicitement représentées à partir de celles qui sont explicitement contenues dans la base de connaissances. Les LDs prennent en charge les modèles d'inférence qui se produisent dans de nombreuses applications de systèmes intelligents de traitement de l'information, et qui sont également utilisés par les humains pour structurer et comprendre le monde : la classification des concepts et des individus. Les langages de ces LDs peuvent être alors considérés comme le noyau des récents systèmes de représentation des connaissances, prenant en compte à la fois la structure de la base de connaissances et les services de raisonnement associés.

La recherche dans le domaine de la représentation des connaissances et du raisonnement est généralement axée sur des méthodes en vue de fournir des descriptions de haut niveau d'abstraction du monde. Ces descriptions sont utilisés efficacement pour construire des applications intelligentes. Dans ce contexte, *"intelligent"* se réfère à la capacité d'un système applicatif, de trouver à partir de ses connaissances explicitement représentées, des conséquences implicites [167].

3.2.9.1 Syntaxe

Les LDs sont des notations construites pour faciliter la description des catégories à travers leurs définitions et propriétés. Leur évolution part des réseaux sémantiques en réponse à l'exigence de formaliser ce que signifient les réseaux tout en conservant la structure taxonomique comme principe organisateur. Dans les LDs, le principal système d'inférence repose sur la subsomption et la classification. Il y a également la consistance et la cohérence déterminant si critères et axiomes d'appartenance sont logiquement satisfiables (ou satisfaisable).

Les éléments de base de la représentation sont caractérisés comme des prédicats unaires, dénotant des ensembles d'individus, et des prédicats binaires, dénotant des relations entre individus. En exemples, on

a : Adulte(s) et marié(x,y).

Les LDs reposent sur trois notions de base : les concepts représentant des classes (ensemble d'objets), les rôles (relations liant deux objets) et les individus (objets incarnés par les classes qu'ils instancient). Pour décrire ces éléments, deux structures sont utilisées : T-Box et A-Box comme le stipulent [25], [26], [120] et [169].

- La T-Box (boîte terminologique) comprend la description des concepts et des rôles. Cette description est structurée à l'aide du lien hiérarchique sorteDe (parfois appelé est-un). Deux concepts particuliers figurent d'office dans la T-BOX : le concept le plus générique (*anything*, noté $\top$) et le concept le plus spécifique (*nothing*, noté $\bot$).
- La A-Box (boîte assertionnelle) est constituée des individus, de leur description et des règles qui leur sont attachées (axiomatisation).

Les inférences reposent sur la reconnaissance d'instances de concepts à partir de leur définition, la détection des concepts plus généraux ou plus spécifiques, et la classification ordonnant les concepts dans la hiérarchie.

Un axiome est une proposition qui est vrai mais non démontré, et dont on tire des conséquences logiques, par opposition à un théorème qui est une proposition mathématique démontrée. Nous parlons d'axiome pour indiquer qu'un énoncé est donné, et non dérivé d'autres énoncés.

Dans l'approche courante de la définition des concepts, on part des deux concepts fondamentaux l'universel et l'absurde respectivement Thing ($\top$) et Nothing ($\bot$). Après ces deux concepts clés, vient la création des concepts et des rôles dits primitifs ou atomiques. A ce stade, aucun constructeur n'est utilisé. Les constructeurs entrent en jeu chaque fois qu'il s'agira de créer des concepts et des rôles non atomiques. Ils s'appliquent ainsi aux concepts atomiques et rôles atomiques pour engendrer d'autres concepts et rôles plus complexes. Cette application est faite par conjonction, par disjonction, par négation, par combinaison de quantification et de restriction numérique et par la composition de rôles. La liste des constructeurs est : $\{\sqcap, \neg, \sqcup, \exists, \forall, \mathbf{o}\}$. Pour compléter la syntaxe, on rajoute d'autres symboles se rapportant aux éléments suivants :

- les deux concepts fondamentaux ;
- l'équivalence de deux concepts ;
- la subsomption, qui est une relation hiérarchique entre concepts et entre rôles ;
- l'égalité définitoire d'un concept et d'un rôle complexes. Pour le concept, l'on parle de concept défini ;
- le point d'application de rôle à un concept ;
- les symboles d'égalité et d'inégalité mathématiques ;
- la composition de rôles de symbole.

La liste de ces symboles de l'alphabet est donc $\{\sqcap, \sqcup, \exists, \forall, \neg, \top, \bot, \equiv, \doteq, ., =, \leq, \geq, \sqsubseteq, \mathbf{o}\}$

$\top$: concept le plus général, concept universel (Thing) ;
$\bot$: concept impossible, absurde (Nothing) ;
$\sqsubseteq$ **:** subsomption ;
$\sqcap$: intersection ou conjonction de concepts ;
$\sqcup$: union ou disjonction de concepts ;
$\equiv$: équivalence de deux concepts ;

$\doteq$: égalité définitoire d'un concept complexe, dit défini également ;
$\neg$: négation ou complément d'un concept ;
o : composition de rôle ;
$=$ **,** $<$ **,** $>$: symboles d'égalité et d'inégalité mathématiques, (NB : $\geq$ est déduit de : $>$ et $=$ **) ;**
. : application d'un rôle sur un concept, avec C un concept et r un rôle, l'application de r à C s'écrit : r.C ;
$\exists$: quantificateur existentiel, $\exists$ r.C est la classe des x tel qu'il existe une relation de type r entre x et un individu de la classe C ;
$\forall$: quantificateur universel, $\forall$ r.C est la classe des x tel que, pour tout y avec une relation de type r entre x et y, y est un individu de la classe C ;

Étant donné A, C, D des concepts, r un rôle et n un nombre entier, alors $\neg$A, C$\sqcup$D, C$\sqcap$ D, $\forall$r.C, $\exists$r.C, $\geq$n r et $\leq$n r sont des concepts.

Par convention, les noms des concepts commencent par une majuscule (e.g : Personne, Homme, Plante et A) et ceux des rôles et des individus par une minuscule (e.g : estFils, estParent et r sont des rôles ; neemier est un individu de Plante).

"Homme $\sqsubseteq$ Personne" et "Homme $\sqcap$ Femme $\sqsubseteq \perp$ " sont des exemples simples de T-Box ;

3.2.9.2 Interprétation

Un monde particulier est appelé une interprétation. En LP, le sens des formules est uniquement fixé par les valeurs des variables.

En LPO, le sens des formules dépend aussi du sens des fonctions et des relations. Ce sens est fixé par une interprétation. Il en est de même pour les LDs.

Une formule est **valide** (tautologie) si elle est vraie quelque soit l'interprétation (si toute interprétation est un modèle).

Par exemple : Personne(x) $\Rightarrow$ Homme(x) $\bigvee$ Femme(x) est une tautologie (toujours vraie).

Une formule est **consistante** (ou satisfiable) s'il existe une interprétation dans laquelle elle est vraie. Par exemple : Homme(x) avec Homme(Joseph) un élément d'interprétation.

Une formule est **insatisfiable** (ou inconsistante) s'il n'existe pas d'interprétation dans laquelle elle est vraie (e.g : Homme(x) $\wedge$ Femme(x)) dans un domaine de discours d'humains où personne n'est en même temps femmes et hommes.

3.2.9.3 Signature

La signature Σ de la LD est définie par le triplet $< CON$C, ROL, $IND >$ où CONC, ROL, IND sont des ensembles resp. des concepts, des rôles et des individus (ou instances).

3.2.9.4 Fonction d'interprétation

On définit une **interprétation** pour Σ notée $I = (\Delta^I, \cdot^I)$ où :
- $\Delta^I \neq \emptyset$ (un ensemble non vide) est le domaine de l'interprétation (le domaine de discours ou l'univers).
- $\cdot^I$ est une fonction affectant :

  - à chaque $a_i \in IND$, $\cdot^I(a_i) = a_i{}^I \in \Delta^I$
  - à chaque $C_i \in CON$C, $\cdot^I(C_i) = C_i{}^I \subseteq \Delta^I$
  - à chaque relation binaire $r_i \in ROL$, $\cdot^I(r_i) = r_i{}^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$

- $\cdot^I(\top) = \top^I = \Delta^I$
- $\cdot^I(\bot) = \bot^I = \emptyset$
- Si A $\sqsubseteq$ C alors $A^I \subseteq C^I$

3.2.10 RDF et Web sémantique

Resource Description Framework (RDF) est un modèle de graphe destiné à décrire de façon formelle les ressources Web et leurs métadonnées, de façon à permettre le traitement automatique de telles descriptions. Développé par le W3C, RDF est le langage de base du Web sémantique [39]. RDF représente le cadre de description des ressources y compris celles contenues dans le web. On entend par ressource toute entité que l'on veut décrire sur le web mais qui n'est pas nécessairement elle-même accessible sur le web. Comme l'indique [222], quatre (4) objectifs de RDF sont : (**1**) améliorer la découverte de ressources sur le Web ; (**2**) établir des catalogues de ressources (décrire le contenu et les relations) ; (**3**) développer des agents intelligents ; (**4**) spécifier la sémantique des données d'un document XML.

RDF est conçu pour être lu et être intelligible (compris) par la machine. RDF n'est pas conçu pour être utilisé par des humains. Un document RDF est un ensemble de triplets de la forme (sujet, prédicat, objet) : le "sujet" représente la ressource à décrire ; le "prédicat" représente un type de propriété applicable à cette ressource ; l' "objet" représente la valeur de la propriété, il s'agit d'une donnée ou d'une autre ressource. Les ressources (sujet et objet le cas échéant) peuvent être identifiés par une URI ou être des nœuds anonymes. Le prédicat est nécessairement identifié par une URI.

Les documents RDF peuvent être écrits en différentes syntaxes, y compris en XML. Mais RDF n'impose pas nécessairement XML. Il est possible d'avoir recours à d'autres syntaxes pour exprimer les triplets. RDF est simplement une structure de données constituée de nœuds et organisée en graphe. Le langage XML utilisé par RDF est RDF/XML. Par l'usage de XML les information RDF peuvent facilement être échangées entre différentes plate-formes aux types différents de systèmes d'exploitation et de machines.

La sémantique de RDF peut être aussi traduite en formule de LPO, positive (sans négation), conjonctive et existentielle :

(sujet, objet, prédicat) $\leftrightarrow$ prédicat(objet, sujet) $\leftrightarrow$ $\exists$ objet, $\exists$ sujet tel que prédicat(objet, sujet).

RDF définit peu de prédicats intégrés (built-in predicates), principalement la relation de typage (rdf :type) et le constructeur de propriétés (rdf :Property). Ainsi, il n'est pas considéré comme un langage d'ontologie.

RDFS (RDF Schema) étend RDF avec un ensemble de prédicats intégrés pour définir une ontologie légère. Les principaux éléments de RDFS [10] sont les suivants :

- Définition de classe : rdfs :Class et rdfs :subClassOf définissent une hiérarchie de classes ;
- Définition de propriétés : rdfs :domain et rdfs :range définissent le domaine et la portée (range) d'une propriété RDF. Une hiérarchie de propriétés peut être définie avec rdfs :subPropertyOf ;
- Définition de type de données : rdfs :Datatype définit un type de données. rdfs :Literal correspond à un littéral ; les type de données disponibles en XML peuvent être utilisés pour les littéraux ;
- Définition d'instances : les instances sont définies en RDF par un triplet (i, rdf :type, C) où i est l'instance et C est la classe. La définition peut être complétée par des triplets (i, p, v) indiquant la valeur v d'une propriété p pour l'instance i ;
- Noms et descriptions des entités : ils peuvent être définis avec les propriétés rdfs :label et rdfs :comment, respectivement.

10. https ://www.w3.org/TR/rdf-schema consulté en 2017/

3.2.11 Ontologies formelles

3.2.11.1 Définition

En philosophie, **l'Ontologie** (avec O majuscule) signifie la théorie des objets et leurs liens. Cette théorie fournit des critères pour distinguer différents types d'objets (concrets et abstraits, existants et inexistants, réels et idéaux, indépendants et dépendants) et leurs liens (relations, dépendances et prédication) [65].

En informatique, **une ontologie** définit formellement un ensemble commun de termes et de concepts qui sont utilisés pour décrire et représenter un domaine. Une ontologie est spécifique au domaine, et elle est utilisée pour décrire et représenter un domaine de connaissance. Elle contient des termes et les relations entre ces termes. Il existe un autre niveau de relation exprimé en utilisant un groupe spécial de termes : propriétés. Ces termes de propriété décrivent diverses caractéristiques et attributs des concepts, et ils peuvent également être utilisés pour associer différentes classes ensemble. En ayant les termes et les relations entre ces termes clairement définis, l'ontologie encode la connaissance du domaine de telle manière que la connaissance puisse être comprise par un ordinateur. C'est l'idée de base de l'ontologie. Une ontologie est une représentation de propriétés générales de ce qui existe dans un formalisme permettant un traitement automatique. Les ontologies peuvent avoir plusieurs buts notamment :

- communication entre machines et humains : intégrer du sens dans les informations manipulées par les machines ;

- communication entre machines : interopérabilité et sémantique ;
- communication entre humains via des machines ;

Selon Sassi et al [216], ces buts sont considérés comme des couches communicationnelles portées par des communautés d'hommes et/ou de machines.

Un **terme** est un mot ou une expression de la langue naturelle qui désigne un (des) concept(s) : cat, chat, greffier, miatou sont des termes qui désignent le concept de chat. Plusieurs termes synonymes dénotent le même concept, et un terme ambigu est un terme qui peut dénoter des concepts différents.

Un **concept** (parfois appelé classe) est une idée que l'on se fait de quelque chose. La représentation mentale générale et abstraite d'un objet donne suite à un concept, manifestation de cette idée. Pour un concept donné, il est possible d'y référer plusieurs instances ou individus distincts.

Une ontologie nous aide à décrire les faits, les croyances, les hypothèses et les prédictions sur le monde en général, ou dans un domaine donné en vue de satisfaire un certain nombre de besoins. Toute activité humaine spécialisée développe son propre jargon (langue de spécialité) sous la forme d'une terminologie et d'une conceptualisation associée spécifiques. L'existence de tels jargons entraîne des problèmes de compréhension et des difficultés à partager des connaissances entre les acteurs de l'entreprise, entre les services d'une entreprise, et aussi entre les entreprises d'une industrie qui font des métiers différents. Ce constat peut s'étendre à moult industries.

Une ontologie comprend donc tout ce à quoi il faut penser dans un domaine, tous les objets de pensée d'un domaine. La façon d'y penser ou d'en parler indique le type ontologique de l'objet (ou des objets). Par exemple, un docteur n'est pas un objet physique, c'est le rôle académique "docteur" tenu par un objet physique appelé "être humain". Ainsi, il faudra soigneusement décider, d'une part, si l'on retient la notion de "docteur" dans l'ontologie du domaine et, d'autre part, quelle est la manière d'être de la notion de "docteur" pour lui donner le type ontologique qui lui revient [27] [58] [75].

Traditionnellement, la logique étudie le discours dans sa capacité à dire le vrai. Elle s'efforce de dégager les formes ou manières de dire qui permettent de déterminer la vérité du discours indépendamment de sa

matière, c'est-à-dire ce qui est dit. Mais un discours vrai est un discours qui est conforme à ce qui est. C'est ainsi que la logique entretient une forte proximité (connexité) avec l'ontologie où les lois permettant de dire le vrai reviennent à des lois caractérisant ce qui est. Si bien qu'élaborer une ontologie peut être compris comme la construction d'une théorie logique du monde.

La plupart du temps, les termes utilisés en langage naturel ont plusieurs significations, et dans une ontologie nous avons la possibilité de contraindre l'interprétation sémantique de ces termes et de leur fournir une définition formelle.

Le concept d'ontologie peut avoir plusieurs définitions selon le type de l'ontologie et son utilisation. Dans notre cas, nous définissons une ontologie comme un quadruplet (C, R, I, A), où C est l'ensemble des concepts de l'ontologie, R l'ensemble des relations entre les concepts, I l'ensemble des instances et A l'ensemble des axiomes. **Les ontologies s'appuient sur des LDs pour l'expression des axiomes**. Le choix de la LD dépend du niveau d'expressivité utilisés par l'ontologie, c'est à dire des connecteurs utilisés dans les axiomes de l'ontologie.

Selon T Gruber, "Une ontologie est une spécification formelle explicite d'une conceptualisation partagée" [107]. S'inspirant de cette définition, selon N Guarino [109] [110] et via [104], en intelligence artificielle, une ontologie représente un artefact d'ingénierie constitué d'un vocabulaire utilisé pour construire une réalité, accompagnée d'un ensemble d'hypothèses implicites concernant la signification des mots et du vocabulaire.

Les ontologies peuvent exprimer des axiomes et des restrictions, avec un niveau d'expressivité important. Cette expressivité élevée rend les ontologies difficiles à créer, à entretenir et à gérer.

NB : Trois engagements en matière d'ingénierie ontologique

Définir une ontologie est une tâche de modélisation entreprise à partir de l'expression linguistique des connaissances. Les ontologies ont souvent une grande et complexe structure, dont le développement et l'entretien provoquent certains problèmes à la fois conceptuels et sémantiques. Pour cela, lors du cycle de développement comprenant l'élicitation, la conceptualisation, formalisation et l'opérationnalisation, un triple engagement est nécessaire au sens de Bachimont [27]. Ainsi, nous notons :

- un engagement sémantique, fixant le sens linguistique des concepts et connaissances ;
- un engagement ontologique, fixant leur sens formel (conceptualisation et formalisation) ;
- et enfin un engagement computationnel, déterminant leur exploitation effective en machine (réalisation et utilisations).

3.2.11.2 Types d'ontologies

Plusieurs types d'ontologies sont à distinguer [75], selon le degré d'abstraction et de généralité du domaine conceptuel couvert par leurs descriptions. Ce sont :

1. **Les ontologies fondationnelles** (top ou upper-level ontologies) : Encore appelées ontologies de fondement, elles sont le niveau le plus élevé (abstrait) structurant les connaissances avec des catégories dont l'organisation repose sur des réflexions philosophiques, des fondamentaux et l'essentiel. Elles expriment des conceptualisations valables dans différents domaines. Elles servent de pilier pour les ontologies noyau et celles de domaine.

Au moins cinq fonctions leur sont généralement attribuées : (a) améliorer l'interopérabilité sémantique, (b) fédérer des ontologies de domaines, (c) faciliter le processus de conception des ontologies de domaine, (d) améliorer la qualité, l'utilisabilité et la ré-utilisabilité, la maintenance et l'évolutivité, (e) aider aux choix implicites de conceptualisation dans les ontologies de domaine avec un cadre de comparaison (e.g : engagements ontologiques).

Ce type d'ontologie décrit des concepts très généraux comme l'espace, le temps, la substance, la matière, les objets, les processus, les évènements, les actions, etc, au sens des dix catégories d'Aristote (384-322 av.JC) [30] [69] [76]. Il traite de concepts ne dépendant pas d'un problème ou d'un domaine particulier. Ce sont des concepts fondamentaux et ouverts. En théorie, elles doivent trouver consensus à de vastes 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, ou encore des choses à partir desquelles plusieurs autres émergent. A travers [50], [96], [97] et [99], on pourrait traiter des questions de perdurants (occurrents) propres aux processus et d'endurants (continuants) propres aux objets matériels et leur propriétés de dépendances temporellles (atemporelles et intemporelles) et spatiales. A ces traitements, on peut inclure l'ordre de dimensionnalité de la représentation (inversement d'interprétation) [161]. Exemples d'ontologies fondationnelles (cf Ontobee [11]) : GFO (General Formal Ontology), OBO (Open Biological and Biomedical Ontology), DOLCE (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive. Engineering), BFO (Basic Formal Ontology), YAMATO (Yet Another More Advanced Top-level Ontology) , SUMO (Suggested Upper Merged Ontology), GO (Gene Ontology), PO (Plant Ontology), PSO (Plant Structure Ontology), PATO (Phenotype And Trait Ontology), PROTON [12], CYC [13], ...

2. **Les ontologies noyaux** (core-domain ontologies) : Aussi appelées ontologies génériques [235], elles fournissent les concepts structurants du domaine et décrivent les relations entre ces concepts. En médecine par exemple, on trouve des concepts de diagnostic, de signe, de structure anatomique et de relations comme celles liées à la localisation d'une pathologie sur une structure anatomique. Ici les concepts sont les plus généraux et transverses. On peut y trouver des concepts à lois génériques et pratiques. Entre le concept de base lié au concept universel Top ($\top$) et les individus du monde concerné, la hiérarchie peut ne pas être importante (suffisamment creusée) comme l'est celle des ontologies fondationnelles. Le nombre de concepts ou de classes intermédiaires est faible. Ces deux dernières affirmations sont à nuancer car un domaine très riche sémantiquement et en concepts pourrait particulièrement les contrarier.

   Voici deux exemples d'ontologie noyau :
   - La décomposition d'une discipline en sous-disciplines : la médecine moderne peut être décomposée en cancérologie, psychiatrie, pédiatrie, pneumologie, épidémiologie, ... ;
   - La médecine en général et les différentes approches : médecine conventionnelle, médecine traditionnelle africaine, médecine traditionnelle chinoise, médecine alternative. Chaque sous-discipline peut ensuite être l'objet d'une ontologie de domaine.

En somme, les concepts d'ontologie noyau sont moins généraux que ceux des ontologies de fondement mais plus généraux que ceux des ontologies de domaine.

11. http ://www.ontobee.org/
12. https ://ontotext.com/proton/protontop.html# consulté en 2015
13. http ://www.ontology4.us/Ontologies/Upper-Ontologies/Cyc%20Ontology/index.html consulté en 2015

Notice :

- **Toute chose est une ressource ;**
- **Les flèches marquées par *u* et celles par *V* signifient resp. rdfs:subClassOf et rdfs:subPropertyOf ;**
- **x rdf:type rdfs:Class avec x ∈ { rdfs:Resource, rdfs:Class, rdf:Property, owl:Class, owl:ObjectProperty, owl:DataProperty, owl:AnnotationProperty }.**

FIGURE 3.5 – Racines RDF(S) des constructeurs de base pour OWL

3. **Les ontologies de domaine** : Elles décrivent les concepts d'un domaine précis, tels qu'ils sont manipulés par les professionnels ou les praticiens dans ce domaine d'activités humaines. Bien entendu, les deux premières catégories d'ontologies constituent un support indéniable (en terme de méta descriptions) pour les ontologies de domaines. Cependant, la distinction entre ontologie noyaux et ontologie de domaine n'est pas toujours très nette.

4. **Les ontologies de bas niveau :** C'est un type d'ontologies pour qualifier celles d'application et celles de tâche.

En général, les trois premiers types sont les plus fréquents [75] [88].

3.2.11.3 Langage OWL

Le langage OWL (Web Ontology Language, standardisé par le W3C, World Wide Web Consortium) est l'un des plus utilisés pour formaliser les ontologies. OWL peut prendre en charge un grand nombre de LDs différentes (transformations structurelles). Il existe également de nombreux outils adaptés à OWL, dont l'éditeur Protégé. OWL peut s'enregistrer sous différent format, dont RDF/XML et OWL/XML.

La syntaxe de OWL est la résultante croisée de transformations structurelles inspirées et héritées des syntaxes de XML, RDF, RDFS d'une part et d'autre part de celle des LDs comme le démontrent Dave et al via [74]. Les constructeurs de base de OWL pour l'information de typage tant pour les classes que pour les propriétés observent le principe de spécialisation inhérente à la subsomption comme le montre la figure 3.5. Cela permet la compatibilité avec RDFS et RDF.

En terme de comparaison entre RDFS et OWL, provenant des sites [14] et [15], OWL est un langage plus riche que RDFS. Aux notions définies par RDFS, OWL ajoute les propriétés de classe équivalente, de propriété équivalente, d'identité de deux ressources, de différence de deux ressources, de contraire, de symétrie, d'asymétrie, de transitivité, de réflexivité, d'irreflexivité, de cardinalité, de propriété fonctionnelle ou inversement fonctionnelle, de propriété inverses, permettant ainsi de définir des rapports complexes entre des ressources.

14. https ://www.w3.org/TR/owl-ref/ consulté en 2017
15. www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/Le Web 3.0/technologies.html consulté en 2017

3.3 Construction d'une ontologie

Les méthodologies et méthodes de construction d'une ontologie formelle et quelques principes généraux fort afférents sont ici abordées.

3.3.1 Méthodologies de construction

La plupart des méthodologies partagent les mêmes grandes étapes : le recueil de données, d'informations et de connaissances à travers différentes sources (internet, observations, domaine de discours, experts du domaine, technique d'élicitation), la conceptualisation, la formalisation, l'implémentation, l'évaluation (ou validation), la maintenance et l'évolution. Ceci est bien corroboré par la littérature sur les méthodologies de construction d'ontologies [66], [104], [207].

Nous avons tout d'abord étudié la norme IEEE (I3E) [16] de développement d'outils et d'applications logiciels. De cette norme, nous tirons quelques principes forts sur les aspects axiaux de développement du logiciel dans lesquels s'inscrit le spectre de méthodologies de la construction d'une ontologie. Nous ferons ensuite un zoom sur trois méthodologies notamment Diligent [77] [87] [190] [191], NeOn [53] [105] [223] et OntoForInfoSciences [160]. Ces trois méthodologies étendent On-to-knowledge et Methontology, deux méthodologies plus fermées aux activités de conceptualisation, de formalisation et d'implémentation. Enfin, nous arrêterons notre démarche méthodologique de construction pour notre ontologie de la MT (ontoMEDTRAD).

3.3.1.1 Norme I3E 1074-1995 de développement d'application logicielle, appliquée à la construction d'une ontologie

La norme I3E [17] 1074-1995 [70] est une description du processus et des étapes pour développement de logiciel très reconnue en terme de choix conceptuel, technique et opérationnel. Cette norme, selon [91], repose sur quatre (4) éléments que nous notons E_1, E_2, E_3 et E_4.

- E_1 : Modèle de cycle de vie de développement : Il s'agit du choix des modèles de cycles de vie appropriés.
- E_2 : Gestion globale du processus de développement : Une coordination générale des activités de développement permet de dégager une vue synoptique de leur déroulement et l'état d'avancement des travaux afférents depuis l'initiation du projet en passant par le management et le contrôle. C'est une sorte de tableau de bord avec des indicateurs de performance du déroulement du programme de développement du logiciel.
- E_3 : Stratégie de conduite et d'orientation du développement : Sont ici concernés, le pré-développement, le développement et le post-développement.

  - **(a)** le pré-développement : c'est l'étude de faisabilité où il est question de la spécification des besoins et la définition du cahier des charges et des questions de compétences. C'est l'étape de l'étude préalable (de l'existant). Il faut également s'assurer de la capacité d'expertise et de la

16. https :www1.in.tum.de/paid.globalse.org/paid1/courseDocs/Readings/SoftwareLifeCycle030398.pdf consulté en 2017

17. http ://arantxa.ii.uam.es/~sacuna/is1/normas/IEEE_Std_1074_1997.pdf consulté en 2017

disponibilité de la technologie nécessaire à utiliser. Les moyens économiques et l'environnement de développement ne sont pas en reste.
S'agissant du cas spécifique de développement d'une ontologie, c'est de préciser, les justifications en terme de besoins d'une ontologie et le cadre dans lequel cette ontologie future va être développée et déployée (installée et utilisée). Il y est compris l'examen de sa possible intégration dans d'autres systèmes. Dans les domaines où il existe une ontologie, il est possible d'exprimer les différents modèles conceptuels correspondant à différents cahiers de charges applicatifs en termes de sous-ensembles ou de spécialisation de cette ontologie [187]. Pour un domaine de discours, à l'image d'une base de données (ontologie légère), il existe toujours un fond de schéma conceptuel de données à partir duquel une ontologie prend forme.

- **(b)** le développement : Il vise la production logicielle tel que attendue à travers trois étapes : définition des moyens nécessaires pour développer l'application attendue partant de la conception à réalisation du logiciel, ensuite la conception et enfin l'implémentation dans les langages de programmation prévus à cet effet. Cette étape est très déterminante.

  - En la situation d'une ontologie à développer, l'expert ontologiste (ingénierie ontologique), donne un aperçu des attentes et critères de qualité auxquels doit répondre la future ontologie. Le type d'ontologie à construire (domaine ou autre) doit être déterminée. Quel en est le degré ou la possibilité de la réutilisation d'une ou plusieurs ontologies existantes.
  - En second, on a la conception de l'ontologie dont la méthodologie de construction n'est pas en phase fermée ou hermétique à celle de la construction d'un simple logiciel, bien que des éléments communs existent (conceptualisation, modélisation). Il faut faire appel aux méthodes existantes parmi lesquelles aucune ne s'impose à ce jour. C'est pourquoi, il n'est pas exclu la possibilité de simplement s'en inspirer pour arriver au terme de la construction de l'ontologie via des étapes clairement consignées. La conceptualisation suivie de la formalisation de l'ontologie sont deux activités indispensables.
  - En troisième étape, on a l'implémentation de la formalisation : C'est l'étape d'encodage de l'ontologie à travers des outils comme protégé. L'ontologie est en phase d'utilisation à travers de multiples applications directes (SPARQL) ou à travers d'autres applications développées. Le support (de données) essentiel est bien cette ontologie construite.

- **(c)** le post-développement ou l'après développement : Avant le déploiement d'envergure du logiciel ou des outils développés, il y a des essais pilotes d'utilisation avec des formations liminaires des utilisateurs finaux. Après cela, il faut passer à une plus grande échelle jusqu'à la couverture maximale du champ d'utilisation. Ceci est accompagné de techniques de validation et de maintenance. Tout ce qui précède est mis en application quand il s'agit d'ontologie développée. Il faut y rajouter un support de validation et de son évolution consensuel.

- E_4 : Processus d'intégration : Ce processus doit assurer la complétude et la qualité des activités (définition, accomplissement, finition). Il donne le cadre en terme d'action supplémentaire et utile permettant d'aboutir avec succès au développement de l'application prévue (attendue) avec une bonne maitrise des effets de bord. Aussi les responsables experts de l'ontologie construite doivent-ils bénéficier de formation en vue de leur permettre de relever le défi de sa maintenance. Il faut leur rendre disponible un guide d'utilisation. De façon personnalisable ou prototypée, des spécimens de

formation et de guides d'utilisation sont définies selon la typologie des utilisateurs.

Très clairement et de façon pragmatique, dans son application à la construction d'une base de données applicative, la norme I3E 1074-1995 devient encore plus accommodante qu'à la construction d'une ontologie en général. Elle peut cependant être appelée dans les méthodologies de construction d'ontologie de domaine. Seulement en certains points pour la construction d'ontologies fondationnelles et noyau, elle pourrait être intéressante. Cela est à juste titre, car les ontologies de domaine sont plus promptes à des applications concrètes que celles de type noyau ou fondationnel. Dans notre travail, nous intègrerons cette norme dans notre démarche.

3.3.1.2 Méthodologie Diligent

Diligent (DIstributed, Loosely-controlled and evolvInG Engineering of oNTologies) est une méthodologie de construction d'ontologie comprenant 5 étapes.

L'ontologie idéale est celle émanant des parties prenantes qui seraient à la fois les experts du domaine, les experts de l'ingénierie ontologique et les potentiels utilisateurs. Cela assurerait la consistance et la validation de l'ontologie construite. Hélas, une telle situation où de telles parties prenantes disposeraient d'un tel cumul de connaissances et d'expertises distinctes, est rare. Du coup, nous devons envisager une construction d'ontologie multi-expertise ou pluridisciplinaire (sans volonté d'exagération) autour des connaissances du domaine de discours circonscrit.

Plus encore, la dispersion géographique des parties prenantes (acteurs) impliquées dans la construction d'une ontologie peut constituer un écueil ou un obstacle important au déroulement normal du développement de cette ontologie. Et pourtant, il faille minimiser les coûts (en matière de consommation de ressources de tout ordre) de construction d'une ontologie. Ceci peut passer également par la réduction du nombre des déplacements des acteurs de construction, et les lourdeurs engendrées par la perte de temps.

Face à ce qui vient d'être décrit (construction centrée utilisateur), la raison d'être de Diligent est d'apporter une solution idoine à la question de la bonne méthodologie de développement d'ontologie quelle que soit la localisation des acteurs ou de leur répartition géographique en différents endroits et lieux. Cette raison d'être de Diligent est donc la prise en compte de la collaboration à distance (en temps réel via un Chat Room (messagerie) par exemple ou de partage d'espace web où les documents de travail (en entrée, en cours et en sortie), sont disponibles et accessibles). Bien entendu, quelle que soit leur typologie et le domaine d'expertise de ces acteurs, il s'agit pour Diligent de leur permettre une bien meilleure communication dans le but ultime de participer activement à la construction de l'ontologie (partager, échanger et discuter les points de vue, discuter pour aboutir sur arrêt consensuel). Diligent décrit les dispositions adéquates relatives à la démarche méthodologique, l'outillage et le langage qui doivent jalonner tout le cycle processuel de construction de l'ontologie (cf tableau 3.4 et figure 3.6).

La capitalisation des expériences nécessite de corriger les faiblesses relevées et à en dresser en référence les forces de la méthode, et ce de façon consensuelle et démocratique, suite aux modifications introduites par les utilisateurs et le management général (conseil central doté d'outils appropriés). Ce conseil endosse la responsabilité de la qualité et de la maintenance de l'ontologie en construction. Le détail des étapes de la méthodologie est de mise. L'originalité de la méthodologie est de faire porter le focus par les utilisateurs sur l'usage de l'ontologie dans son état d'amorçage initial (avec peu de concepts, en général les fondamentaux). Concernant l'ontologie, son enrichissement en concepts nouveaux est fait tout le cours de son

	5 Étapes	**Description**
1	Construire	Ontologie initiale de petite taille (nombre de concepts, ...). ; Cette première version de l'ontologie est consensuelle. On est conscient de la non couverture du domaine de discours par cette ontologie. Appelons-la, **A**.
2	Adapter localement	**A** est disponible et est utilisable par les acteurs. Pendant l'utilisation de **A**, d'autres propositions allant dans le sens de la couverture du domaine sont engendrées. Comme le changement est très caractéristique de toute organisation entreprise (nouvelles directives et exigences, besoins nouveaux, but institutionnel, changement des utilisateurs, du personnel, évolution des ontologies locales), cette utilisation nous amène à un travail de comparaison des concepts de notre environnement ou de l'ontologie locale si elle existe, ou d'autres ressources terminologiques et ontologiques (RTO) avec **A**. Les autorisations de modification passent par des requêtes pilotées par un tableau de bord de contrôle géré par un conseil d'administration. Ce tableau de contrôle recevant les demandes de modification de l'ontologie partagée **A**, il faut ensuite examiner les modifications ou adaptations possibles pour ne pas mettre en biais la réalité du domaine de discours et non plus celle de son environnement local.
3	analyser	Détecter les similarités entre l'ontologie locale et **A** ; Examiner les demandes (argumentées avec des exemples et contre-exemples, classer les arguments, tracer les discussions) de modifications des utilisateurs. Procéder à des modifications avec vote démocratique consensuel (acceptées ou rejetées), appuyées par un autre argumentaire. Tracer les discussions et mettre à jour structures canoniques et particularités. Une décision équilibrée qui tient compte des différents besoins des utilisateurs et qui répond aux exigences évolutives de l'utilisateur doit être trouvée.
4	réviser	Réviser régulièrement l'ontologie **A** par le conseil central de contrôle (dans toute décentralisation, il y a un minimum de centralisation pour éviter le chaos) ; Ce conseil révise régulièrement l'ontologie partagée **A**, de sorte à éviter que les ontologies locales emmènent l'ontologie partagée en construction hors du domaine de discours objectivé (objectif initial). Par conséquent, le conseil devrait avoir une participation équilibrée et représentative des différents types de participants impliqués dans le processus.
5	mettre à jour localement	Sortie de la version de l'ontologie et mise à jour des ontologies locales

TABLEAU 3.4 – Description de chacune des 5 étapes de Diligent

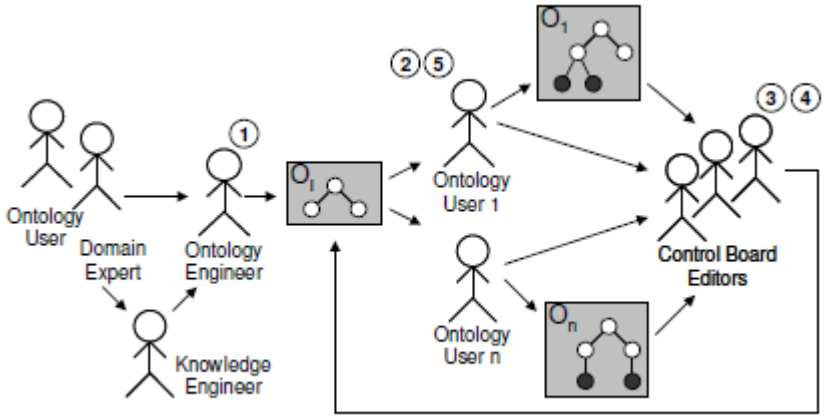


FIGURE 3.6 – Illustration des cinq (5) phases de la méthodologie Diligent [77]

développement et de son cycle de vie. Un tableau de bord disponible mais plus utilisé par le conseil central, donne un aperçu synoptique ou un aperçu à vol d'oiseau (birds-eye View) de l'ensemble du processus des activités (entrée, déroulement, sortie) de construction de l'ontologie. Diligent n'impose aucun formalisme de présentation des concepts et relations de l'ontologie. Le processus méthodologique de Diligent est illustré via la figure 3.6.

3.3.1.3 Méthodologie NeOn

Cette méthodologie NeOn (cf tableau 3.5 et figure 3.7) de construction d'ontologie comprend 9 étapes (en scénarios). Comme Diligent, Néon étend les On-to-knowledge et Methontology, deux méthodologies plus fermées aux activités de conceptualisation, de formalisation et d'implémentation.

Nous faisons remarquer que l'activité de conceptualisation est centrale pour l'ensemble des 9 étapes de Néon, car elle intervient pour chacune des 7 étapes (de la 2ème à la 8ème) de NeOn.

En outre, en fonction du niveau de modélisation à atteindre ou en vue d'obtenir un niveau stable (ou un niveau dit d'invariabilité suffisante) de nos modèles, une stratégie additionnelle de Neon consiste à reparcourir les étapes avec le préfixe "Re" (cf figure 3.8). Cela donne pour les principales activités successives leurs dénominations Re-spécification, Re-conceptualisation. Re-formalisation, Re-implémentation. Ceci concourt à mesurer l'invariabilité de nos modèles en comparaison avec ceux du précédent parcours. La conduite à terme de l'ensemble des activités, permet par exemple au niveau de l'implémentation de déceler les faiblesses et difficultés rencontrées de sorte qu'au prochain parcours des corrections puissent être apportées au niveau des modèles avant leur implémentation.

3.3.1.4 Méthodologie ontoForInfoScience

OntoForInfoScience est une méthodologie de construction d'ontologie comprenant 9 étapes. Comme Diligent et Néon, OntoForInfoScience étend On-to-knowledge et Methontology deux méthodologies plus

	9 Étapes (Scénarios)	Description
1	De la spécification à la mise en œuvre	Spécifier les besoins de construire une ontologie. Spécifier les exigences en attente (questions de compétence) de l'ontologie et les moyens dont il faut disposer en vue de la construire. Soit il s'agit de construire une ontologie partant « de rien » ou à partir d'ontologies existantes. ORSD (ontology requirements specification document) est le document de spécification des besoins en terme de cahier de charge qui en résulte principalement. Il s'agit pour Néon d'une ontologie avec une collaboration en réseau des acteurs impliqués. Ce qui vaut le dénominatif d'ontologie de réseau.
2	Réutiliser et réorganiser les ressources non-ontologiques	Réutiliser et réorganiser (re-ingénierie) les ressources non-ontologiques de sorte à leur donner un format ontologique.
3	Réutiliser les ressources ontologiques	Réutiliser totalement ou quelques modules ou encore quelques déclarations d'une ou plusieurs ontologies existantes (d'ici, il est possible d'aller aux étapes 5 et 6)
4	Réutiliser et réorganiser les ressources ontologiques	Réutiliser et réorganiser les ressources ontologiques existantes qui passe par une profonde structuration avec la technique de reverse ingéniering. On part ainsi du niveau d'implémentation au niveau conceptuel et formel avant de redescendre dans l'implémentation (courbe de soleil).
5	Réutiliser et fusionner les ressources ontologiques	Réutiliser les ressources ontologiques existantes (étape 3). Particulièrement cette étape où il est question de fusion, s'applique lorsqu'on est en présence de la réutilisation de plusieurs ontologies existantes. Les opérations d'alignement des ontologies peuvent s'avérer nécessaires.
6	Réutiliser, fusionner et réorganiser les ressources ontologiques	En plus de l'étape 5, on fait usage de la technique de reverse ingéniering pour la restructuration
7	Réutiliser des modèles de patron de conception de l'ontologie (ODP)	L'utilisation des patrons de concepts des ontologies existantes permet un gain de temps de conception et de développement
8	Restructurer les ressources ontologiques	Cette restructuration de l'ontologie réseau en construction peut se décliner aux sous activités : (1) modulariser l'ontologie (différents modules) (2) élaguer des branches de la taxonomie non nécessaires ; (3) étendre l'ontologie, y compris (en largeur) de nouveaux concepts et relations ; et (4) spécialiser les branches qui exigent plus de granularité et incluant des concepts et des relations de domaine plus spécialisés (taxinomie approfondie)
9	Localiser les ressources ontologiques	Cette phase s'adresse aux différents langages des ontologies existantes à arrêter et leur traduction possible vers la langue principale de l'ontologie en construction (multilingue).

ODP : Ontology Design Pattern

TABLEAU 3.5 – Description de chacune des 9 scénarii de Néon

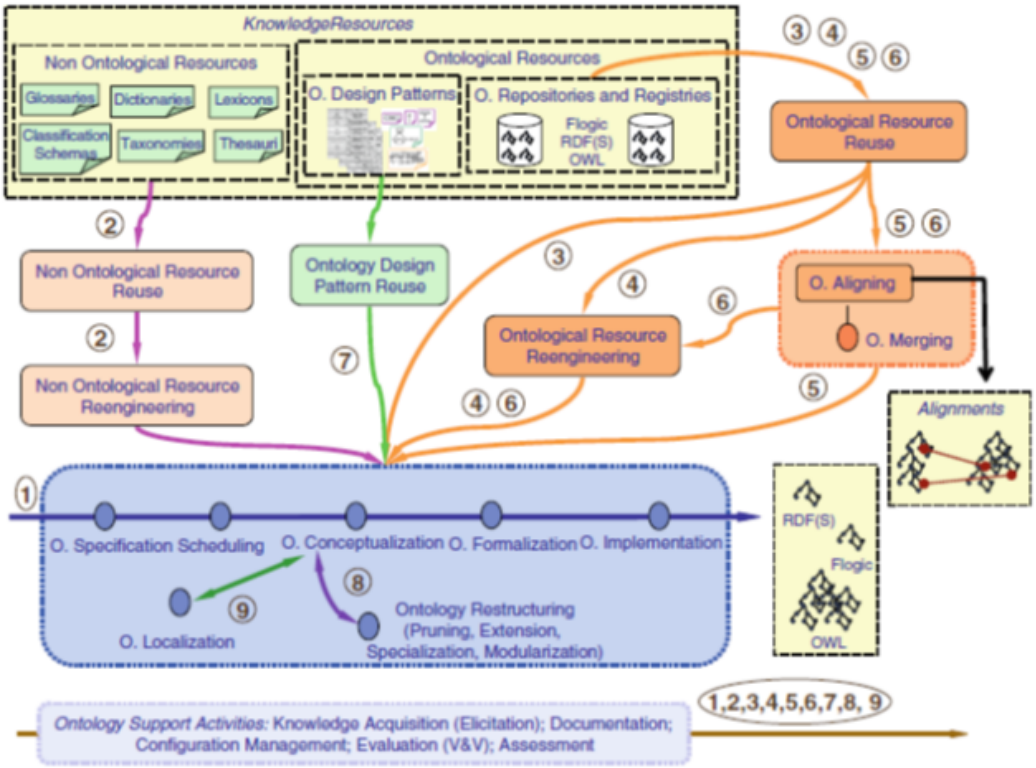
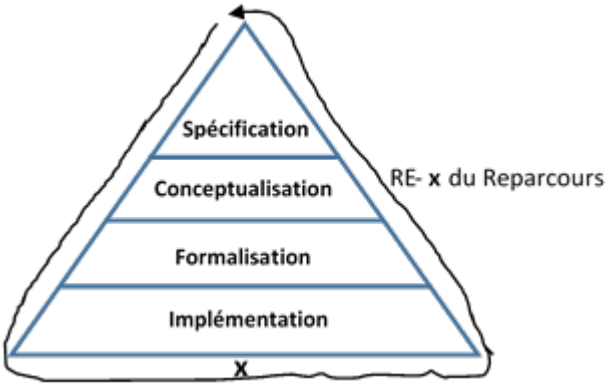


FIGURE 3.7 – Illustration des étapes en 9 scénarios de NEON [53]



X est une étape

FIGURE 3.8 – Reparcours des étapes pour l'atteinte d'un niveau de stabilité suffisant pour nos modèles

	9 Phases	Description
1	Évaluation des besoins en ontologie	Définir les besoins.Questions de compétence, critère, cahier de charge, définir ou faire un inventaire des moyens ou ressources dont on aura besoin
2	Spécification de l'ontologie	Spécification structurelle de l'ontologie, réutilisation d'ontologie existante ou construire partir de rien
3	Acquisition et extraction des connaissances	Collection des informations avec les procédés de recherche de l'information utilisés
4	Conceptualisation	Affiner et rendre atomique l'ensemble des concepts et des relations entre concepts
5	Fondement ontologique	Ontologie de base
6	Formalisation de l'ontologie	Développement à proprement dit de l'ontologie au moyen de langage formel (OWL)
7	Évaluation de l'ontologie	Indicateurs d'évaluation : validation, satisfaisabilité et consistance, respect du cahier des charges
8	Documentation	Une documentation sanctionne chaque étape. En plus, on a le document bilan qui sanctionne l'ontologie construite (prête à l'emploi).
9	Publication de l'ontologie	ontologie prête à l'emploi

TABLEAU 3.6 – Illustration des étapes en 9 scénarios de ontoForInfoScience

fermées aux activités de conceptualisation, de formalisation et d'implémentation. Le tableau 3.6 et la figure 3.9 expriment différemment les 9 phases ou étapes de OntoForInfoScience.

Remarque
A travers ces trois méthodologies, spécifiquement pour l'évolution de l'ontologie, il s'agit au minimum de supprimer, ajouter, déplacer, renommer, fusionner, diviser un concept ou (et) une relation au sens de Sassi et al [216]. Cette transformation est rythmée par les besoins humains et le but institutionnel, eux-mêmes tellement influencés par des réseaux complexes de contextes que toute formalisation doit être faite avec soin et humilité [94].

3.3.2 Principes généraux

Un grand nombre de principes communs se retrouvent dans les ontologies, quelle que soit la méthodologie de construction employée. Nous décrivons ici les principaux.

3.3.2.1 Rejet de l'hypothèse du nom unique (UNA)

L'hypothèse du nom unique UNA (Unique Name Assumption) signifie que deux concepts avec des noms différents sont nécessairement distincts. Les ontologies ne font pas l'hypothèse du nom unique (UNA). Cela implique que deux concepts avec des noms différents peuvent malgré tout être considérés comme équivalents. De notre expérience, l'UNA est plus adaptée à de nombreux problèmes d'ingénierie qui utilisent des ontologies comme solutions (e.g : le modèle PLIB (Parts LIBrary), GUI (globally unique identifier traduit en français par identifiant universel globalement unique) [40], [188]). En revanche, sur le Web, l'UNA est souvent considérée comme moins plausible.

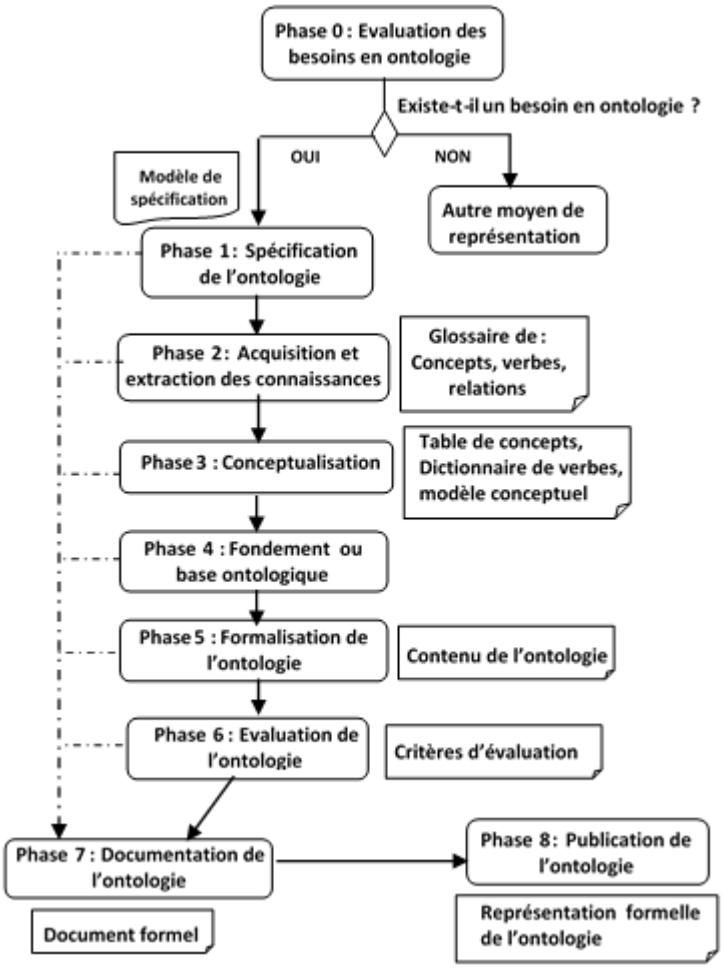


FIGURE 3.9 – Illustration des 9 étapes de ontoForInfoScience [160]

3.3.2.2 Hypothèse du monde ouvert (OWA)

L'hypothèse du monde ouvert (Open-World Assumption, OWA) signifie que tout ce qui n'est pas préalablement spécifié est possible et peut être vrai ou faux [243]. OWA est notamment utilisée dans des bases de connaissances, soutenue par des axiomes. Le contraire est l'hypothèse du monde fermé (Closed-World Assumption, CWA) [243] : tout ce qui n'est pas connu comme vrai dans la base de données ou de connaissances est considéré comme faux. Les ontologies adoptent généralement l'approche OWA. Donnons-en une illustration :

1. "Jean est un citoyen d'Israël". Jean est-il américain ?
   Avec CWA, la réponse est non.
   Avec OWA, la réponse est inconnue. Car, elle peut être vraie ou fausse. Du moment où, Jean peut avoir la double nationalité.

2. "Jean est un citoyen d'Israël". En plus, on dispose de l'axiome : "une personne ne peut seulement qu'être un citoyen d'un seul pays". Jean est-il américain ?
   Ici, la réponse est à la fois non, avec CWA et avec OWA.

3.3.2.3 Continuants et occurrents

Le terme changement appliqué au monde n'a de sens qu'avec le constat de changement de son contenu. Chacun des éléments formant ce contenu constitue bien un système de nature et de complexité variés. Peuplant ainsi ce monde, ces éléments ne changent pas tous de la même manière.

Aussi note-t-on que le monde est en plus peuplé par les moult échanges ou interactions entre ces systèmes. Aucun de ces systèmes n'est isolé, c'est à dire, sans connexion à un autre. Cet état de fait nous amène à une description catégorielle (canonique) prenant en compte les types de changement basiques qui sous-tendent l'ensemble de ces systèmes ou sujets existants (choses, objets individuels) et leurs interactions. Nous présentons un exemple traduisant des sujets, acteurs ou participants, et les échanges possibles entre ces derniers (le tout décrivant des processus). Il s'agit de **l'édification d'une maison** : La construction d'une maison est un processus aboutissant au sujet maison. Ce processus est une succession d'interactions et d'échanges entre autres sujets. Les constituants de la maison connaissent d'autres échanges interactionnels jusqu'à ce que ce sujet maison habité et maintenu, disparaisse un jour (par exemple 60 ans après).

A l'analyse de ce qui vient d'être décrit, il ressort une projection représentative d'un domaine de discours pouvant faire l'objet d'un travail d'ingénierie ontologique. Cette ingénierie est foncièrement basée sur une classification catégorielle des objets individuels à même d'aider à une interprétation de ce domaine.

Pour cela, la compréhension voire l'entendement plus avancé de ce domaine nous amène à une appréhension plus approfondie basée sur quelques concepts catégoriels pour une catégorisation adéquate et valide. Ces concepts sont continuant et occurrent. Notons que les premiers nommés sont les sujets, les objets, les porteurs ou encore les participants des seconds. En parlant d'occurrent, il faut y voir temps, processus et évènement. Les types de dépendances entre continuants et occurrents ne seront pas en reste dans ce qui va suivre.

Les continuants (choses ou objets) persistent dans le temps ; Par conséquent, on les appelle aussi les *endurants* [96] [97]. Un continuant existe dans son ensemble à chaque instant de son existence. Il peut subir un changement : c'est-à-dire que ses propriétés peuvent varier à différents moments ou dans le temps, bien

SNAP	SPAN
Objects	Processes, Events
Continuants (endurants)	Occurrents (perdurants)

TABLEAU 3.7 – Correspondants en SNAP et SPAN de BFO

que son identité reste fixe. En conséquence, en respectant sa stature dans son ensemble, un continuant est une entité dépendant du temps. Au fil de ce temps, il peut acquérir ou perdre certaines de ses parties selon certaines propriétés de l'ensemble de ses parties ou partiellement. Ces composantes ou parties sont plus spatiales que temporelles. Pour exemples, on a : la chaise, mon crayon, l'ami Doha Dakrome, la cité, les USA (Union de 13 pays en 1776, puis aujourd'hui de 51 pays depuis 1969) [225] ;

Les occurrents sont tout ce qui se passe ; Ils se produisent dans le temps ; Ils sont aussi appelés *perdurants* [34] [50] [99]. Un occurrent n'est pas présent à tout moment dans son ensemble. Il est sujet à plus de changements (notables). Il dispose beaucoup plus (voire totalement) de parties temporelles qui ont des propriétés différentes selon le temps. Il est possible qu'il dispose de parties spatiales également mais pas toujours. Les propriétés d'un occurrent peuvent être intemporelles. C'est le cas d'un second occurrent qui a obligatoirement lieu, car impliqué ou déclenché par un premier quoi qu'il en soit. Par conséquent, certains des occurrents sont des entités indépendantes du temps. Quand il commence, il se déroule. Par exemple, on a : vie d'un être, battement du cœur, voyage, éruption, fabrication de charbon de bois. En outre, on a aussi l'existence d'un occurrent dans un continuant à l'instar du battement de cœur au sein d'une personne qui respire.

Une telle approche du monde constitue le fondement de BFO, une ontologie générale inspirée par une autre d'ordre biomédical notamment OBO. Au plan des catégories fondationnelles (top-level), BFO est compatible avec l'ontologie DOLCE. BFO comprend deux principales sous ontologies dénotées par SNAPshot (SNAP) et SPANning a period of time (SPAN) portant sur les continuants et les occurrents respectivement [99] comme le montre le tableau 3.7.

Un occurrent implique nécessairement des continuants [98]. Au premier plan de ces continuants, on a les objets acteurs ou participants (actifs de l'occurrent). Au second rang, on a les continuants non acteurs (passifs de l'occurrent). Et enfin, on a les continuants qui ne sont pas du tout concernés par un occurrent donné. Aucun occurrent ne peut exister sans continuants [206].

3.3.2.4 Processus et évènements

Un processus commence et finit (open-ended). En clair, il a un début et une fin. Il n'est pas ponctuel. Il est homogène. Il peut être expérimenté. Les propriétés d'un processus n'ont pas de fin intrinsèque. Quelques exemples de processus :

- Les activités humaines comme la marche, la nage, la conduite de charrette, la conduite d'un autocar, jouer au piano, pousser une brouette, éplucher des pommes de terre, écrire ;
- Les phénomènes naturels comme la pluie, la marrée haute, la photosynthèse, la circulation du sang, l'écoulement d'une rivière, l'érosion, la révolution de la terre.

Un évènement est le fait qu'une chose se passe. L'évènement ne change pas. Il est non divisible. Pour sa bonne compréhension, on le définit également par rapport au processus. Pour cela, l'évènement est vu comme une seule occurrence d'un processus (a single occurrence of a process). Il est exhaustif (complet) et ponctuel dans un processus. Chacun des deux affirmations "Achat de voiture" et "calcination du bois" constitue un processus. "Voiture achetée" et "bois calciné" constituent chacun un évènement. Deux sortes d'évènements apparaissent dont l'une est instantanée (Tdebut = Tfin) et l'autre définie selon un intervalle de temps (Tdebut, Tfin).
Différentes perceptions en classification hiérarchique de processus et évènement sont à noter dans [99] :

- Le premier point de vue défendu par Mourelatos [164] et autres : Processus et Évènement sont des sous catégories disjointes de Occurrents (occurrence) ;
- Le second groupe du même point de vue que celui de Moens et Steedman [163] et autres) soutient : Processus est sous catégorie de Évènement ;
- Un troisième groupe stipulant le même point de vue que Sowa, disent : Évènement est sous catégorie de Processus.

Dans notre modélisation, nous optons pour la classification des catégories disjointes de Processus et Évènement, sous classes de Occurrent.

3.3.2.5 Objets fluents

Par **fluent** [225], il faut entendre une chose ou objet qui a un état variable. Il coule, change tout le temps. Il s'oppose à statique. Par la sublimation de l'espace et du temps en tout objet physique existant, on arrive à reconsidérer ce dernier comme un évènement généralisé. On peut pour cela considérer USA comme un évènement ayant débuté en 1776 sous la forme d'une union de 13 états, et qui est toujours en cours, sous la forme actuelle d'une union de 51 États. On a également des fluents d'états pour décrire les propriétés qui changent comme *population* et *président* assignées *à USA,* notées respectivement : Population(USA) et Président (USA). En outre T1(egal(President(USA), Barack Obama), 2010 ap.JC) est une assertion qui traduit le fait suivant : Le président des États-Unis était Barack Obama en 2010.

3.3.2.6 Homéomères (noms non comptables) et anhoméomères (noms comptables)

Selon Aristote, des parties des animaux, les unes sont "incomposées" ; ce sont celles qui se divisent en homéomères, comme les chairs en chairs. Les autres sont composées : ce sont celles qui se divisent en anhoméomères ; la main, par exemple, ne se divise pas en mains, ni le visage en visages. On généralise cette idée, en parlant d'entités ou d'objets homéomères et ceux qui ne le sont pas, sont les entités anhoméomères [43] [225].

Nous avons dans la conception des ontologies la question de relation hiérarchique, de relation compositionnelle ou partitive et de relation horizontale souvent observables, avec les axiomatisations possibles, de classes primitives, de classes définies possibles (classes auxquelles on a donné une définition propre souvent utilisant une ou des classes primitives).

Nous avons les substances, les éléments et temps/espace. En premier lieu, on a les substances : chair, fer, bois, ... ainsi que quelques-unes de leurs propriétés comme la couleur. Viennent ensuite les "éléments" qui ont servi de principes à l'ancienne physique : la terre, l'air, le feu, l'eau ; c'est ce que A. J. Greimas appelle le "figuratif abstrait" [43]. Enfin, on a en exemple l'espace et le temps. Une partie du temps est

Une partie de beurre (Beurre) est du beurre	$b \subset Beurre \wedge partOf\ (p, b) \Rightarrow p \subset Beurre$
Exemples de propriété intrinsèque de Beurre (PInt ensemble de ce type de propriétés) : ex : saveur, blancheur	$k \in PInt \wedge b \subset Beurre \wedge partOf\ (p, b) \Rightarrow k(p) = k(b)$
Exemples de propriété extrinsèque de Beurre (PExt ensemble de ce type de propriétés) : ex : poids	$k \in PExt \wedge b \subset Beurre \wedge partOf\ (p, b) \not\Rightarrow k(p) = k(b)$

TABLEAU 3.8 – Propriétés d'une partie d'un objet suite à sa subdivision

un temps. Une partie de l'espace est un espace.

Les propriétés intrinsèques d'un objet appartiennent à la substance même de l'objet plutôt qu'à l'objet en soi. Lorsqu'on coupe une instance de matière en deux, les deux morceaux obtenus conservent les mêmes propriétés intrinsèques (densité, saveur, point d'ébullition, couleur, appartenance, odorat,..). A l'inverse les propriétés extrinsèques, telles que le poids, la longueur, la forme, ... ne sont pas conservées dans les parties découlant d'une subdivision. Le tableau 3.8 donne une illustration de formalisation de ces propriétés.

La propriété intrinsèque d'une chose est une propriété qui lui est essentielle. Cette chose peut perdre son identité lorsque change une telle propriété.

Il est bon de noter qu'il est difficile pour moult choses, objets de perdurer identiquement et pareillement à son état antérieur dans le temps [148]. L'exception est faite sur par exemple des objets abstraits et atemporels (e.g : symbole mathématique "+", lettre d'un alphabet). En outre, ce symbole pourrait-il changer un jour ?

3.3.3 Conclusion sur les méthodologies existantes

Il n'existe à ce jour aucune méthodologie de construction d'ontologie qui soit normalisée, standardisée ou fortement recommandée par les organismes de normalisation (W3C, ISO, ...). Nous voyons plusieurs raisons à cela :

1. La base sur laquelle, nous entreprenons nos activités, nous menons nos réflexions (à travers moult organisations), toute une vie ou via plusieurs cycles de vie, est soutenue par des fondements très souvent ignorés ou passés sous silence par nous-mêmes. Malgré le bâti considérable, nous avons du mal à définir les fondements consensuels pour tout existant. La raison d'intérêts divergents favorable (ou profitant) au profit, tient-elle ? En outre, est-il possible d'avoir une vue d'ensemble consensuelle sur les découvertes de "nouvelles" planètes, de "nouveaux" individus ? Nous avons encore du mal à définir ce à partir de quoi l'existence commence. Qu'en est-il du but ultime du monde ? Est-ce préserver la vie aussi longtemps que possible et particulièrement pour l'homme, inclure le rallongement constant de l'espérance de vie active suivi de conditions humaines conséquentes ?
2. Jusque-là, il n'existe pas de socle des connaissances et des savoirs qui soit universellement partagé.
3. Au plan des machines, universellement et pour tous, l'on ne dispose pas d'un fond organisationnel de mémoire suffisant pour stocker et cumuler des connaissances, et qui soit partagé par tous (à la fois) : agents humains et agent machines.
4. Atteindre zéro ambiguïté en machine est un objectif poursuivi par nos modélisations et formalisations machine. Cependant, nos formalisations d'une certaine complexité ne sont-elles pas entachées par cette ambiguïté innée des langages naturels (dans lesquels nous pensons) ?

5. L'absence d'un système classificatoire universel fondamental est à noter. En cela, les classifications, loin d'être fondées sur la logique pure, sont l'expression d'un consensus établi dans des groupes dominants [195]. Elles résultent d'une suite de décisions d'ordre moral, politique et autre, qui contribue à des moments donnés à valoriser un point de vue et à faire le silence sur un autre. Comme présentées par Cote [69], on peut noter les dix classes ou catégories [18] et [19] d'Aristote qui ne sont pas adoptées.

Fort de tout ce qui précède, pour toute approche de construction d'ontologies formelles, il nous revient soit de faire un choix raisonné portant sur une des méthodologies existantes ou à en combiner, soit à procéder à un choix inspiré des méthodologies existantes. Cependant, un atout capitalisable existe : les phases spécification des besoins, conceptualisation, formalisation, implémentation, maintenance et évolution sont présentes dans la plupart des méthodologies de construction de ces ontologies. En ce qui nous concerne, nous procéderons à un choix inspiré des méthodologies existantes basée sur diligent, NeOn et ontoForInfoScience.

3.4 Représentation des connaissances et ontologies existantes dans des domaines connexes

Des travaux connexes aux nôtres existent, que nous passons en revue. Nous distinguons ceux relevant de la MT et ceux relevant de la MM. Ceux hors de la médecine sont relatés au chapitre 4.

3.4.1 Travaux relevant de la MT

Les travaux de G. Atemezing [21] [22] sont focalisés sur la validation des connaissances de la MT gérée par un système d'agents. L'auteur aborde les concepts de rituel, de pratiques traditionnelles de soins de santé (diagnostique, divination, croyance religieuse), de sorcellerie, de patient, de potion, de maladie, de symptôme, de plante (concept utilisé en PO [20], une ontologie sur les plantes existante), de traitement traditionnel. Il a réutilisé des ontologies comme PO, Pathogen Transmission Ontology (TRANS) [21], Human Disease Ontology (DO**ID**) [22] et Infectious Disease Ontology (IDO) [23]. Toutes ces ontologies s'appuient sur Open Biological Ontologies (OBO), une ontologie de fondement. Il aborde le volet métaphysique avec une absence de modèle de validation (absence d'une interprétation par individu). Il parle d'un système multi-agent se référant aux différents types d'acteurs humains et machines. Les concepts d'experts de domaine et de médecins traditionnels ne sont pas nettement définis. Il n'aborde pas le fait que les PMT (médecins traditionnels) sont des personnes ne sachant ni lire ni écrire dans une majorité large.

Les travaux de Ayimdji A. constituent un prolongement amélioré de ceux de Atemezing. Au Cameroun, Ayimdji A et al via [23] et [24], ont réalisé une ontologie sur la MT avec Methontology. Ils ont décrit le processus de la collecte d'une plante à travers le collecteur (son sexe, jeune ou vieux, son attitude comportementale comprenant le fait qu'aucune pause n'est admise pendant cette collecte de la plante, puis après collecte, la plante est directement transportée à la maison pour être utilisée sur le patient). La période convenable de cette collecte importe également. Il relève que les guérisseurs ont du mal à accepter

18. https ://philosophie.cegeptr.qc.ca/wp-content/documents/Catégories.pdf consulté en 2015
19. substance, quantité, qualité, relation, lieu, temps, position, possession, action, passion
20. http ://www.obofoundry.org/ontology/po.html consulté en 2014
21. http ://www.obofoundry.org/ontology/trans.html consulté en 2015
22. http ://www.informatics.jax.org/disease consulté en 2015
23. http ://www.ontobee.org/ontology/IDO consulté en 2015

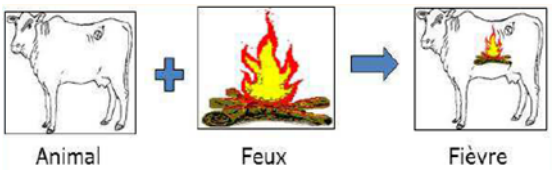


FIGURE 3.10 – Icônes de VétoMed

que la MM donne des explications "scientifiques" aux causes des maladies surnaturelles . Les auteurs ont implémenté l'outil SWI-Prolog (sémantique web interface). Dans sa méthodologie, le caractère verbatim des connaissances résultant directement du dialogue ou des interview avec les PMT souvent analphabètes, en plus du caractère tacite du domaine de la MT, n'est pas perceptible. Il n'aborde pas l'approche visuelle de l'ontologie dans ces travaux.

Kamsu et al [127] ont effectué un certain nombre de travaux sur la MT Africaine en terre Camerounaise. Ces travaux se rapportent à un graphe conceptuel avec une possibilité de raisonnement. Ils y abordent les termes d'orientation de pharmacovigilance, d'alertes précoces, et de raisonnement temporel. Dans la médication, les suppléments de plantes associatifs en terme de repas ne sont nettement définis (obligation de prendre certaines décoctions après ou avant un repas. Ils utilisent la méthodologie Delphi pour l'élicitation des connaissances basée sur l'anonymat pour la gestion de plus de consensus. Cependant, cet anonymat devra pouvoir être dévoilé après validation afin de mieux caractériser les typologies d'experts et d'acteurs, et de sources. Maintenant, cette technique de collecte ne met pas l'accent sur le fait que les PMT sont pour la plupart illettrés . Ils définissent un outil collaboratif entre les acteurs de la MT et ceux de la MM. Le formalisme de représentation des connaissances utilisé, est le graphe conceptuel (GC), dont la sémantique et la syntaxe entre concept et individu/constante d'objet sont très réductrices voire soumises à l'intuition de celui qui exploite le graphe. Kamsu n'a pas utilisé le formalisme OWL. Il aborde les concepts de plante, ses parties utilisées, la maladie traitée, symptôme et signe, diagnostic, les modes d'administration. Ils traite singulièrement du malaria. La distinction entre signe et symptôme est nette.

En Côte d'Ivoire, Brou [48] a construit VetoMed, un système expert à base d'icônes qui traite des connaissances de la MT accompagnées par des représentations visuelles notamment des images visuelles. La base de connaissances comprend 134 faits et 66 règles. L'association d'icônes correspondant à des faits détermine d'autres faits. Réciproquement, étant donné un fait, il existe la possibilité de lister ses causes. Par exemple, la conjonction additive d'une icône d'un animal avec celle du feux implique l'icône de la fièvre. L'icône de l'animal de la figure 3.10 peut être améliorée de sorte à être plus générique et prendre en compte l'ensemble des animaux. Celle présente sur cette figure exclut une bonne frange des animaux comme la volaille. Cependant, les icônes sont de conception intuitive et manquent de consistance : il y a une grande disparité entre celle du poulet et de la vache. De plus, il n'y a pas d'ontologie à proprement parler : la base de connaissances résulte davantage d'un système expert (règles et faits).

Behou [37] a réalisé des travaux avec une approche d'apprentissage fondée sur une ontologie de la MT. Aussi bien la définition que la mise en œuvre des aspects visuels et iconiques sont très limitées.

Zulazeze et al [249] ont réalisé des travaux de construction d'ontologie sur la MT hors Africaine. C'est précisément la MT de la Malaisie sur les plantes. Il a construit une ontologie détaillant les principales parties de la plante proche de notre vision. Cependant, dans cette ontologie, les fleurs et la sève ne sont pas décrites dans les parties de plante. Cette description reste toujours limitée quant aux autres ressources notamment minérales et animales utilisées en MT. Il n'aborde pas d'approche visuelle pour la représentation iconique des connaissances.

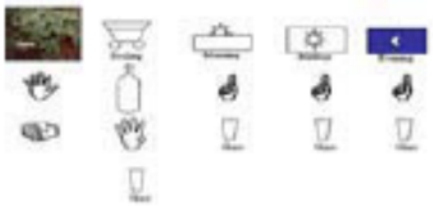
Langage naturel (français)	Prenez cinq poignées de centella et faites bouillir avec quatre verres d'eau puis buvez un verre de décoction le matin, un verre midi et un verre le soir
Langage iconique icOnto	

TABLEAU 3.9 – Traduction d'une phrase du langage naturel au langage iconique

Kuicheu N. C et al [138] abordent une ontologie d'icônes, IcOnto en MT au Cameroun, en définissant l'icône b d'un concept X via X(a, b) , a étant le terme de X. En terminologie, le marquage distinctif entre X et a est difficile à percevoir. Le langage iconique utilisé est limité en définition. Dans ce système icOnto, on a la possibilité de passer par la traduction d'une phrase en langage naturel à une phrase iconique dans le langage iconique. Pour exemple, on a en langage naturel : "Prenez cinq (5) poignées de centella et faites bouillir avec quatre verres d'eau puis buvez un verre de décoction le matin, un verre à midi et un verre le soir". Cette phrase a pour équivalent en langage iconique, la phrase iconique comme le montre la figure dans le tableau 3.9.

Dans cette phrase iconique, une photo réaliste désignant la plante apparait dans les icônes. Du coup, les constituants de cette phrase ne sont pas au même niveau sémantique et structurel , encore moins en avoir la même base descriptive. En toute évidence, la sémantique telle que définie laisse la place à une marge intuitive trop grande pour l'utilisateur en vue d'interpréter les icônes, puis la phrase iconique. Il manque un alphabet clairement défini. En plus, les règles de traduction du langage naturel au langage iconique ne sont pas explicites. Dans cette traduction, Kuicheu ne dit pas s'il utilise un interpréteur. De plus nous relevons que centella est un genre de plantes qui comprend plus d'une cinquantaine d'espèces [24] : cela n'est pas assez précis pour identifier la plante sans ambiguïté.

Yoruba Traditional Medicine (YTM) au Nigeria , a été l'objet de travaux menés par Omotosho et al [172]. Une ontologie formelle sur la MT a été réalisée par cette équipe. Cette description ne prend pas en compte tous les types de ressources médicinales. Celle qui est faite est focalisée sur les plantes mais partiellement. Les principaux concepts sont plante, parties des plantes, les parties utilisées (écorce, racine, feuille, tige, fruit et plante entière, ...) symptôme, signe, maladie. Il n'a pas tenu compte du caractère analphabète des guérisseurs qui auront du mal à utiliser cette ontologie une fois à terme et mature. L'approche d'ontologie visuelle n'est pas envisagée.
Pratheeba et al [197], ont démarré un projet de système expert sur la MT hors Afrique, au Sri Lanka. Ce système est fondé sur une ontologie des plantes (indiennes) de la MT. Il ne vise pas un langage iconique.

Plusieurs autres travaux d'ontologie en MT asiatique surtout chinoise (TCM : Traditional Chinese Medicine) ([184] [226]) existent mais en général ne traitent pas d'ontologie visuelle. Dans les ontologies utilisées, la description simultanée des principales ressources constituées par les plantes, les animaux, et les minéraux des recettes médicales traditionnelles, est très réduite. Les travaux sur les plantes sont dominants. Les concepts couramment traités sont maladie, plante, partie de plante, signe et symptôme.

24. http ://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Apiaceae/Centella/ , 2017

Nous avons dans notre étude fait presque abstraction des ressources métaphysiques en les notifiant simplement sans les aborder en profondeur. Les sorties de terrain et de brousse pour aller en contact avec les guérisseurs font l'objet de mention dans peu de travaux et dont pour beaucoup d'entre eux, leurs auteurs se sont contentés des dispositions invariantes dans la description des ethnobotanistes en biosciences sur la MT. La description tabulaire donne fréquemment les termes de colonnes suivantes : nom scientifique de la plante, famille scientifique, partie utilisée de la plante, nom local de la plante, maladie traitée, mode de fabrication, mode d'administration, origine ou pays d'origine. Une telle description des pratiques de la MT peut en conséquence s'avérer superficielle et réductionniste, loin de révéler l'aspect holiste de traitement d'un patient. Cet aspect holiste (cf sections 2.4.2 et 2.5.4.1 du chapitre 2) est bien, très caractéristique de cette MT.

3.4.2 Travaux relevant de la MM

Nous avons plus tiré parti des techniques et méthodes de construction des ontologies existantes en MM que leur réutilisation, vu la différence marquée entre les pratiques de la MM et celle de la MT. La plupart des travaux reposent sur des thésauri, des taxinomies ou des ontologies. Cependant, ils ne comprennent pas d'ontologie visuelle sauf les deux projets hors MT suivants.
Le projet "VCM" de Lamy est un langage iconique pour l'accès aux connaissances sur le médicament et aux guides de bonnes pratiques cliniques. Une ontologie visuelle est validée sur la MM. L'objectif principal est la facilité d'apprentissage et la vitesse de lecture du praticien [140] [144]. La syntaxe iconique se fonde sur trois bases iconiques notamment décrites dans la figure 3.11. Ces bases sont :

- les formes géométriques rond (absence de pathologie), carré (pathologie ou maladie), carré et triangle associés.
- les couleurs : marron (antécédent étiologique), orange (risques futurs à encourir), vert (sous traitement), rouge (état actuel) et bleu (test en cours).
- autres icônes : des symboles en termes d'instrument (ex : seringue), de patient, d'estomac, de croix (médicament), de prélèvement (récipient en tube), ...

Le langage iconique VCM cible principalement les praticiens de la MM. Il est validé par un consortium de médecins. De plus, la sémantique du langage VCM a été formalisée par une ontologie OWL [143].

Miria et al à travers [67], ont réalisé AGUIA (Autonomous graphical user interface assembly for clinical trials semantic data services). C'est un système graphique, une application web frontale conçue à l'origine pour gérer les données cliniques, démographiques et biomoléculaires des patients recueillies lors d'essais cliniques au centre de cancer MD Anderson au Texas (USA). AGUIA utilise un formalisme web sémantique, un cadre de description de ressource (RDF) et une base de connaissances de bas en haut. La mise en œuvre de tous ces aspects a pour outil support, S3DB (Simple Sloppy Semantic Database) en qualité de point de départ pour l'assemblage d'interface du client. S3DB contient G-box avec 11 éléments graphiques. La construction des icônes sur la base des onze (11) autres n'est pas clairement définie.

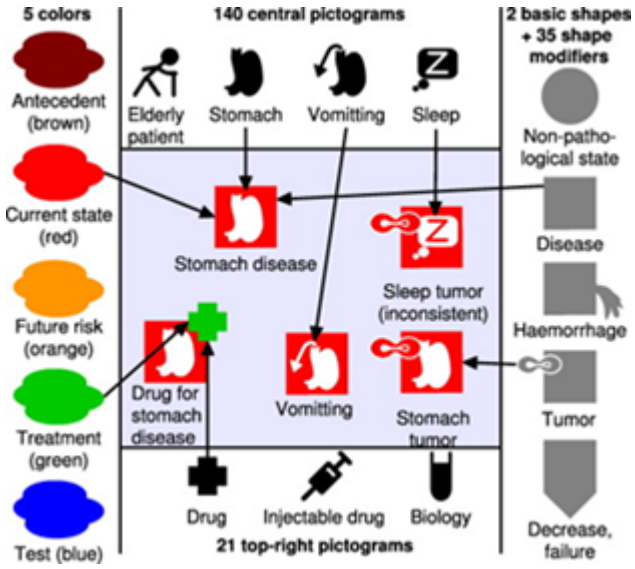


FIGURE 3.11 – Syntaxe de l'alphabet de base du langage iconique VCM

3.5 Synthèse

Les ontologies, presque deux à trois décennies après leur apparition, sont aujourd'hui incontournables pour l'organisation des connaissances investies d'un ancrage sémantique consensuel. Elles contribuent également à la capitalisation évolutive des connaissances. Ces ontologies peuvent répondre à de nombreux besoins et objectifs, surtout grâce à l'intégration en leur sein de possibilités d'axiomatisation et d'utilisation de systèmes raisonneurs inférentiels. Elles sont utilisées relativement à une communauté d'experts à l'instar de celle des PMT qui nous préoccupe dans ce travail. Plus précisément, nos besoins portent principalement sur le partage et la pérennisation des connaissances et expériences de la MT. Dans la ligne de réflexion conduisant nos activités de recherche, nous considérons **les ontologies comme des représentations de connaissances** s'insérant dans les systèmes d'information en vue de leur apporter une dimension sémantique qui leur faisait défaut jusqu'ici. Nous nous intéressons beaucoup plus aux ontologies de domaine (définies comme une représentation formelle et validée par les experts de ce domaine). Il importe alors ici l'identification des entités conceptuelles (concepts et relations) pertinentes de ce domaine et de leur sémantique. Ces ontologies sont bâties sur la base d'un niveau conceptuel intégrant à la fois les connaissances terminologiques d'un domaine et l'expression de la sémantique de celui-ci. Elles doivent conserver leur indépendance vis-à-vis des usages opérationnels spécifiques à une application donnée.

Vu les caractéristiques toutes particulières de la MT, et du fait de l'existence dans ce domaine que des ontologies embryonnaires, il nous semble ne pas être indiquée la réutilisation automatique des ontologies et RTO existantes. De même, les ontologies et RTO existantes de la MM ne peuvent être réutilisées telles quelles à cause des différences importantes entre MT et MM. En revanche, les politiques de ces ressources (ontologies et RTO), leurs stratégies, leurs méthodologies et méthodes de construction nous seront d'une grande utilité.

L'iconisation de concepts est une partie importante de notre travail. Au regard des solutions à apporter, cette approche visuelle n'est pas en marge des ontologies formelles. Pour cela, dans le chapitre suivant, nous abordons des stratégies de représentation visuelles. En outre, l'aspect visuel étant analogique, il est nécessaire d'y asseoir une sémantique sans ambiguïté et intelligible par la machine, ce que les ontologies formelles rendent possible.

Chapitre 4

Icône et Langage iconique

Sommaire

4.1 Importance de l'icône **75**
4.2 Définition et constance de l'icône **76**
4.3 Icône et communauté **78**
4.4 Étude et décomposition des icônes **82**
4.5 Exemples de langages iconiques **87**
4.6 Langages iconiques formalisés **88**
4.7 Synthèse **89**

Par langage, nous comprenons un système de signes permettant la communication. En général, c'est tout moyen d'expression, de communication et d'instruction à base de signes. On pourrait par exemple citer le langage humain, le langage animal, le langage informatique, le langage des panneaux de circulations routières, le langage gestuel, le langage olfactif. En réalité, nous communiquons par nos sens. En la matière, au cours de son histoire, l'homme a développé certains sens au détriment d'autres, soit volontairement soit involontairement.

Ici, l'homme est placé au centre de la communication à travers deux communautés d'agents : celle des agents humains dont il fait partie et celle des machines. Ceci met en relief trois types de communication comme identifiés en section 3.2.11.1 du chapitre 3.

Basé sur une aire linguistique et sociale, le langage utilisé par l'homme dit langage naturel, est bien la manière de parler et de s'exprimer. C'est une forme de langage qui n'est pas celle des machines. Depuis l'apparition de l'ordinateur (environ 1950), au moins cinq (5) générations de langages (1GL, 2GL, 3GL, 4GL, 5GL) existent. Inspirés ou conçus sur le modèle de factorisation modulaire, les quatre (4) dernières générations de langages (2GL, 3GL, 4GL, 5GL) sont superposables via une transformation structurelle (translation) au langage machine (binaire), la 1GL.

Tous les langages écrits sont à différentes échelles de formalisme [154].

Dans notre environnement de vie, tout ce qui est de l'entendement humain est décrit sous le triptyque sujet verbe complément. Ceci traduit bien le fondement des langages du web sémantique s'appuyant sur un réseau de termes de concepts représentant le sens d'un champ d'informations qui incarne une interprétation.

Pour obtenir un langage visuel, il est difficile de suivre l'ensemble des principes de construction d'un langage écrit avec un alphabet assujetti à des sons phoniques en correspondance avec les objets du monde, bien qu'il s'agit des mêmes objets auxquels ce langage visuel fait référence. En conséquence, dans le cadre du domaine de la thérapie traditionnelle, cible de notre travail, il faut noter l'existence d'un réseau où collaborent un nombre non défini au préalable et même illimité de concepts et termes référant ces objets. Alors établir une icône par concept via le langage iconique s'avère non aisé. En plus, cette difficulté croît quand on doit doter la machine (ordinateur), de l'intelligibilité sémantique des icônes.

Après une présentation de l'icône sous un aspect sémiologique (sémiotique), il s'en suit un état de l'art des langages iconiques (formalisés et moins formalisés).

4.1 Importance de l'icône

Une grande mutation du texte et de l'oral vers l'image iconique est en cours, et pourrait s'accentuer au point de devenir une marque caractéristique du XXI siècle. Ce phénomène est presque comparable à celui au début de l'église romaine. Ceci rejoint la pensée de Tijus et al [228].

Dans la société de l'information, la parole et le texte laissent de plus en plus la place à l'image avec ses multiples formes. Parmi celles-ci, nous notons l'icône, la photographie (les appareils photo sont à portée de main à travers les téléphones mobiles), le dessin, le schéma, le pictogramme, l'idéogramme, le logo, la graphie, le diagramme, ... Ceux-ci sont partout : dans les notices de médicaments de la MM et celles des appareils électroménagers, la partie externe visible des emballages de toute sorte, les IHM (interface homme machines) des logiciels d'ordinateurs et de téléphone mobile, les insignes et indications dans les aérogares, les aéroports, les gares routières [159], les centres de santé de la MM, les affiches (de représentation de maladies sous forme de dessins, ...) postées aux abords des étalages et des centres du tradipraticien (PMT) africain, les panneaux de signalisation routière, les panneaux publicitaires, la sécurité, les signes d'interdiction dans les zones d'industries chimiques, de circuit de production d'électricité (moyenne et haute tension) et de déchets nucléaires toxiques, les symboles et signes d'autorisation et d'avertissement relatifs

aux issues de secours des salles de masse et lieux populaires (amphithéâtre, toilettes publiques, stades, podiums, ascenseurs, parking), les consignes sur la flore et la faune classées, les réseaux sociaux (Facebook, Twiter, Instagram) et le web, les bandes dessinées (presse et TV), les vues symboliques et synoptiques via Googlearth (à l'échelle), les signes de centres et apparats religieux [137], les vitraux d'église, les logos et ceux accompagnant les marques déposées de fabrique et les sociétés, les fascicules et ouvrages scolaires et académiques, les véhicules de transport et de déplacement (voiture, camion, car, train, métro, trameway, bus, bateau, avion, ...) tant pour le conducteur/pilote (tableau de bord) que pour le simple usager passager, les indications flottantes pour la navigation marine, le monde des peintres, les dessins sur les habillements et les vêtements (chaussures, pagne et tissu africains, asiatiques, occidentaux), consignes, signes et dessins dans l'hôtellerie et tourisme, dessins et signes sur les monuments et dans les musées, sur les meubles et façades d'immeubles, sur les couverts (cuisine, restauration, ..), dans les centres commerciaux (des plus insignifiants aux hypermarchés), etc.

Les premières apparitions des pictogrammes et des icônes d'information se sont faites de manière sectorielle à savoir dans le tourisme pour les déplacements humains, et dans l'industrie pour les machines et les produits. En somme, l'image en général et surtout celle miniaturisée à l'échelle de pictogramme ou d'icône devient omniprésente. Pendant de longues périodes avant l'époque contemporaine, pour lutter contre l'analphabétisme et l'isolement, l'image a eu toute son importance pour véhiculer l'information [159]. A l'époque contemporaine, le texte même quand il est dominant, continue d'être parfois agrémenté d'images (journaux, livres, ..).

Après la télégraphie, émerge une nouvelle forme de communication à grande vitesse fondée sur les évolutions des sociétés (au plan démographique, culturel et économique). L'intra exode est augmentée de l'inter exode. L'usage à grande échelle, de plus en plus croissant de l'image iconique et pictographique se fonde sur l'impérieuse nécessité de communiquer toujours plus rapidement (les icônes sont lues plus vite que le texte) et plus largement (les icônes peuvent être comprises au-delà des frontières [28] et barrières linguistiques).
A cela, il faut rajouter les raisons liées aux mutations sociales : une frange importante des populations illettrées soit transitoirement, durablement ou à vie, est fortement demandeuse de son intégration dans la société urbaine. Certaines catégories des personnes handicapées par exemple aphasiques ne sont pas en reste.

Sortir et même s'éloigner le plus possible de l'analyticité du texte par l'émergence d'un message plus laconique et plus synthétique inonde notre quotidien. Ce message est présenté comme un pur stimulus [233] tout en s'inscrivant dans l'obtention de résultats qui satisfont le mieux les objectifs attendus. L'image iconique peut incarner un tel message également quand elle est établie selon un certain nombre de règles clé. Ainsi, sa représentation endosserait davantage un caractère de spontanéité sémantique pour un groupe d'utilisateurs donné (communauté des PMT par exemple). Le rôle joué par l'informatique en particulier et les TIC en général est crucial : indubitablement, les images et icônes de toute sorte foisonnent sur le web. En somme, l'informatique et Internet facilitent énormément l'utilisation et la diffusion des icônes aujourd'hui.

4.2 Définition et constance de l'icône

Nous intéressons à définir une icône et un langage iconique et ensuite à mettre en exergue leur propriété immanente.

4.2.1 Définition de l'icône

Icône se dit d'un signe qui entretient une similitude, une analogie avec ce qu'il désigne. Nous pouvons définir une icône comme une image simplifiée, stylisée et de petite taille, qui est utilisée pour représenter un sens précis, par exemple pour identifier une consigne dans un lieu public, une marque sur un produit, un logiciel sur un ordinateur, ... Klinkerberg [1] dans [233], définit une icône comme étant un signe motivé par la ressemblance, avec des découpages non correspondants (e.g : maquette d'avion, imitation d'un parfum, bruitage du générique d'un film, une onomatopée).

4.2.2 Définition d'un langage iconique

Un langage iconique est un langage composé d'un lexique de primitives visuelles (par exemple des couleurs et/ou des pictogrammes) et d'une grammaire graphique pour assembler les primitives et former des icônes. Par combinatoire, il est ainsi possible de créer un grand nombre d'icônes à partir d'un jeu de primitives restreints.

Une icône d'un langage iconique est généralement composée de plusieurs iconèmes. Un iconème est un morceau d'icône, auquel est associé une partie du sens de l'icône. Un iconème peut correspondre à une ou plusieurs primitives. Par exemple, dans le panneau routier "interdiction de tourner à gauche", le cercle rouge et barré, entourant une flèche est un iconème (composé d'une couleur et d'une forme) et signifie l'interdiction (cf ligne 4 du tableau 4.1). Enfin, un iconème pur est un iconème qui porte sur une et une seule unité signifiante, marquée sans ambiguïté.

La division en iconèmes permet une sorte de description de l'image iconique par découpage reposant sur des unités signifiantes préalablement définies. C'est le rôle joué par les iconèmes. Nous estimons que le découpage iconémique est une source d'enrichissement de la sémantique (graphique), les iconèmes pouvant être inféodés à des concepts dans une ontologie formelle. Ils constituent un point de départ pour l'uniformité iconique et sémantique de concepts dans ce domaine de la MT en partant d'une ontologie formelle.

4.2.3 Constance de l'icône

L'icône permet à deux personnes ne pratiquant pas les mêmes langues de communiquer, d'échanger et même de se comprendre.
A travers la figure 4.1, on a l'unicité iconique qui transcende espace, temps et contexte multilinguiste (de langues vivantes opposées à celles en extinction ou mortes). Plus que l'immédiateté, l'icône renvoie spontanément son utilisateur à l'objet dont elle fait référence. L'icône est la même car persistante, atemporelle. Comme propriété immanente, elle demeure constante. Ce qui n'est pas le cas de certains langages terminologiques (naturels (écrit, oral), semi-formels).

Lorsque le langage naturel est appris par deux personnes, puis est utilisé par celles-ci, il donne une compréhension à caractère immédiat. Il peut en être de même pour la compréhension partagée d'une icône.

Toute perception par la vue est renvoyée en une image ou représentation mentale. C'est à partir de cet instant que l'interprétation commence. Pour D. Le Breton, la perception [2] n'est pas une coïncidence, mais une interprétation. Les images iconiques fixes sont celles concernées par nos travaux présents. Les images

1. http ://www.signosemio.com/klinkenberg/index.asp 2017
2. https ://fr.scribd.com/document/348324354/semiologie-vp-pdf consulté en 2015

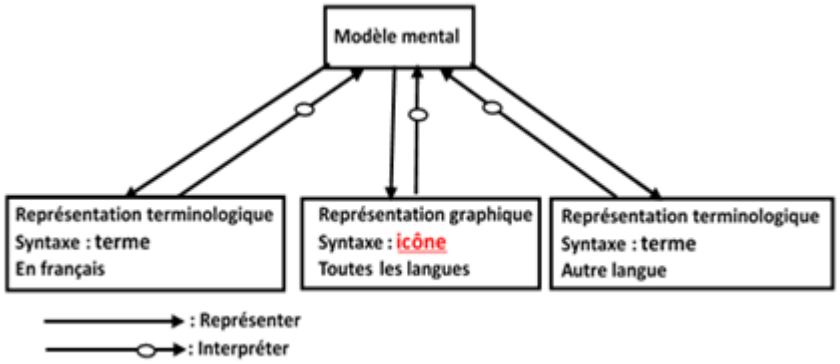


FIGURE 4.1 – Caractère persistant et inchangé de l'icône

mobiles ou filantes en sont exclues. Ainsi, nous nous limiterons ici aux icônes visuelles, et nous laisserons de côté les icônes sonores ou gestuelles.

4.2.4 Exemple d'icônes

Quelques exemples d'icônes, d'images iconiques ou de pictogrammes dans notre vécu quotidien, sont donnés à travers les tableaux 4.1 et 4.2.

4.3 Icône et communauté

L'intérêt premier de l'image en général et en particulier de l'icône est l'atteinte du but sémantique par ce qu'il y a de vraiment essentiel en matière de représentation. Se rapportant à l'intelligibilité de l'homme, l'icône par son usage, pousse à l'atteinte de la compréhension par la simplicité. Ainsi, elle donne la possibilité à l'homme de se connaitre et comprendre son environnement de vie, puis celui du monde et de l'univers.
"Un dessin ou un bon croquis vaut mieux qu'un long discours" est une pensée de Napoléon Bonaparte 1er [3], qui connaît un regain croissant en popularité de nos jours, depuis l'avènement de "l'ère de l'information" et du web, et mieux actuellement, de "l'ère de l'iconique ou de l'iconicité".

Whiteside [239], a soutenu et montré la supériorité de la communication iconique et pictographique sur la communication textuelle et orale dans le dialogue homme et machine.

Par exemple, dans sa conception d'un langage iconique pour des personnes malades en vue de rompre avec l'isolement médical et relationnel du patient, Brangier [46] a retenu 84 icônes les plus régulières parmi celles réalisées par des sujets malades d'aphasie pour représenter une centaine de phrases qui leur sont familières dans leur lieu d'hospitalisation. Ces icônes sélectionnées sont remises à la disposition de 38 autres sujets. Ces derniers suite à l'écoute de la centaine de phrases prononcées, doivent faire correspondre chacune d'elles avec une ou plusieurs icônes. "je voudrais aller au fauteuil.", "merci.", "je voudrais me brosser les dents." et "j'ai froid." sont entre autres quatre exemples de ces phrases. Les scores obtenus de l'interprétation des icônes varient entre 0 et 100%. C'est une technique simple qui prouve la possibilité

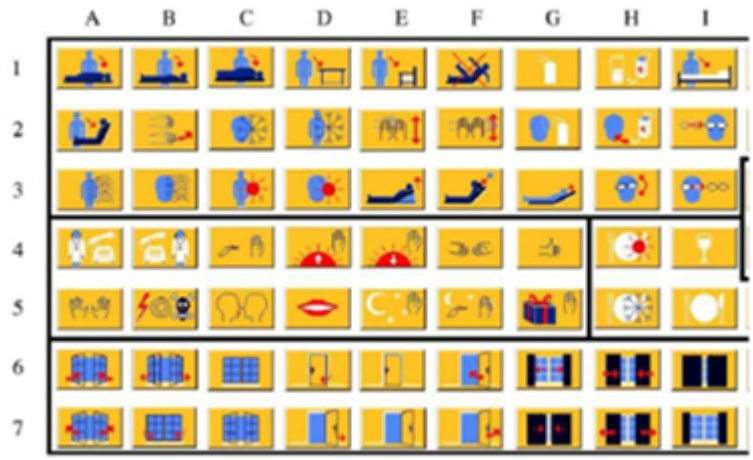
3. https ://www.histoire-pour-tous.fr/histoire-de-france/3436-napoleon-ier-empereur-1769-1821.html consulté en 2014

Concept	**Représentation du concept (image, image iconique, image pictographique)**
feuilles, fruits et fleurs de neemiers (azadirachta indica)	
ange Saint Michel	
interdiction de tourner à gauche	
carrefour giratoire	
social media indication	
raccourcis accompagnés de texte (environnement MS Windows)	
centre de santé	

TABLEAU 4.1 – Exemples, d'images, de pictogrammes et d'icônes

Concept	**Représentation du concept (image, image iconique, image pictographique)**
configuration de téléphone portable	
soleil brillant à l'aube	
restaurant à mets	
Homme, homme et femme	
danger de mort	
interdiction de fumer	
toilettes publiques	
paludisme	

TABLEAU 4.2 – Exemples, d'images, de pictogrammes et d'icônes (suite et fin)



Position	Intitulés : Posture, confort physique	%
F3	Pourriez-vous placer un oreiller sous ma nuque ?	100
I1	Je voudrais aller au lit	97,3
H2	Je voudrais prendre mes médicaments	93,7
I2, I3	Pourriez-vous me mettre ou m'enlever mes lunettes ?	93,7
G3	Pourriez-vous me remonter dans le lit ?	81,8
C3	J'ai chaud	81,4
H1	Je voudrais prendre mes médicaments	75,8
E3	Pourriez-vous lever mon dossier ?	72,7
E1	Je voudrais aller au fauteuil	72,7
D2	J'ai froid	72,7
C1	Je voudrais m'allonger sur le côté	54,5
H3	Pourriez-vous me replacer mes lunettes ?	54,5
G2	Pourriez-vous me passer le brumisateur ?	54,5

FIGURE 4.2 – Extraction d'un langage iconique pour les personnes handicapées aphasiques

de développer un langage iconique dans une communauté donnée. Pour une idée plus nette des icônes en rapport de correspondance à une suite de phrases, une extraction de ce langage iconique est donnée en illustration par la figure 4.2. C'est également une technique simple de validation d'un langage iconique.

L'icône peut revêtir un caractère universel [159]. Elle permet d'atteindre une certaine universalité via la ressemblance. Cette icône elle-même, éventuellement associée à son apprentissage, nous permettent d'arriver à une compréhension commune et consensuelle de la réalité dénotée par l'icône. Une même icône présente partout et accessible de partout permet également de partager la sémantique de l'information qu'elle véhicule au plan universel. A ce titre, les icônes sont à même de transcender les barrières linguistiques dans une communauté.

Mon expérience personnelle m'a montré qu'un illettré à qui on a appris à utiliser un téléphone portable (mobile), ou, plus clairement un individu à qui l'on a appris à utiliser les icônes de l'interface d'un téléphone mobile, arrive par la suite à se les approprier parfaitement (e.g : artisan rural de mon village qui n'a pas connu l'école). Même en changeant de téléphone, peu importe la marque, il arrive à en faire un bon usage (s'en servir).

Des individus illettrés ou non ayant des aires linguistiques différentes ou même avec des courants culturels distincts, des milieux et des vécus totalement différents, et qui notoirement n'ont aucune base commune linguistique, arrivent à communiquer par le biais des icônes, des images, des pictogrammes (e.g : signes dans les domaines scientifiques surtout en mathématiques et physiques, médecine, botanique, etc).

La standardisation des icônes dans certains domaines est très avancée et obéit à des normes ISO [233] : signes de panneau de circulation, signes des aéroports, signes des centres hospitaliers, signes de restaurations et hôteliers, signes agricoles, signe de sécurité, signes des issues de secours dans les bâtiments et les immeubles etc.

Cette force de l'image en général et de l'icône à travers le (ou un) langage iconique en particulier, peut devenir également sa faiblesse si elle n'est pas soutenue d'une part par un certain nombre de principes dans sa construction et dans son utilisation, et d'autre part par l'apprentissage aux fins de préserver sa sémantique au fil du temps.

4.4 Étude et décomposition des icônes

Dans cette section, nous présenterons rapidement différentes approches pour l'étude des icônes. Nous insisterons notamment sur ce qu'elles peuvent nous apporter lors de la conception de nouvelles icônes.

4.4.1 Sémiologie des icônes

La sémiologie ou sémiotique est la science qui étudie les signes, leur sens et la manière dont ils fonctionnent. Les icônes sont des signes visuels, et sont donc concernées. Un signe visuel est la réunion d'une perception rétinienne (œil) et de l'image mentale associée [4]. La perception rétinienne se rapporte en clair à quelque chose qu'on perçoit par la vue. La chose vue se retrouve (est projeté) sur la rétine puis transmise au cerveau.

Deux figures emblématiques ont marqué la sémiologie (la sémiotique). Il s'agit de Charles Sanders Peirce et Ferdinand De Saussure.

Dans le cadre de nos travaux, la sémiologie d'obédience peircienne a plus pesé, quand bien même celle de Saussure ne nous a pas fait défaut pour fortifier notre compréhension des signes (symptôme, icône, symbole, indice).
A travers [41], [68] et [233], Peirce présente le signe sous forme d'indice, d'icône ou de symbole (appelé le trichotome de l'objet) comme le montre plus explicitement le tableau 4.4.

L'analogie de l'icône vise la spontanéité de la reconnaissance (mieux la ressemblance spontanée) du référent à travers l'icône, puis de l'icône elle-même par les destinataires.

Il faut comprendre que celui à qui l'icône est renvoyée doit également recevoir un stimilus réactif (effet manifeste mais silencieux, effet visible ou vif dans le changement de comportement). Admettons cela sous le vocable de réactivité dans une tâche donnée. Cette analogie repose sur une convention apprise préalablement codant en correspondance associative l'icône et son objet. Le signe a un lien conventionnel avec son objet ou est reconnu à partir d'une norme apprise. C'est même le cas des langages oraux et écrits. Les trois types de signes de Peirce ont chacun leurs avantages, mais le signe iconique est préférable lorsque l'on recherche l'universalité.

4. http ://www.surlimage.info/ecrits/semiologie.html consulté en 2015

Types Peircéens de signe : (t**richotome**)	**Fonction**	**Description et exemple**	**Catégorie de signe**	**Relation à priori entre signifiant et signifié**
indice	contiguïté de faits	L'indice est un signe qui entretient un lien physique avec l'objet qu'il indique. E.g : la fumée pour le feu ou encore les nuages pour la pluie ; montrer le paquet de cigarette pour demander une cigarette, grattement à la porte permettant de comprendre que le chien manifeste d'entrer, signe *symptôme* d'une réalité complexe, bouton de furoncle, percevoir la queue du lion camouflé, le lion arrêté en face à 50 m de soi.	le signifiant est sur le même plan de réalité que son objet (référent).	identité (totale ou partielle)
symbole	fonctionnent par convention	Le symbole entretient avec ce qu'il représente une relation arbitraire, conventionnelle. Le signe symbolique rompt toute ressemblance et toute contiguïté avec la chose exprimée. E.g : le drapeau d'un pays africain, deux symboles en MM dont l'un exprimant la masculinité ou l'autre la féminité, la langue et le signe linguistique (syntaxe et lexique), le calcul mathématique.	le signifiant n'a pas de rapport autre que conventionnel avec son objet (référent).	aucune relation de ressemblance (symbole établi par pure convention, par loi, par habitude culturelle) pour référer un objet
icône	similitude	L'image est classée sous cette catégorie du fait qu'il y a un rapport d'analogie entre le signifiant et le référent. Les signes iconiques sont des représentations analogiques détachées des objets ou phénomènes représentés. e.g : l'icône d'une plante.	le signifiant ressemble à son objet (référent).	analogie, ressemblance

TABLEAU 4.4 – Types peircéens de signe

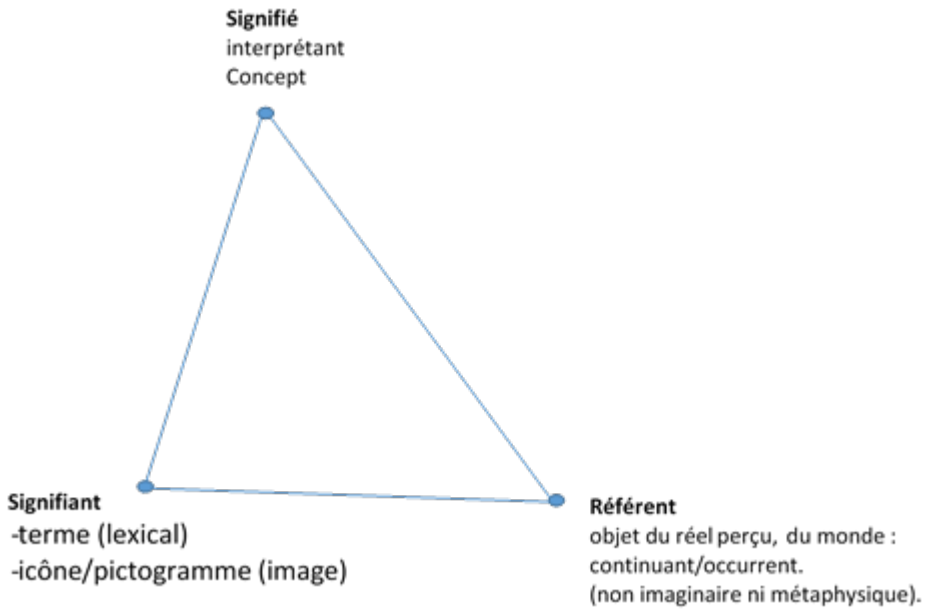


FIGURE 4.3 – Triangle sémiotique de base selon Peirce

NB : En outre, autour de ces trois types percéens de signe (indice, symbole et icône), il manque un consensus entre sémioticiens (Peirce, Hegel, Wallon, Jung ...) selon [31]. En lieu et place de ces trois types peircéen (indice, symbole et icône), certains de ces sémioticiens excepté Peirce lui-même, parlent encore de signal, indice, icône, symbole, signe et allégorie [31]. Cette contradiction nous réconforte dans notre choix : icône. Nous admettons ainsi icône pour supplanter l'ensemble de ces termes (signal, indice, icône, symbole, signe et allégorie). Icône est donc suffisamment acceptable pour le langage iconique envisagé dans le cadre de nos travaux.

Relativement à son alphabet, les symboles de la langue française (langue parlée et écrite), ne sont pas des images. Nous parlons de terme quand le symbole est utilisé. Ce sont ces termes, les signifiants que nous dressons "canoniquement" en classes (concepts axiomes avec consensus) en LDs, inspirés des symboles logiques et mathématiques.

Selon C. Peirce S., un signe a trois dimensions de compréhension à savoir son objet, son icône et son interprétant. Saussure en a une perception double : signifiant et signifié. Nous optons pour le signe Peircien pour son aspect plus pragmatique.

4.4.2 Triangle sémiotique

Nous présentons succinctement le triangle sémiotique (ou sémiologique) au sens de S. C. Peirce, formé par les concepts clés : signifié, signifiant et référent (voir figures 4.3 et 4.4).

Ces concepts clés sont explicités dans ce qui suit.

- le référent est un objet concret ou imaginaire de la réalité observable. Il a des caractéristiques propres. Il peut devoir son existence à l'assemblage d'autres objets. Il peut être immatériel comme un sentiment, une émotion, un concept abstrait (une vitesse, liberté, grandeur, ...). Peuvent être substitués au terme référent les éléments objet, fait, individu, observable. Ce sont des continuants

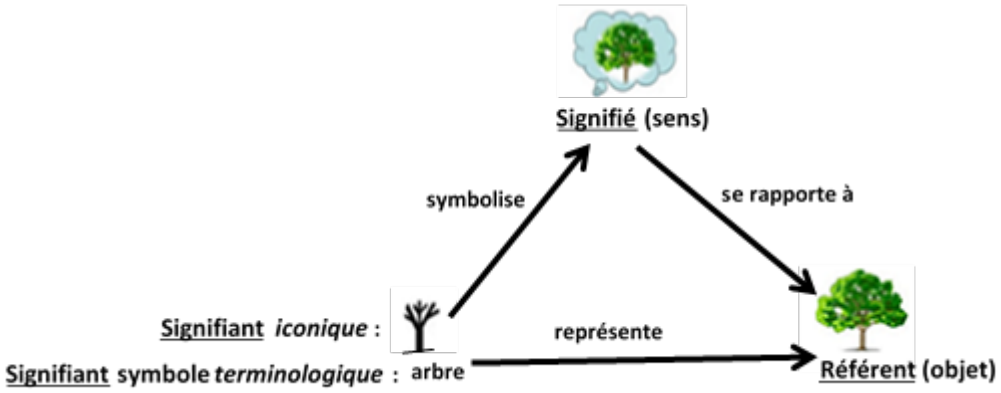


FIGURE 4.4 – Triangle sémiotique signifié-signifiant-référent de Peirce inspiré de [118]

(endurants) et occurrents (perdurants). Ils sont des objets abstraits ou concrets (matériels) sous un autre prisme.

- Le signifié est le sens qu'on donne aux choses. Il est une abstraction qui se rapporte au référent faisant partie de la réalité. On peut parler du monde mental ou du concept. C'est l'idée qu'on se fait de quelque chose de tangible ou d'immatériel. Le signifié fait partie de la réalité subjective. Il peut être remplacé par idée, interprétant, modèle mental. C'est le concept [236], l'image mentale, une représentation générale et abstraite d'un objet jouant le rôle de relais entre le signifiant et l'objet.
- Le signifiant est une chose de la réalité objective qui a la fonction de représenter, de dénoter un référent. Dans l'exemple donné sur la figure 4.4, on a le signe graphique (croquis ou icône d'arbre) ou signe terminologique (arbre) qui représente spécifiquement un arbre et symbolise le concept "arbre". Mais les signes ne renvoient pas directement à la réalité mais passent par l'intermédiaire des signifiés. Le signifiant est de même dit representamen.

Pour Peirce, un signe, est "quelque chose qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose sous quelque rapport ou à quelque titre" ([118]). Nous donnons l'exemple d'une plante avec un signifiant symbolique (ou terminologique) qui est "arbre" et un signifiant graphique, la "silhouhette arbre" qui est un pictogramme (cf figure 4.4).

L'analogie poursuivie par Peirce entre le signe iconique et son référent, constitue un support solide à celle de Carlos [52] qui considère la trilogie de stratégies de représentation dans les icônes. Ces trois stratégies sont :

- la similarité visuelle ou analogie ;
- l'association sémantique ;
- la convention arbitraire nécessitant un apprentissage préalable (e.g : drapeau d'un pays).

Pour représenter iconiquement des concepts concrets, c'est à dire des objets matériels, la similarité visuelle (analogie) est la stratégie qui semble la plus appropriée. Pour les concepts abstraits (pensée, processus, activité, ...), la règle d'association sémantique est plus appropriée à appliquer pour leur représentation iconique, suivi de la règle de convention arbitraire.

Tout icône ou tout iconème est réalisé par application d'au moins une de ces trois règles.

Lois de la théorie du Gestalt (GestaltThéorie)	Expression	élément de connaissance de forme de base
loi de proximité ou de la régularité	Des élément proches sont plus facilement perçus comme appartenant à une forme commune que des éléments éloignés	
loi de similarité (ou d'égalité)	des éléments de la même forme ou de même taille sont plus facilement vus comme appartenant à une même forme d'ensemble	
loi de bonne continuation	on a tendance à naturellement continuer de façon rationnelle une forme, si elle est inachevée	
loi du destin commun	les choses et les points qui se déplacent selon une même trajectoire apparaissent groupés dans une même forme	
loi de fermeture	une forme fermée paraît plus prégnante qu'une forme ouverte qui ne constitue pas réellement une forme tant qu'elle reste incomplète	

TABLEAU 4.5 – Cinq (5) lois émanant de la Gestalt

4.4.3 Théorie de la Gestalt

Pour mettre en œuvre la similarité visuelle dans les icônes, il est important de pouvoir expliquer quelles formes globales seront perçues dans l'icône, et le cas échéant dans les iconèmes qui composent l'icône elle-même.

Cette manière de procéder est inspirée de la Gestalt [5]. Selon [236], la Gestalt signifie "mettre en forme, donner une structure signifiante". Plus explicitement, en parlant de Gestalt, il s'agit d'un ensemble structuré où chaque élément, chaque processus ne peut s'envisager que dans son rapport au tout. La théorie de la Gestalt propose des lois pour expliquer pourquoi certaines formes sont perçus au détriment d'autres formes. Ces lois ont notamment été appliquées à la perception visuelle. La Gestalt beaucoup utilisée dans les sciences cognitives comme en psychologie et les arts plastiques (image et dessin) et bien d'autres.

Pour exemple, la même table prend une signification différente selon qu'elle est recouverte de livres et de papiers, ou d'une nappe et de feuilles séchées de plantes (sa "Gestalt" globale ou d'ensemble a changé). Cinq lois émanent de la théorie structurale de la Gestalt que nous présentons dans le tableau 4.5.

4.4.4 Propriétés des icônes

Suite aux trois types de signes et aux cinq lois du gestaltisme, nous pouvons ajouter d'autres critères importants à considérer lors de la conception d'icônes : les cinq normes d'intérêt de l'image iconique.

5. s http ://bounie.polytech-lille.net/multimedia/multimedia.htm

Cinq propriétés doivent donc être considérées lors de la conception d'icônes [159] :

- Par *simplicité/complexité*, il faut entendre la non surcharge de l'icône ;
- Le *pragmatisme* iconique, consiste à rendre opérationnelle et pratique l'utilisation de l'icône. Ceci est lié à la propriété précédente mais surtout le long texte iconique est à éviter. Quel est par exemple le nombre d'iconèmes (d'icônes également) maximal, acceptables dans une icône. Par exemple combien d'icônes de plantes à admettre dans l'icône d'une recette voire d'un remède traditionnel. Les icônes de posologies, contre associations (ressources médicinales plantes), contre indications (contre état patient (jeune, adulte, genre, femme en grossesse)) sont concernées par ce même type de questionnement. Comment maintenir la spontanéité, l'immédiateté à tout point de vue (degré de modularité et grain convenable) ;

- *Familiarité* de l'icône avec l'utilisateur ;
- Le *sens* donné à l'icône ;
- la *distance sémantique*. C'est le caractère relationnel et fermé (hermétique) qui lie l'icône à l'objet représenté par cette icône. Il y a notoirement le degré d'évidence de la reconnaissance de l'objet par l'intermédiaire de l'icône. Il s'agit simplement de la similarité. C'est une distance qu'on voudrait faire tendre vers zéro[159].

4.5 Exemples de langages iconiques

Les tentatives de disposer au plan scientifique d'un langage iconique ne sont pas nombreuses et encore moins d'un langage iconique véritable.

Néanmoins, nous décrivons quelques exemples de langages iconiques dans ce qui suit.

- En 1906, le suisse Ferdinand de Saussure, un linguiste, a initié une sorte de langage iconique dénommée image fonctionnelle ou signe-fonction à but de science générale des signes, avec les apports concertés du scientifique mathématicien Shannon, et de l'anthropologue Lévi-Strauss et toute la linguistique. La sémiotique prend en considération la manière dont les signes sont utilisés pour désigner les choses et les états du monde [233].
- Le langage Bliss [147] est une sémantographie [46], composée d'une centaine de symboles pictographiques et d'idéogrammes (inspirés du chinois) et des symboles arbitraires lors des années 1942 à 1965. Bliss eût la ferme volonté d'aboutir à une langue universelle au sens du rêve d'un symbolisme également universel de Leibniz. Bliss créa l'iconicité comme l'organisation structurelle de l'expression reflétant le contenu. Dans cette organisation chaque signe doit ressembler à la chose à laquelle il renvoie. Contrairement à son prédécesseur Wilkins, Bliss vise un langage qui n'exige aucun apprentissage. Cependant, les symboles graphiques ne peuvent pas représenter certains concepts abstraits (comme la négation) sans faire appel à des conventions qui doivent être apprises. Face au caractère universel assigné au langage Bliss, l'impasse a pris le dessus. Son utilisation a fortement diminué d'échelle pour se limiter aux enfants souffrant d'IMC (infirmité moteur cérébrale).
- L'isotype (International System Of Typographic Picture Education, traduit en français par Système International d'Éducation par les Images Typographiques) [28] [183] fonctionne pareillement au langage de Bliss, mais les icônes sous forme de pictogrammes sont plus représentatives des objets représentés. Ces icônes ont des traits caractéristiques des objets qu'elles représentent (voir figure 4.5).

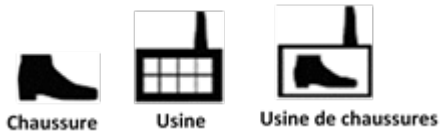


FIGURE 4.5 – Isotype de Neurath (1882-1945), un exemple de symboles et de combinaison symbolique

- Comme mentionné précédemment, Brangier [46] a proposé un langage iconique pour des personnes aphasiques en vue de rompre avec l'isolement médical et relationnel du patient. Pour une idée plus nette des icônes en rapport de correspondance à une suite de phrases, une extraction de ce langage iconique est donnée en illustration en figure 4.2.
- Le langage iconique médical VCM (Visualisation des Connaissances Médicales) de Lamy [141], il intègre trois types de primitives graphiques : couleurs, formes géométriques (rond, carré, triangle) et pictogrammes (formes plus complexes). Ce langage iconique permet de représenter les principaux concepts médicaux : symptôme et diagnostic du patient, antécédents médicaux, risques futurs, traitements, examens, ... VCM a été utilisé dans plusieurs applications médicales : dossiers patients hospitaliers et en médecine générale, consultations de guides de bonnes pratiques cliniques ou de documents listant les propriétés des médicaments, moteurs de recherche médicaux, ... Ce langage n'a pas pour objectif de remplacer le texte (comme le cherchait Bliss), mais plutôt d'enrichir le texte pour faciliter le repérage et le filtrage visuelle pour faciliter la recherche d'information dans un texte. Une évaluation sur un petit groupe de médecins a montré que VCM permettait d'accéder deux fois plus rapidement à l'information, tout en faisant deux fois moins d'erreurs [142].

4.6 Langages iconiques formalisés

Nous abordons ici, la notion de langage et la mise en relief de deux langages iconiques formalisés existants. Deux langages iconiques formels ont été réalisés avec des niveaux de formalisation différents. L'un est de Kuicheu moins formalisé que l'autre, celui de Lamy ayant fait l'objet de validation.

S'agissant de Kuicheu [138], il a réalisé IcOnto, une ontologie d'icônes du domaine de la MT au Cameroun en Afrique centrale. Il se fonde sur une définition algébrique de l'icône X via un couple X(a, b) dont la première composante est le sens (logique) et la deuxième l'image (physique). Dans ce système icOnto, on a la possibilité de passer par traduction d'une phrase en langage naturel à une phrase iconique dans le langage iconique.

Le cheminement d'obtention ou simplement la provenance des images ou icônes n'est pas explicité. Le choix des icônes est très intuitif. On a en plus des icônes de standing différent : il y a des icônes en image photo réaliste (plante "centella") et d'autres en dessin ("soleil levant" ou matin).
Relativement aux travaux de Lamy [143], VCM est formalisé et validé. VCM est fondé sur trois types de primitives (cf figure 4.6) : les pictogrammes, les couleurs et les formes géométriques. La formalisation se fait à l'aide de trois ontologies : une ontologie des icônes qui décrit les icônes et leurs composants, une ontologie du domaine avec les concepts représentés par les icônes, et une ontologie de correspondance (la troisième) qui fait le lien entre les deux précédentes. Cette dernière ontologie ne contient aucune nouvelle entité, mais uniquement des contraintes portant sur la relation "icône représente concept / concept est-représenté-par icône".

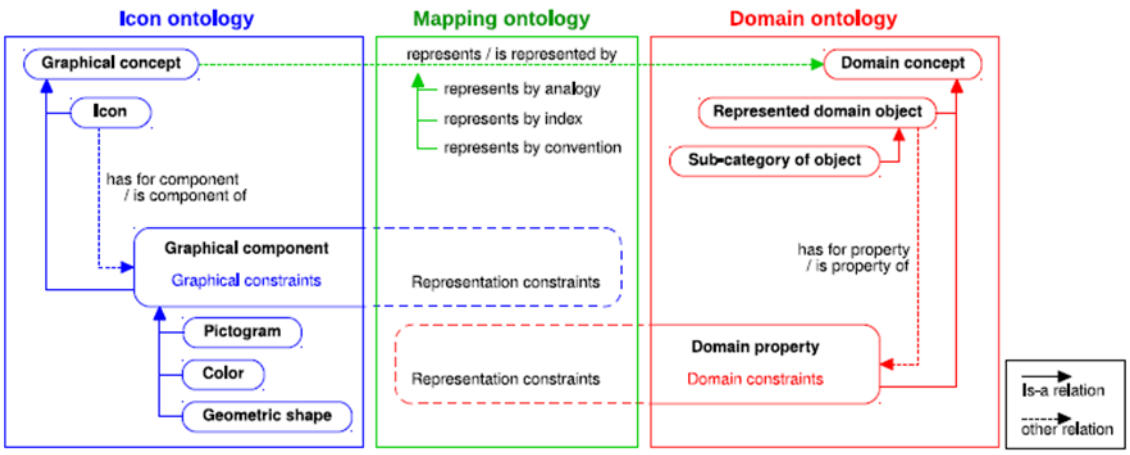


FIGURE 4.6 – Structure générale de l'ontologie iconique de VCM

4.7 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons présenté les icônes et les langages iconiques à différents stades de formalisation. Parmi ces langages, celui de Lamy connait un niveau de formalisation suffisant et est validé dans le domaine de la MM. Nous avons vu que les icônes ont une dimension "universelle". Elles rendent possible la communication au-delà des barrières linguistiques et de l'analphabétisme. Cette dimension universelle serait très utile dans le contexte de la MT, car nous avons montré au chapitre 2 les difficultés rencontrées dans cette MT : l'insuffisance de formation des PMT, la perte des connaissances à la mort d'un PMT, l'absence de cadre d'échange sur les connaissances et expériences, tout cela dans un contexte d'analphabétisme important, de multilinguisme (1127 langues locales) et de transmission orale.

En conséquence, nous nous donnons pour objectif de construire un langage iconique dans le domaine de la MT. Puisque notre objectif est l'universalité, nous utiliserons au maximum des signes iconiques pour la définition de notre langage iconique. Notre centre d'intérêt étant principalement le traitement d'un patient, nous avons jugé utile de démarrer l'amorçage de ce langage iconique par les plantes, ressources les plus significatives utilisées en MT pour l'offre de soins de santé primaires. Le grand nombre de concepts, et notamment d'espèces de plante, utilisés en MT justifie que nous nous orientons vers un langage iconique et non vers une simple collection d'icônes indépendantes.

La complexité de l'image et de la construction du langage iconique d'une part, et la nature même du domaine de santé humaine (via la MT), une question délicatement sensible d'autre part, imposent une construction **progressive, incrémentale**, **rigoureuse** et **consensuelle**. De plus, afin de formaliser le langage iconique à concevoir, nous l'adosserons sur une ontologie formelle de la MT. Ce travail aboutira donc à une approche d'ontologie visuelle.

Chapitre 5

OntoMEDTRAD : vers une ontologie de la médecine traditionnelle africaine

Sommaire

5.1 Présentation et architecture globale du système envisagé : sysMEDTRAD . . 91
5.2 Notre méthodologie 95
5.3 Étapes de construction de notre ontologie 103
5.4 Spécifications des besoins 106
5.5 Conceptualisation 115
5.6 Concepts présents dans des ontologies ou ressources déjà existantes 119
5.7 Formalisation 122
5.8 Synthèse 134

Nous cherchons à construire un cadre idéal pour les praticiens de la MT (PMT), afin de partager, mutualiser, co-construire et sauvegarder les connaissances, les acquis et expériences de la MT. Nous appellerons ce cadre sysMEDTRAD, pour système de gestion des connaissances de la médecine traditionnelle. Sa composante principale sera ontoMEDTRAD, une ontologie de la MT. Cette ontologie comprendra une partie terminologie, ontoCONCEPT-Term, et une partie iconique contenue dans ontoICONE. Le chapitre actuel a pour objet ontoCONCEPT-Term, et la composante iconique fera l'objet principalement du prochain chapitre.

Cette ontologie constituera l'épine dorsale fournissant la référence des objets et leur sens pour la communication entre les machines, et également entre ces dernières et les humains (notamment les tradi-praticiens, PMT). L'adhésion au projet de cet endogroupe de PMT est garantie par leur implication en amont, au milieu et en aval dans tout le processus. C'est avec tact que cette adhésion a permis également de faciliter les entretiens en profondeur et de façon étendue malgré la réticence et le caractère réservé très manifeste dont certains PMT ont du mal à se défaire. A l'instar des bases de données, une fois l'ontologie en phase d'utilisation et répondant aux fonctionnalités applicatives initiales pour lesquelles elle est construite, la possibilité de l'émergence de nouvelles fonctionnalités est grande.

Une ontologie définit les termes et concepts (sens) utilisés pour décrire et représenter un domaine de connaissance. La compréhension de chaque concept dans une ontologie est d'importance capitale en vue de le définir rigoureusement et d'en investir la sémantique idoine. Il s'agit par cette nouvelle technique mettant en avant la sémantique des objets modélisés, de permettre aux machines d'aller au-delà des formes classiques de comparaison de ces objets dans leur manipulation et recherche, pour prendre désormais en compte leur sens. Cependant, l'ontologie vue comme une taxonomie ou une terminologie à l'image d'un dictionnaire intelligible par l'ordinateur, même vraie, peut entrainer des bribes d'incompréhension. Toute la sémantique du réel ne peut pas être vidée ni en machine ni humainement, elle nécessiterait une description considérable voire infinie. L'enrichissement sémantique se veut alors continuellement graduel. Cette étanchéité de la sémantique se fortifie et se complexifie avec des conventions sociales, historiques et culturelles pesantes. En outre, le niveau sémantique atteignable dite formelle actuellement permet déjà de répondre à de nombreuses attentes.

Enfin, la MT présente des caractéristiques particulières : il s'agit d'un savoir fortement tacite et gardé secret par les PMT. Très peu de travaux ont porté sur la modélisation de la MT, en dehors d'ontologies restées embryonnaires. En comparaison avec la MM (chapitre 2), nous avons deux formes de médecine qui diffèrent beaucoup dans les concepts qu'elles manipulent. Pour toutes ces raisons, la réutilisation automatique des ontologies et RTO existantes de la MT ou de la MM ne semble pas être indiquée. En revanche, leurs politiques, leurs stratégies, leurs méthodologies et méthodes de construction peuvent nous être utiles. Dans la suite du chapitre, nous indiquerons les éventuels concepts réutilisés dans ontoMEDTRAD et les RTO et ontologies dont ils sont issus.

5.1 Présentation et architecture globale du système envisagé : sysMEDTRAD

Les acteurs et les composants modulaires de systMEDTRAD sont mis en évidence. Leurs corrélations et leurs fonctionnalités s'explicitent aisément en conséquence.

5.1.1 Cartographie globale des acteurs et des utilisateurs

Les acteurs principaux sont les PMT et les patients. Les PMT ont un rôle de première ligne. L'objectif des cas d'utilisation relatifs aux PMT est essentiel. L'acteur patient jouent un rôle secondaire. Selon le statut du patient (personne âgée, mineur, femme en état de grossesse), ou son état lié à la gravité de la maladie, le patient peut être accompagné par une personne (accompagnant humain) : le garant. Cet acteur suppléant est optionnel. Ce dernier peut apporter des réponses en compléments des indices (symptômes, signes), de la maladie, des soins reçus qui sont propres au patient. Nous nous concentrons véritablement aux cas d'utilisations de ces principaux acteurs. Bien avant, le tableau 5.1 montre la cartographie des acteurs et utilisateurs.

Les PMT sont les porteurs des connaissances de la MT dont nous cherchons à construire l'ontologie ontoMEDTRAD. Les résultats qui découlent des travaux liés aux experts du domaine de la communauté des PMT devront constituer une base à partir de laquelle doivent émerger plusieurs applications à même de faire également face aux attentes des acteurs secondaires.
En conséquence, nous nous focalisons sur les PMT et le patient, et principalement sur les PMT, acteurs avec lesquels nous avons eu plusieurs rencontres physiques et déterminantes.

5.1.2 Quatre composants essentiels de SysMEDTRAD

L'architecturale envisagée pour sysMEDTRAD [19] est présentée via la figure 5.1. C'est un système à quatre composants :

- L'infrastructure conceptuelle : Elle résulte de la première abstraction (*abstraction 1* dans la figure 5.1.). Elle englobe les concepts sur les sources de connaissances partant donc du réel vivant et naturel relatif à la MT.
- ontoMEDTRAD : Il résulte de la deuxième abstraction (*abstraction 2* dans la figure 5.1.). Il renferme les ontologies ontoCONCEPT-Term (terminologique) et ontoICONE (mi-terminologique et mi-iconique), toutes de ontoMEDTRAD. Le DNI, dépôt numérique des iconèmes et des icônes, est la partie iconique de ontoICONE.
- Le Wiki sémantique : Le déploiement de ontoMEDTRAD dans un wiki sémantique est celui de ontoCONCEPT-Term suivi de celui de ontoICONE en tenant compte des concepts en partage. Ce wiki obtenu est extensible à l'intégration d'autres communautés socio-professionnelles à l'image de SIOC [1].
- La cartographie des acteurs : Les acteurs principaux (dont les PMT comme utilisateurs avancés, experts du domaine de la MT), les acteurs secondaires (ceux de type 1 et ceux de type 2). Ils sont tous de potentiels utilisateurs.

Un aperçu fonctionnel du fond organisationnel continu de la mémoire de la MT supporté par ontoMEDTRAD, est succinctement illustré via la figure 5.2 au sens de Dieng [80]. Les connaissances de l'expert y sont décrites comme étant spécifiques au domaine de la MT, idiosyncratiques, organisées en schémas fonctionnels, flexibles et en partie tacites. On a des travaux continus d'élicitation et d'explicitation (de tacite,

1. SIOC : Semantically Interlinked Online Communities

Catégories	Acteurs	Description de la fonction dans sysMEDTRAD
Acteurs principaux primaires	**PMT**	Dépositaires des connaissances de le MT. Premiers bénéficiaires du système pour l'exercice de l'art médical traditionnel ([19] amélioré en 5.1)
	Patient	Le patient est interrogé et ausculté par le PMT, pour déterminer la maladie. Le patient est bénéficiaire via l'amélioration de l'offre de soins de santé de la MT.
	Garant ou Entourage Patient	Selon le degré ou la gravité de la maladie du patient, ou encore de l'état du patient (personne âgée, enfant, femme en grossesse en état critique), il est accompagné par une personne adulte, responsable.
Acteurs secondaires type 1 (Expert en informatique et TIC)	Expert ontologiste (ingénierie des connaissances et des ontologies formelles)	Maintenance de ontoMEDTRAD
	Expert en web sémantique et wiki triplestore	Déploiement de ontoMEDTRAD dans un wiki sémantique
	Infographistes expert, designer	Amélioration des icônes
Acteurs secondaires type 1 (Experts mais pas en informatique et TIC)	Botaniste	Connaissances de la botanique (plantes), bien qu'elle n'en constitue pas la source principale
	Faunisticien	Connaissances de la faune physique des animaux
	Médecins de la MM	Pour la validation (en plus de celle des PMT)
Acteurs secondaires type 2 (simples utilisateurs)	Enseignants (TIC, Biosciences, ...)	Utilisateurs finaux
	Apprenants (Étudiants, ...)	Utilisateurs finaux
	Grand public (usages populaires, ...)	Utilisateurs finaux

TABLEAU 5.1 – Cartographie des acteurs et utilisateurs

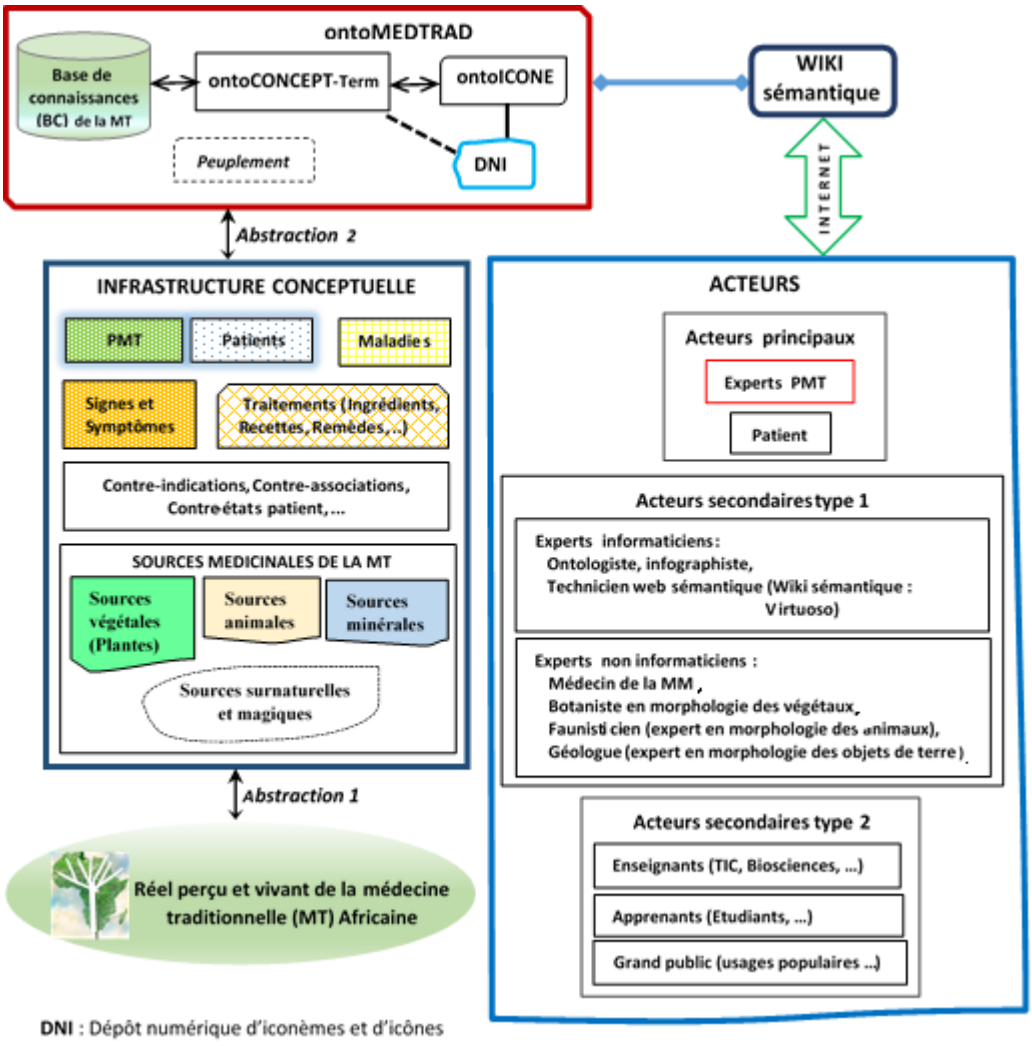


FIGURE 5.1 – Vue synoptique et architecturale de sysMEDTRAD

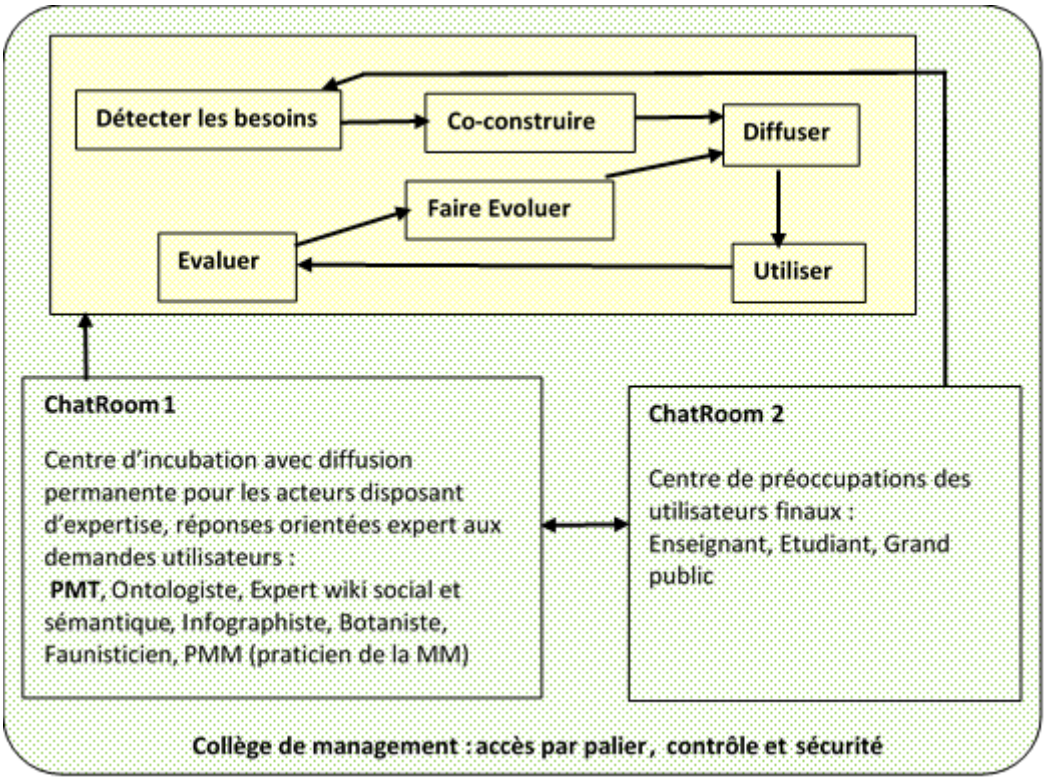


FIGURE 5.2 – Fond organisationnel des connaissances et des expériences continu de la MT pour les PMT

implicite à explicite), de voting [191], de pré-conceptualisation, de conceptualisation, de formalisation, de déploiement, d'intégration, d'opérationalisation et d'arrêtés décisionnels.

5.2 Notre méthodologie

Nous avons fait le choix d'une démarche méthodologique inspirée à la fois des trois points suivants :

1. des méthodologies de construction d'ontologies en général et notamment de Diligent, NeOn et OntoForInfoScience (section 3.3.1 du chapitre 3) ;
2. de notre expérience suite à la lecture des travaux sur les ontologies existantes. Cela nous a permis de déceler la manière dont elles sont construites quand bien même nous ne les réutilisons que peu voire pas du tout ;
3. de la mise en œuvre de plusieurs exercices pratiques de construction d'ontologies issus d'auteurs différents [89], [95], [104], [119], [168], [202], [205], [212], [222], [249].

Les grandes étapes de notre méthodologie sont : la spécification de besoins, la conceptualisation, la formalisation, l'implantation/implémentation, la maintenance.

L'étape de conceptualisation d'un point de vue hautement générique comprend la spécification des besoins. Ainsi, on a les sous-étapes afférentes suivantes :

– l'expression de besoins : cibler et circonscrire le domaine du discours, spécifier les besoins ;
– les questions de compétences (questions pilotes) : définir le but de l'ontologie ;

– les procédés de recherche et d'acquisition de données, des informations et des connaissances auprès des experts. On peut citer entre autres les entretiens et interviews, la revue documentation et l'exploitation des résultats de travaux de référence (publications et thèses), utilisation ontologies existantes, séminaires de sensibilisation et ateliers de formation et des techniques d'élicitation ;

– l'énumération des termes et leur assignation aux concepts ou vice versa. Cela va du glossaire des termes, du diagramme des concepts et des relations au dictionnaire plus détaillé des concepts.

De façon concrète, nous adopterons un processus itératif (avec des aller-retour) pour consolider la définition de chacun des termes recensés et qui émergent du domaine de discours. Cette définition consiste à assigner à chaque terme une fonction ou rôle dans l'ontologie future. Ceci motive le centre d'intérêt du concept portant le terme. A cela, il faut ajouter qu'il s'agit précisément d'assigner à un terme une seule des quatre (4) catégories considérées dans une ontologie formelle : classe (ou concept), relation, propriété, individu. Notons cet ensemble $\mathbf{T_O}$. On a donc : $\mathbf{T_O}$ = { classe, relation, propriété, individu }.

De manière progressive et itérative, les aller-retour consistent à combiner ou croiser les avis recueillis auprès des acteurs (notamment les experts PMT, lettrés ou illettrés) qui sont les dépositaires des connaissances de la MT. A ce titre, des interview réalisés ont été repris avec le même PMT sur le même sujet à des périodes d'intervalle de 4 à 6 mois, puis croisés.

D'autres sources ont été utilisées, nous les donnons dans l'ordre d'utilisation. Nous avons les sources écrites en médecine et biosciences (publications, thèses, documentation des programmes nationaux de promotion de la MT, de la documentation des ONG, ouvrages de librairies, ...). Nous avons aussi les sources web. Nous avons spécifiquement des sources en botanique (physicalité et morphologie des plantes). L'analyse croisée et le recoupement de plusieurs sources est une façon de s'assurer du bon choix fait d'une assignation de terme à un concept. Cela concourt à une vérification et aide à déterminer le terme de préférence ou le plus consacré dans le domaine de discours, puis ceux de second rang, pour un concept donné. Par exemple en MT, le terme "**Plante**" (Plant en anglais) est préféré à celui de "Végétal" bien qu'on s'adresse généralement aux ressources végétales.

Une fois que l'assignation des classes aux termes ou des termes aux classes est faite (en rapport à une interprétation minimale), nous passons à la pré-représentation à travers un diagramme de classes UML. Tout ceci permet d'avoir une première vue synoptique des classes et une idée plus nette de la façon dont se fera leur projection dans l'ontologie à partir de ce diagramme de classes. Il convient de noter que ce diagramme **n'est pas complet**, en particulier toutes les propriétés n'y figurent pas. Le plus important sur ce diagramme, ce sont les classes et leurs noms, puis les relations de classes (subsomption en terme d'héritage, et association entre classes d'individus).

Après la phase de conceptualisation, vient l'étape de formalisation, qui est réalisée au moyen d'un éditeur d'ontologies (comme Protégé). Plusieurs sous-étapes sont à noter lors de la formalisation, sans ordre précis :

– La hiérarchisation des classes sous forme arborescente (structure taxinomique) : Une fois que les assignations de termes sont faites, ceux qui sont devenus des classes vont subir un rangement hiérarchisé par la technique combinatoire des approches de top-down et du bottom-up ;
– La hiérarchisation des relations sous forme arborescente : Comme pour la hiérarchie de subsomption de classes (structure taxinomique), nous faisons de même pour les relations possibles entre classes ;
– La définition des classes définies (abouties) et des classes équivalentes : Nous faisons la distinction

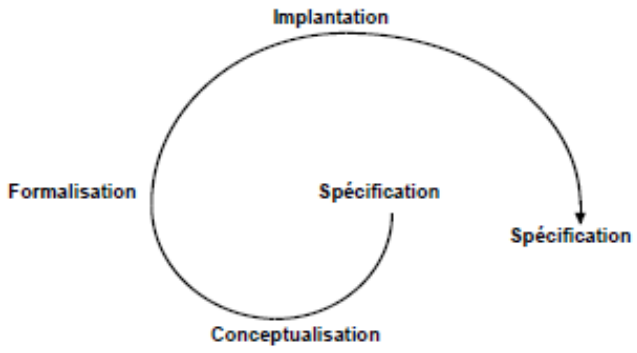


FIGURE 5.3 – Cycle de vie de construction d'ontologies (prototype général)

entre classe primitives, classes définies et classes équivalentes ;

- L'établissement des relations binaires (entre classes) : Il s'agit de vérifier l'effectivité d'accomplissement de la relation. Ensuite, s'il y a lieu de leur assigner à leur tour, les propriétés structurelles à deux niveaux notamment (1) et (2) suivants :

  - (1) : caractéristiques : réflexive, irreflexive, inverse, symétrique, asymétrique, transitive, fonctionnelle, inverse fonctionnelle ;
  - (2) : classe *source* et classe *image* respectivement qui sont *domaine* et *range* (domaine et range sont des propriétés de propriétés ou encore des propriétés de relations) ;
- L'établissement des propriétés de classe : Il faut vérifier la véracité et l'effectivité de la propriété de classe en assignant à cette propriété le domaine qui est la classe elle-même et le range (type natif qui peut être un littéral) ;
- La liste des axiomes.

Est un axiome, tout énoncé vrai manifestant un intérêt pour ce qui est décrit dans le domaine de discours. La liste des axiomes ne peut jamais être exhaustive. Certains sont évidents et ne nécessitent pas d'être transcrits. Quand il y a lieu de les formaliser, il faut le faire de sorte à soutenir par exemple la définition d'une classe (classe définie par opposition à une classe atomique ou primitive). Les classes primitives sont dites évidentes ou atomiques. Elles s'appuient en réalité sur des axiomes dont la notation, la transcription ou la spécification n'est pas nécessaire (trivial et vrai). Les axiomes à marquer s'apparentent à des règles de gestion relatives aux entités de l'ontologie. Les axiomes peuvent avoir un but descriptif, et alors restreindre ou contraindre une classe, une relation, une propriété, un individu, ...

Avec axiome comme une des catégories possibles dans $\mathbf{T_O}$, $\mathbf{T_O}$ déjà défini, devient alors : $\mathbf{T_O} = \{$ classe, relation, propriété, individu, axiome $\}$.

L'étape de formalisation consiste à transcrire ce qui précède dans un langage plus formel (tel que OWL) que celui utilisé lors de la conceptualisation (tel que UML).

Notre méthodologie se fonde sur les prototypes de cycle de vie (cf figures 5.3 et 5.4) inspirés de Methontology et surtout de ses points communs avec NeOn, Diligent et OntoforInfoScience.

Les activités de développement constituent le noyau de la construction de l'ontologie avec la possibilité de retour et de modification. C'est à dire, à chaque étape de développement, on a la possibilité de revenir sur

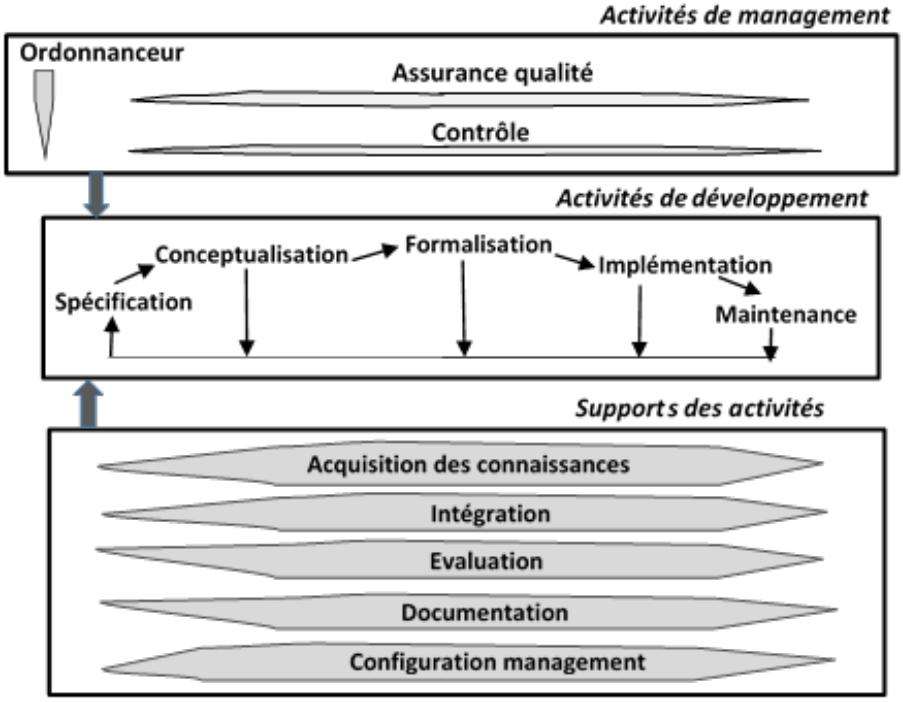


FIGURE 5.4 – Cycle de vie de construction d'ontologies (inspiré de Methontology) en phase avec Neon, Diligent et OntoforInfoScience

les décisions prises ou les résultats issus des activités précédentes. Ceci concourt à maintenir la cohérence et le consensus. Les activités supports (acquisition des connaissances de multiples sources dont principalement des experts du domaine, intégration, documentation, évaluation et configuration du management) ont lieu tout le long de l'exécution des activités de développement.

Récapitulatif des étapes de construction pragmatique d'une ontologie

La figure 5.5 présente un récapitulatif des étapes de construction pragmatique d'une ontologie, qui sont compatibles avec les figures 5.3 et 5.4. Au regard de cette même figure, excepté l'étape de circonscription (flexible) du domaine du discours pour l'initialisation du projet de construction d'ontologie, le sens des symboles à trois têtes de flèches (dont deux plus petites en arrière, et une plus grande en avant), exprime l'insistance sur les aller-retour, les emboitements cohérents et logiques. L'avancement est important mais avec cette possibilité de retour en vue de mieux aiguiller ou raffiner les solutions prises à chaque étape en cours pour entamer la prochaine. Après l'activité de peuplement de la ligne 3 (de la figure 5.5), nous avons l'exploitation (par la communauté des potentiels acteurs utilisateurs), la maintenance (l'évolution). Cette approche de développement concourt à assurer un consensus et une consistance certains à notre modèle. Des sauts sont possibles mais sur la base d'une évidence notoire des éléments de l'étape sautée. Dans le cadre d'un projet de développement complexe d'ontologie, il y a lieu de respecter méticuleusement les étapes et même d'y revenir. Dans ce contexte, il n'est pas toujours aisé ou même possible d'enregistrer l'exhaustivité des actes posés et des activités menées. A ce titre, on est tenu par une traçabilité en les décrivant succinctement et pour l'essentiel.

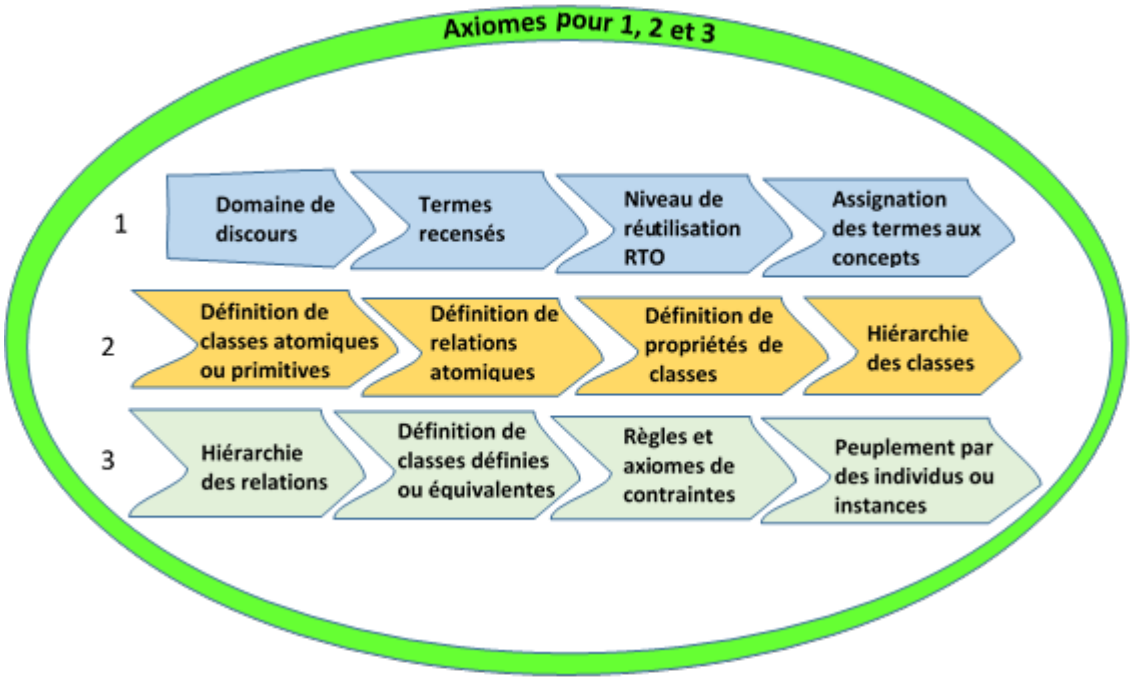


FIGURE 5.5 – Schéma récapitulatif des étapes de construction pragmatique d'une ontologie

Pré-conceptualisation

Nous appliquons notre méthodologie de construction à la MT, notre domaine de discours et de connaissances, dans le tableau 5.2.

Vu le domaine fortement tacite de la MT, dans le cadre de l'élicitation et de la conceptualisation, nous avons mis un accent particulier sur la contextualisation pour faciliter une compréhension en profondeur. Après quoi, nous décontextualisons pour généraliser. Ceci consolide la stabilité de notre modèle conceptuel. L'information contextuelle est compartimentée en sous contextes ou facteurs. Ici, les termes Class et SubClass sont à titre pré-conceptualisation et ne correspondent pas nécessairement à ceux de l'étape de formalisation ultérieure en OWL (cf tableaux 5.3 et 5.4).

Après élicitation, ce principe de contextualisation et de décontextualisation est la base à partir de laquelle nous obtenons notre modèle conceptuel (UML) dans les sections suivantes. Celle-ci a également fait l'objet d'une analyse croisée avec les sources multiples mentionnées à la ligne 3 du tableau 5.2.

Avec ce choix inspiré des descriptions faites des méthodologies de construction d'ontologies en général et spécifiquement de Diligent, NeOn et OntoForInfoScience, des travaux de construction pratique isolément menés en marge de ceux-ci et suite à notre propre expérience, nous sommes en mesure de construire notre ontologie OntoMEDTRAD de sysMEDTRAD.

Domaine de discours	Secteur : Médecine et santé humaine ; Domaine : MT Afrique de l'ouest Principaux experts de connaissances : PMT
Typologie des acteurs	PMT, experts de domaines de la MT, Traducteurs (guide-interprètes). Patient. Experts de domaines annexes : botaniste (physiologie et morphologie des plantes) pour la phase d'amorçage du langage iconique, puis après, faunisticien (physiologie et morphologie des animaux). Expert en informatique / TIC et dessin : Ingénierie ontologique et de connaissances, Infographiste, ingénieur expert en Wiki sémantique. Enseignant, Étudiant et population.
Sources d'information Ressources	Experts de domaines et traducteur Ouvrages de médecine moderne et de biosciences, publications, thèses traitant de la MT Documentation des programmes nationaux de promotion de la MT, des ONG, ... Sources web, Observation, Visite de terrain (jardin botanique), sites ou centres de MT (des PMT), étalage de ressources médicinales au marché, étalage à domicile, ouvrage de la description flore et faune
Elicitation	Réunions de sensibilisation pour adhésion, ateliers de formation et rencontres d'entretien, traduction par des interprètes entre le français et les langues locales, des aller-retour chez les experts à chaque niveau de notre construction.
Cycle de vie	Spécification, contrôle assurance qualité, management, Elicitation, conceptualisation, intégration, formalisation, implémentation, maintenance (évaluation peut être répartie à chaque fin d'étape), évaluation, documentation
Pratique de l'art médical par le PMT	Patient - Indice (symptôme et signe) - maladie - Ressources médicinales (Plantes, Animal, Minéral) - Recettes Remèdes.
Type de collaboration	Réparti et distribué avec les outils (téléphones, internet, messagerie, ...)
identification des concepts (classes)	UML (Diagramme des classes)
Ontologies existantes fondationnelles et noyau , et celles (non de référence en général et au stade d'embryon) de la MT de quelques auteurs isolés	Ontologies fondationnelles et noyau : OBO, PO, PSO. Spécificités de la MT sur l'utilisation directe des ressources naturelles (plantes, animaux, minéraux) pour les soins de santé primaires. Prise en charge du patient se démarquant de celle de la MM. Difficulté d'utiliser des ontologies de domaine émanant de la MM (cf Caractéristiques propres à la MT du chapitre 2, Description détaillée des cas d'utilisations du chapitre 5). ontologies de la MT de différentes régions du monde au stade d'embryon (Travaux relevant de la MT du chapitre 3).
détermination et définition des classes	OWL
arrangement taxinomique	OWL
Relations	Propriétés associatives entre entités
Propriétés	Propriétés littérales propres à l'individu lui-même
Taxinomie (Systématisation)	Nom scientifique des ressources végétales et animales détectées comme sources médicamenteuses de la MT
Peuplement de l'ontologie	inscription des individus propres à chaque classe
Rencontre des acteurs experts à certaines étapes pilotes de la construction	Approche épistémologique en vue d'aiguiller mieux et consensuellement la construction, partage des résultats
Banc d'essai et évaluation, détection des erreurs et les corriger	Sélection des attributs-valeurs par l'outil logiciel d'apprentissage et de classification WEKA (cf section "6.3.4 Sélection des critères" du chapitre 6)
Inventaire et émergence de formes de plante, des parties de plantes au vu de la diversité des descriptions botaniques (physicalité/morphologie), iconèmes	WEKA (classification supervisée), InkScape (cf section "6.3.5 Dessin des iconèmes et choix des couleurs" du chapitre 6)

TABLEAU 5.2 – Point d'ancrage pour de la construction de ontoMEDTRAD

Class	SubClass	Description (commentaire ou remarque)
Information contextuelle	Type de PMT (genre, âge et habitat)	Ils sont différemment abordés selon le genre, l'âge et le milieu (urbain-capitale, quartier huppé ou populaire, urbain-simple, rural, campagne
	Profile ou type professionnel	Herboriste (les plus nombreux) ; accoucheuse (matrone) Magico-religieux combinant (animisme, coran, bible, plante, argile blanche, tissus blanc, noir et rouge, ...)
	Expérience du PMT	De tous les âges après 16 ans.
	Pratiques de l'art de guérir	Observation d'une consultation d'un patient (enfant, adulte, personne de troisième âge, femme, homme), d'une préparation des médicaments (décoction avec de grosses marmites d'aluminium et faire des décoctions principalement) ; Concept de faire un canari : mise des produits ingrédients de ressources médicinales dans un canari facilement transportable (taille du canari variant entre 10 à 30 cm)
	Renommée du PMT	Degré de référence en matière d'offre de soins de santé primaires, diminution de risques iatrogènes
	PMT lettré ou illettré, niveau scolaire	Selon le niveau scolaire, il y a nécessité de traduction ou pas (traducteur : langue officielle ↔ langue locale (flèche à deux têtes montrant le caractère bidirectionnel)
	Promptitude et habilité à prendre en charge le patient	Localisation, niveau d'expertise du PMT, hospitalisation rarissime
	PMT exerçant seul ou avec une équipe	La plupart des PMT exerce seul, des groupements sont rares ou en famille
	Appréciation et niveau d'acceptation de collaboration avec d'autres PMT, avec la MM, avec la recherche scientifique, avec autres partenaires de santé	Il arrive que certains PMT de grande renommée soient non favorables à l'ouverture et donc réticents à la collaboration. La sensibilisation pour l'ouverture doit être continue.
	Environnement d'exposition des ressources médicinales (RM) ou des produits MTA provenant des RM	Air libre, étalage (empaquetage ou attachement par cordon), magasin de vente, centre médical traditionnel, au marché rural, au marché urbain ; MTA (médicaments traditionnels améliorés) : moins de transformation chimique subie ou à l'état de recette physique avec les ingrédients empaquetés.
	Exercice professionnel ponctuel (secondaire) ou continu	Allier l'exercice de l'art médical avec des activités de commerce hors de la MT, de travaux champêtres. Il existe des PMT qui en font leur seul métier
	Type de traitement	Prévenir et/ou traiter la maladie (préventif et curatif)
	Détection des symptômes et des signes de maladie et acceptation de test cliniques de la MM	Selon le PMT, les tests cliniques sont effectués en entrée seulement, seulement en sortie de ou après traitement, en entrée et en sortie, sont carrément refusés, ou peu importe
	Attitude du PMT une fois la maladie déterminée	Choix possibles du PMT : -Traiter effectivement la maladie car sûr de son expertise ; -Tenter le traitement ; -Avouer son incapacité de traiter la maladie ; -Faire un référencement médical à un autre PMT ou à la MM.

TABLEAU 5.3 – Principe de contextualisation et de décontextualisation pour l'émergence des concepts/classes future

Class	SubClass	Description (commentaire ou remarque)
Information contextuelle	période/temps de collecte de la RM et administration directe ou fabrication du remède pour traiter la maladie, par administration	Disposition temporelle et attitude comportementale période de collecte (aube, nuit, midi, jour, points cardinaux, ...) et état d'esprit (éviter le mensonge). Cela se rapporte au PMT, au patient et souvent à son entourage immédiat (amis et famille) Il existe moult collectes sans disposition particulière de temps et d'attitude. En général, les ressources végétales (Plantes) sont collectées et utilisées en MT à partir de leur état de maturité. Ce qui n'est pas appliqué pour les animaux ou leurs parties : poule, poussin, coq , agneau, bélier, mouton, ... Aucun critère véritable n'existe pour les minéraux : sable, argile, eau, ... NB : Les couleurs sont en nombre restreint en langues locales et en MT : noir, blanc, rouge,/orange, ...
	Etat de maturité de la RM surtout quand elle est vivante (Plantes, animaux)	L'état où la plante dispose des principes actifs nécessaires à même de pouvoir soigner. Il en est presque similaire pour les ressources animales.
	RM populaire ou rare	Passer des commandes, plantes en voie de disparition (réchauffement climatique), RM en abus de consommation. Chercher à avoir un jardin personnel de plantes rares.
	Circuit de collecte et d'approvisionnement en RM	Circuit généralement court un (1) à deux (2) intermédiaires. En pleine brousse, jardins botaniques, ventes des ressources brutes au marché (rural ou urbain).
	Temps de réception d'interview du PMT, visites de terrain (jardin botanique ou centre de floristique) avec reprise	-Prendre un rendez vous -tenir compte de la durée de la réception -choisir la période où ils sont plus réceptifs -Pour le visiteur (que nous sommes) : rencontre gratuite ou imposé à payer un franc symbolique ou une somme donnée, ou simplement un pourboire. Tout ceci peut conditionner la prochaine visite.

TABLEAU 5.4 – Principe de contextualisation et de décontextualisation pour l'émergence des concepts/classes future (suite et fin du Tableau 5.3)

5.3 Étapes de construction de notre ontologie

Cette section émerge de la précédente et même pourrait s'y inclure. Cependant, l'intérêt de sa mise en évidente ici, est de la valoriser davantage.

Nous résumons nos étapes issues de Diligent, de NeOn et de ontoForInfoSciences (Section 3.3.1 du chapitre 3), au nombre de neuf (9). Ces étapes ou phases sont plus ou moins communes à ces trois (3) méthodes et compatibles en parties avec la norme I3E 1074-1995 (Section 3.3.1 du chapitre 3). Elles constituent le socle de notre démarche méthodologique, vu la nature du domaine de notre projet de recherche.

– Étape 1 : Spécification des besoins

Pour la construction de l'ontologie, sont largement suffisantes les raisons déjà évoquées dans le chapitre 1, introductif, auxquelles se rajoute celle qui suit : il n'existe pas d'ontologie de référence en MT africaine. Il en existe à l'état embryonnaire (cf chapitre 3) tant au niveau terminologique qu'au niveau iconique (icOnto de Kuicheu).

– Étape 2 : Questions de compétences

Ces questions se rapportent à la spécification des besoins. L'ontologie ontoMEDTRAD a deux niveaux de réponse : le premier terminologique et le second iconique. A chaque niveau plusieurs applications sémantiques peuvent être réalisées : constitution d'un fond organisationnel continu des connaissances, des pratiques et expériences de la MT. Ces ontologies à travers sysMEDTRAD vont constituer le support principal d'un cadre d'échange sous forme de plateforme web social et sémantique entre PMT et leur permettre d'exercer leur art de guérisseur. Ces derniers seront aidés par l'usage du langage iconique une fois celui-ci à terme.

– Étape 3 : Acquisition de connaissances

Cette phase implique l'acquisition de connaissances. Elle comprend la sélection des matériaux à étudier (sur le domaine) et la sélection des méthodes pour extraire les connaissances. Ces activités mélangent souvent différentes méthodes, comme : l'analyse textuelle des livres et des documents, et l'extraction manuelle et/ou automatique des termes (concept et propriétés). Du point de vue terminologique, nous avons utilisé les procédés visant les échanges et interviews avec le PMT par des rencontres physiques, des réunions, une documentation riche en MT relavant des programmes nationaux, ONG (Prometra), travaux scientifiques en biosciences, le web et des ouvrages. Du point de vue iconique, nous avons utilisé des techniques de catégorisation afin de mettre en relief les critères-attributs et valeurs permettant d'amorcer l'ontologie visuelle (langage iconique) par le concept de plante (en justification par les cas d'utilisation). Chaque concept à iconiser peut constituer un travail considérable. Ainsi par exemple la représentation iconique visuelle de la plante dépasse le cadre de la MT pour aborder de manière dense la physicalité des plantes traitée par la morphologie en botanique. Pour l'émergence et la rétention de critères attributs et valeurs, nous avons fait usage d'un outil automatique d'apprentissage et de classification Weka (cf section 6.3.4 "sélection des critères" du chapitre 6). Ce sont ces attributs qui seront conceptualisés et puis après formalisés en classes dans ontoMEDTRAD.

– Étape 4 : Conceptualisation

Le point de vue d'intérêt majeur de notre travail consistant à traiter un patient, nous a amenés à la définition de trois cas d'utilisation dominants notamment **UC1** : diagnostiquer la maladie sur le patient, **UC2** : déterminer le remède et **UC3** : préparer le remède et l'administrer. Ainsi se signale le point de départ de notre modélisation conceptuelle. La description de ces cas d'utilisation nous conduits à asseoir les concepts et les relations fondamentaux à partir desquels nous allons étendre (élargir) le champ des concepts et le spectre relationnel. A ce titre, nous avons fait usage de tableau, de dictionnaire et d'un modèle conceptuel graphique (diagramme de classes sous UML) décrits succinctement comme suit :

i) un tableau de concepts et de propriétés, contenant des concepts, des définitions, des synonymes, des valeurs et des propriétés autorisées ;

ii) un dictionnaire de verbes contenant des verbes identifiés candidats à être des relations, ainsi que leurs définitions textuelles ;

iii) un modèle conceptuel graphique qui représente des relations conceptuelles entre des concepts utilisant des graphiques et des structures similaire au diagramme de classes sous UML.

– Étape 5 : Intégration et importation de concepts depuis des ontologies existantes

La réutilisation de concepts des ontologies de fondement (OBO [2], BFO), ou core (PO), concerne peu de concepts ici, vu le mode opératoire de la MT très différent de celui de la MM. C'est pourquoi, nous avons plus cherché, après la définition des termes de nos concepts, à les confronter aux ontologies existantes. Le concept de plante dans PO [193] [203] est décrit chimiquement en détail, mais beaucoup plus sommairement d'un point de vue morphologique. Les principes actifs des plantes médicinales traditionnelles ne sont pas abordées en MT du point de vue du PMT.

Ces dernières années, les gouvernements cherchent à aider financièrement les PMT à tester cliniquement les principes actifs des plantes utilisées. Par contre les travaux en biosciences sur l'éthnobotanique sont déjà bien riches pour la sous région (ex ORSTOM devenu Institut de recherche pour le développement (IRD), travaux de recherche universitaires et avancés). Il est prévu l'intégration des curricula de formation en MT africaine dans des écoles et universités comme cela se fait en Chine. Le regain d'intérêt de la MT amène à permettre aussi l'intégration progressive de centres de MT dans les structures hospitalières de soins de santé de la MM.

Nous n'abordons pas les principes actifs dans ontoMEDTRAD. Il y a des systèmes universels et internationaux de classification que nous avons analysés et intégrés en partie. Il s'agit notamment pour les concepts de maladie et de symptôme de la CIM-10 (ICD-10) [3] et de SNOMED-CT (Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms) qui est une terminologie internationale de MM. La classification du règne du vivant nous intéresse à travers les noms scientifiques des plantes (faisant partie des végétaux) et ceux des animaux utilisés tous en MT. Elle est traitée par le NCBI (National Center for Biotechnology Information) [4 et 5] organismal classification adossé à OBO. Il est possible d'accéder à moult ontologies de référence par Ontobee [6 et 7], comme le montre [241]. Ontobee est un puissant outil serveur, point focal de liaison de termes de concepts d'ontologies formelles existantes et de référence).

Le terme herbe, dans une acception large, est utilisé pour désigner toute plante annuelle ou vivace, non ligneuse.

2. http ://www.obofoundry.org/ consulté en 2015
3. http ://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2015/en consulté en 2015
4. http ://www.obofoundry.org/ontology/ncbitaxon.html consulté en 2017
5. https ://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3037419/ consulté en 2015
6. http ://www.ontobee.org/ consulté en 2017
7. http ://www.ontobee.org/sparql consulté en 2017

– Étape 6 : Formalisation

La représentation formelle de l'ontologie est créée en utilisant un langage logique (LDs comme OWL). En partant de la conception (phase 3), les développeurs produisent des descriptions formelles. La connaissance du domaine est ensuite organisée en tenant compte des principes ontologiques et formels. Ce qui implique de raffiner des structures conceptuelles antérieures afin de respecter les contraintes ontologiques et logiques. Les activités principales de cette phase sont :

i) Construire une taxonomie, l'ontologie de niveau supérieur sélectionnée ; caractériser les types de relation **is_a** et **part_of** ;

ii) Décrire les relations et propriétés (attributs) des classes. Il en est de même pour des noms synonymes, définitions et annotations, selon la langue ;

iii) Créer des définitions formelles des classes, qui sont dérivées des définitions textuelles relevant du discours littéraire ;

iv) Décrire les propriétés et attributs en tant que types de données, cardinalités, quantificateurs existentiels et universels ;

v) Peupler les classes par les individus, les instances ;

vi) Adjonction de règles (Swrl).

– Étape 7 : Formalisation avancée

Cette étape implique une évaluation de l'ontologie. A la fois la validation ontologique (correspondance entre l'ontologie et le monde réel) et la vérification ontologique (analyse en fonction de l'exactitude et de la consistance) y sont effectuées. Les exemples de critères de validation sont : la non-récursivité dans les définitions, la spécification de différents types de parties de relations, la définition des relations, fonctionnelles, inverses et la création de cardinalités, symétrique, ...

– Étape 8 : Documentation

Toutes les activités du cycle de vie sont documentées et organisées. La documentation est produite avec la construction de l'ontologie. Elle englobe le document de spécification (phase 2), les documents de référence relatifs au domaine (phase 3), les modèles conceptuels (phase 4), les ontologies réutilisées (phases 5 et 6), le contenu ontologique et formel (phase 6) et d'autres notes utiles.

– Étape 9 : Disponibilité de l'ontologie et emploi

Enfin, dans la phase 9, le développeur rend l'artefact ontologique disponible pour être téléchargé et visualisé par une communauté d'utilisateurs. Les étapes de cette phase sont les suivantes :

i) exporter le contenu de l'ontologie de l'éditeur vers le référentiel Web ;

ii) présenter l'ontologie sous forme graphique, qui peut faciliter la compréhension de la structure par les utilisateurs.

Remarque

Ces étapes n'ont pas les mêmes degrés de description et d'importance. Au stade actuel de notre ontologie (ontoMEDTRAD) et de notre recherche, d'autres validations sont en vue pour le déploiement web effectif en environnement wiki sémantique (virtuoso choisi). Ce qui suit en tient compte.

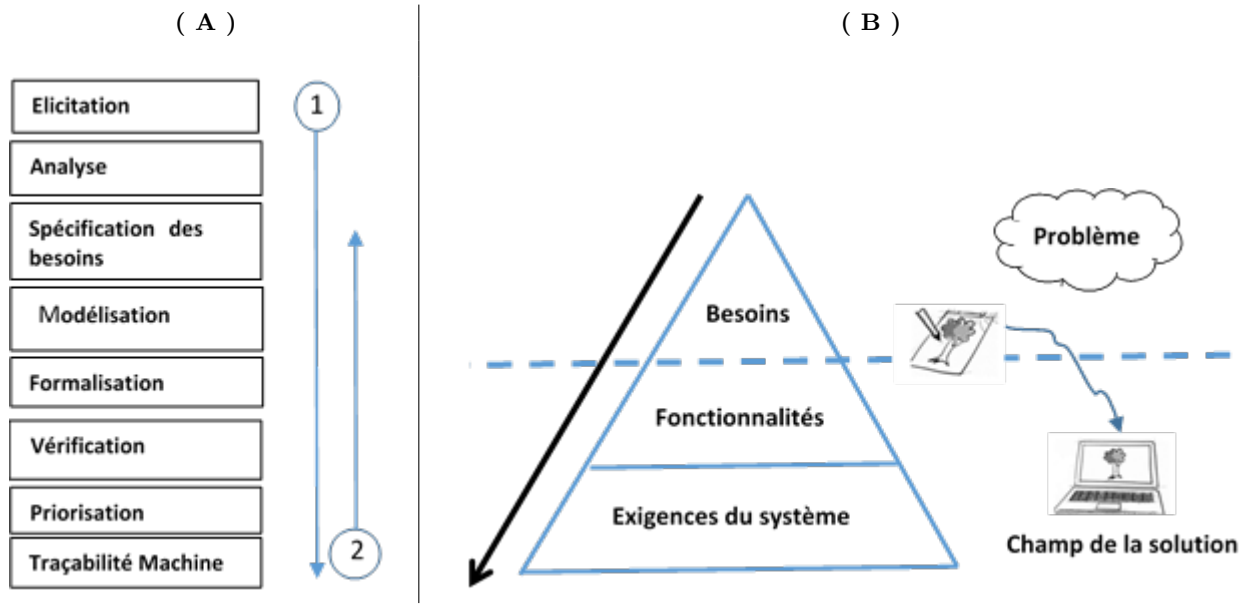


FIGURE 5.6 – Vues synoptiques succinctes de la spécification des besoins à l'implémentation de la solution en machine

5.4 Spécifications des besoins

Un aperçu des spécifications des besoins avec les exigences et les contraintes, du point de vue de leur rapport avec les représentations retenues comme solution de mise en œuvre informatique, est décrit à travers les deux sous figures **(A)** et **(B)** de la figure 5.6. Il est inspiré de Kerzazi [130]. Ceci corrobore bien notre démarche méthodologique. Dans la partie A de cette même figure le chiffre 1 encerclé traduit un processus chronologique et celui de 2 traduit une validation globale.

5.4.1 MT : Besoins tactiques et stratégiques

Notre proposition sysMEDTRAD [19] se veut un système fédérateur et évolutif. Il constitue proprement un système de partage de connaissances pour la MT. Il intègre les outils TIC (mobile, ordinateur, wiki sémantique, ontologies formelles, langage iconique, ...). sysMEDTRAD est un système d'échange et de partage des connaissances, dont l'élément le plus important est ontoMEDTRAD. En somme, il s'agit de contribuer à l'amélioration des soins de santé primaires et à l'augmentation du potentiel de leur offres en matière de MT. Spécifiquement, cet objet se décline en trois composantes essentielles.

- Au plan technique : Disposer d'un langage iconique pour les PMT les affranchissant des barrières linguistiques et de leur état d'incapacité à lire et à écrire (ou d'analphabète) ; disposer d'un outil TIC pour la MT.
- Au plan fonctionnel : assister et aider les PMT dans leurs tâches quotidiennes et permettre l'échange et la collaboration entre eux.
- Au niveau de la portée : pérenniser, capitaliser et mutualiser, partager et réutiliser les connaissances et expériences dans le domaine de la MT.

La majorité des PMT ont accepté de collaborer à nos enquêtes avec l'appui de facilitateurs (sensibilisation, PNPMT et traducteurs). Quasiment 90% des PMT ont un prolongement de leur travail à domicile. Certains d'entre eux disposent de plusieurs autres lieux fixes pour exercer l'art de guérisseur traditionnel

tandis que d'autres sont ambulants. Nous relevons que ces activités sont menées également sur les sites des marchés tant urbains que ruraux. On note une forte présence de ces activités pour les grands jours de marchés tenus une fois dans la semaine et à des jours fixes dans les villages et pour certaines petites villes.

Décrire les besoins représente un travail considérable. C'est pourquoi nous partons d'un groupe noyau de trois cas d'utilisation pour lesquels le langage iconique que nous proposons présente un intérêt particulier.

5.4.2 Besoins pragmatiques pour la construction de ontoMEDTRAD : Trois cas d'utilisation

Nous avons identifié les trois cas d'utilisation suivants :

UC1 : diagnostiquer la maladie.

Nous partons de la détection des symptômes (indiciels) jusqu'à la détermination de la maladie. L'objectif est donc de déterminer la maladie et son intitulé (e.g : le paludisme).

UC2 : déterminer le remède.

Ici, suite à la détermination de la maladie dont souffre le patient, le PMT doit prescrire un remède approprié émanant des ressources médicinales traditionnelles. Quand bien même il existe un remède en terme de MTA, celui-ci peut ne pas être prêt à l'emploi. Il est souvent au stade d'ingrédients donc de recette avec un mode de préparation. L'UC2 est une prescription où le PMT pense au traitement qu'il faut.

NB : Ici, disposer de la recette non physique est obligatoire (liste des ingrédients et le mode de préparation). On passe cette étape en disposant également de la recette physique (composants matériels ingrédients) et ce souvent par la recherche (visite d'étalages, herboristerie, récolte, ...). Ces deux tâches sous-tendent la prescription du remède.

UC3 : préparer le remède et l'administrer au patient.

Préparer le remède c'est préparer la recette suivant son mode de préparation. La préparation du remède repose donc sur une seule recette (recette physique) et un seul mode de préparation. Il a une seule forme galénique. Il a au moins un mode d'administration.

Dans l'UC1, nous constatons qu'il est difficile de séparer les deux approches diagnostiques en MT [84] :

- l'une est d'ordre somatique [178] en rapport avec la maladie **physique ou psychosomatique**. C'est à dire une maladie organique dite naturelle, qui n'est pas liée à l'action maléfique d'un tiers. C'est la maladie dont il faut reconnaître les symptômes (le médecin traditionnel PMT ou le guérisseur ou encore la MM peut le faire) ;
- l'autre est d'ordre métaphysique qui implique la recherche de causes non naturelles de la maladie. Cela requiert des capacités qui permettent au thérapeute de communiquer avec des éléments du monde invisible. Ici, seuls les devins, magico-religieux et devins-guérisseurs sont capables de le faire. Cela comprend plusieurs protocoles d'administration de soins, de rituels de collecte. Il faut observer des dispositions de bonnes pensées, d'attitudes et d'interdits.

Ces deux volets de diagnostics dans les consultations vont de pair, de manière concomitante en réalité. Cependant, dans notre démarche actuelle, le diagnostic d'ordre métaphysique n'est pas abordé. Nous relevons également que pour le premier cas de maladie symptomatique, il arrive tout de même qu'un patient souffre d'un mal dont les symptômes ont du mal à être confirmés en signes suite aux tests cliniques de précision de la MM.

Les PMT utilisant une seule de ces deux démarches existent également, mais ils sont moins nombreux. Ils sont efficaces mais souvent de renommée moins importante. Les PMT les plus renommés pratiquent les

deux démarches.

Pour l'UC2 et l'UC3, le remède constitue l'essence commune de leur raison d'être.

5.4.3 Description détaillée des cas d'utilisations

Suite aux entretiens avec les PMT et la revue documentaire sur la MT, les descriptions qui en résultent, posent ici les formes canoniques de la consultation du patient par un PMT avec pour préoccupation centrale, la détermination de la maladie à partir des symptômes et signes, la définition de la recette et sa préparation, et enfin, le mode d'administration du remède qui en découle.

En l'absence ou l'inexistence de MTA (médicament traditionnel amélioré), le réflexe de tout PMT est de lister les ingrédients de la recette et de disposer de la ressource qui servira pour préparer cette recette. Il pense alors tout de suite à la ressource médicinale (**RM**) qui conviendrait et dont les parties pourraient constituer les ingrédients de la recette.

Nous prenons en compte ici la collaboration entre MM et MT. Il s'agit de la collaboration stricto sensu, consistant à permettre au PMT, s'il y a lieu, de disposer de moyens de preuve plus avérée via les examens ou analyses cliniques effectués par la MM, relatifs à un symptôme ou une maladie du patient. Soit à l'initiative du PMT, du patient ou de son entourage, ce type d'examen peut être réalisé avant ou après tout traitement d'un symptôme ou d'une maladie. Il demeure non obligatoire, car il n'a jamais été imposé par le PMT.

Notons que UC1, UC2 et UC3 reposent sur l'expertise quasi-exclusive du PMT qui donne consignes et instructions au patient et à son entourage-accompagnant. La responsabilité du PMT peut être partagée avec la MM, dans le cas d'examens cliniques effectués sur le patient par la MM et utilisés par le PMT.

Dans la majorité des cas de consultation auprès des PMT, la prise en charge du patient se limite à la détection des symptômes, des signes et de la maladie, à la prescription de remède via des recettes ou des MTA puis au traitement effectif décidé par le PMT. Les cas d'hospitalisation du patient par la MT sont rares, et ce, quelle que soit la gravité de la maladie ou de l'état du patient. Les quelques uns qui détiennent un ou plus d'un centre de soins de santé traditionnel font des hospitalisations mais toujours rarement. Nous laisserons cette possibilité de côté.

5.4.3.1 Description de l'UC1

Pour l'UC1, il s'agit d'une consultation par le PMT d'un patient ayant un problème de santé. Il faut alors détecter les symptômes et signes concourant à identifier la maladie dont souffre le patient (cf figure 5.7).

Remarque
Par ailleurs, le type d'examen clinique peut constituer un point déterminant dans les approches conceptuelles de collaboration entre MM et MT surtout du point de vue de la maladie et de la prise en charge du patient. Ceci vient en renfort à l'association de ces deux médecines comme l'entend Sanou [215].

5.4.3.2 Description de l'UC2

Le PMT doit ensuite passer à la phase de prescription du remède pour traiter et soigner le patient. Il existe des remèdes **MTA** soit déjà prêts à l'emploi soit au stade d'ingrédients. Quand le MTA est au stade

Cas d'utilisation UC1 : Diagnostiquer la maladie sur le patient. Autrement déterminer et circonscrire la maladie ou le symptôme (au cas échéant)	Acteurs : PMT, Patient

-Ancien malade ou patient atteint de maladie notoirement connue (même par le PMT) : *maladie déterminée*
-Consultation du patient par un PMT
Patient disposant d'un diagnostic de la MM
Examen clinique positif du patient avec liste des signes dits symptômes objectifs (**) : *maladie déterminée*
Patient ne disposant pas de diagnostic de la MM
Interrogatoire abouti du Patient sur son passé, son environnement familial et sociétal, son milieu de travail (Incantations, rituels, manipulations de cauris, trois fois pour homme et quatre fois pour femme)
Localiser chaque symptôme anatomiquement
Déterminer la maladie *et* la localiser anatomiquement : *maladie déterminée*
NB : Il est possible de confirmer les symptômes et la maladie par examen clinique de la MM
Si l'examen clinique donne un test positif alors on a des signes (**) : *maladie déterminée confirmée*
Par contre, malgré la répétition de l'examen clinique de la MM, si le test clinique demeure négatif alors on a la présence de symptômes à traiter et non de maladie (Ce point de vue de la MM est différent de celui de la MT (*))
Quantification ou mésure pour être situé sur le niveau de gravité de la maladie du patient par recours à l'examen clinique : *maladie déterminée avec le niveau de la gravité*

Résultat UC1 : *maladie déterminée ou symptôme déterminé (avec le niveau de la gravité de la maladie)*

(*) : L'examen holiste du patient par le PMT de la MT peut l'amener à qualifier certains symptômes de maladies et dont on aura du mal à classer dans la CIM-10.

(**) se référer à la figure 2.1 pour le processus de clarification de symptômes objectifs (signes) et symptômes subjectifs.

FIGURE 5.7 – Description algorithmique de l'UC1.

d'ingrédients, il nécessite une préparation (mode de préparation) afin d'obtenir le remède prêt à l'emploi.

En conséquence, l'UC2 comprend le choix du remède. Cette détermination du remède comprend la définition (ou la formulation) de la recette appropriée suivie de son mode de préparation. Concrètement, cela consiste à lister les ressources médicinales (e.g : les plantes médicinales) et les parties de ces ressources médicinales (e.g : ingrédients ou parties de plantes précisément l'exemple de feuille de neemier "Azadirachta indica A. Juss"), puis de préciser le mode de préparation (e.g : décoction, ...). Ici, on n'obtient pas vraiment le remède mais la recette devant permettre de l'obtenir. On parle de prescription du remède comme déjà titré.

Les conseils, les contres associations (entre ressources médicinales) et contre indications (en rapport avec l'état du patient) prodigués par le PMT sont supposés implicites (passés sous silence ici) pour simplifier le cas d'utilisation. En somme, le premier réflexe du PMT suite à la détermination de la maladie est de penser au remède. Ici penser au remède conduit à trois types de remède :

- un MTA prêt à l'emploi ;
- un MTA nécessitant une préparation (mode de préparation), car étant au stade d'ingrédients ;
- une absence de MTA qui consiste à une recette (ingrédients listés) avec un mode de préparation permettant d'obtenir le remède.

La dernière de ces trois situations est la plus courante dans les prescriptions des PMT.

Nous avons ici deux grandes étapes pour l'UC2 :

- La première étape (étape 1) est celle concernant la prescription et donc portant sur le choix du remède sous forme de recette comme la détermination de la liste des ingrédients de celle-ci. Le mode de préparation est notifiée. Cette prescription peut viser également un MTA. Cette étape relève d'un

Cas d'utilisation UC2 : Prescrire le remède et le rendre disponible pour le compte de l'UC3 en charge de sa préparation et de son administration effectives. UC2 est composé de UC2a et de UC2b, avec UC2a suivi de UC2b : UC2a : Définir et formuler la recette et son mode de préparation et/ou le MTA sous tendant la prescription de remède suite à la détermination de la maladie ou du symptôme (via UC1) UC2b : Disposer physiquement des constituants ingrédients de la recette ou/et du MTA de par ses composants physiques (constituants matériels)	Acteurs : UC2a : PMT UC2b : PMT, Patient (Côté patient ou Entourage patient)

UC2a : Définir ou formuler la recette et son mode de préparation et/ou le MTA sous tendant la prescription de remède ...

-Absence de MTA

Identifier les composants ingrédients de la recette et son mode de préparation

Prescrire :

- la RM ou lister les RM (e.g : la ou (les) plante(s) : P)
- la partie de cette RM (PRM) ou lister les parties des RM (PRM) (de ces RM (e.g : parties de plantes) : P)
- éventuellement les excipients, adjuvants (épices)
- indiquer le mode de préparation

Résultat intermédiaire: *Recette identifiée avec son mode de préparation*

-MTA existant

Prescrire MTA :

Le MTA nécessitant une préparation car au stade d'ingrédients

- faire l'inventaire descriptif de la recette découlant du MTA : renvoi à ce qui précède (contenu du cas Absence de MTA)

Le MTA prêt à l'emploi

Acquérir le MTA (voir UC2b)

Résultat UC2a : *Prescription faite : Recette identifiée avec son mode de préparation (recette non physique) ou MTA (nécessitant une préparation ou prêt à l'emploi)*

FIGURE 5.8 – Description algorithmique de la première partie de l'UC2

aspect purement immatériel.

NB : Lister les ingrédients revient à la fois à lister les parties des ressources médicinales (RM) et les RM dont ces parties émanent (e.g : feuille de neemier "Azadirachta indica A. Juss" ; la plante est sous entendue donc).

– La seconde étape (étape 2) consiste à disposer effectivement des constituants physiques matériels de la recette ou le MTA. Ces constituants sont essentiellement les parties des RM. Ils sont appelés ingrédients.

En conséquence, nous pouvons éclater l'UC2 en deux parties : UC2a et UC2b d'objets respectifs étape 1 et étape 2. UC2a est la véritable prescription (à l'image de l'ordonnance médicale de la MM, Figure 5.8) et UC2b porte sur la disponibilité physique de la recette et du MTA (figure 5.9).

En général, on note une forte implication voire un engagement certain du PMT pour disposer des ressources physiques constitutives de la recette et même pour obtenir le remède. Le PMT manifeste la volonté de suivre le patient tout le long de la maladie.

En cas de rareté ou de manque d'un ingrédient, ou simplement en cas de difficulté pour disposer d'une

RM, le PMT effectue une recherche (menée par le PMT lui-même, ou à travers plusieurs canaux : patient lui-même et son entourage, ou tous se mettent à la recherche, ou encore passer une commande, ...). Cela peut consommer du temps. Le dynamisme des acteurs dans la recherche peut être motivé par la gravité de la maladie du patient. Au Sénégal, un PMT à Figo, nous confiait qu'il n'a jamais manqué de plantes pour guérir ou soigner un patient. Il en prend partout dans le monde où il veut, même hors du Sénégal (via des voyages très particuliers).

5.4.3.3 Description de l'UC3

Tout d'abord, il faut éliminer les parties toxiques des RM (les ingrédients) de la recette physique quand elles existent, avant sa préparation pour produire le remède. On peut adjoindre, combiner ou associer des RM. Cependant, au delà d'un certain nombre de RM (e.g : trois (3) plantes), il faut l'implication forte et avisée d'un PMT. La combinaison des plantes peut s'avérer dangereuse (contre-associations). Également, à la recette, est souvent opérée une adjonction d'excipients, de liants, d'apaisants, d'adjuvants, de conservateurs, de colorants, d'arômes, d'épices. Le mode de préparation et celui d'administration appliqués par le PMT sont dits directs. En revanche, ils sont dits indirects quand ils sont effectués par une personne autre que le PMT. Les figures 5.10 et 5.11 sont deux parties successives montrant et décrivant l'UC3.

Dans la description algorithmique de l'UC3, quoique le nombre de fois de l'administration du remède (ou du MTA) sur le patient, soit un ou plus d'un, à l'arrêt du traitement (fin de l'administration de remède sur le patient) à l'initiative soit du PMT, soit du patient ou de l'entourage du patient, le recours possible à un examen clinique permettrait de savoir si le patient est guéri ou non. Bien entendu, ce test clinique n'est pas obligatoire.

Le PMT est l'expert de la connaissance dans le domaine de la MT. En tant que tel, il prescrit et fait la cueillette pour constituer la recette physique. Puis, il prépare cette recette pour fabriquer le remède qu'il administre au patient. Le patient ou l'entourage du patient peut réaliser ces mêmes tâches, soit sous les instructions strictes du PMT ou soit tout simplement parce qu'il les a apprises sans se prétendre PMT. Néanmoins, la prescription est beaucoup plus propre au PMT.

NB : Plus précisément préparer la recette, c'est son inscription puis disposer de la recette physique, c'est à dire ses constituants physiques. On peut là également parler de prescription du remède (englobant définition de la recette puis recherche et disposition des constituants de la recette). Fabriquer le remède signifie sa préparation.

Par ailleurs, des dérapages dommageables causés par des personnes passant outre les instructions du PMT sont par moment relevés. Les programmes nationaux de promotion de la MT (PNPMT) et de sa modernisation, et des ONG dédiées à des tâches similaires mènent aussi des campagnes de sensibilisation à l'endroit des populations urbaines et rurales et même des PMT sur ce sujet de dérapage.

Ces programmes nationaux publics (comme le PNPMT) pilotés hiérarchiquement par les ministères de santé, en plus des associations et fédérations de PMT, sanctionnent les PMT qui ne suivent pas les règles et normes de pratique et d'éthique dans leur art de guérisseur traditionnel ou art médical traditionnel. Ils détectent les faux PMT.

UC2b : Disposer physiquement des constituants ingrédients de la recette de par ses composants physiques . Mode de préparation déjà acquis de UC2a .

- Ne pas disposer de MTA
  //rechercher les parties des RM devant former les ingrédients de la recette à préparer pour
  // obtenir le remède qui sera administré au patient.

Parties de RM accessibles directement pour former les ingrédients de la recette
//Stocks de RM ou autre (exemple de plantes cultivées à domicile du PMT)
Non remise des ingrédients de la recette au Patient //qui sera préparée chez le PMT
Remise des ingrédients de la recette au Patient // qui sera préparée chez le patient
Parties de RM non accessibles directement pour former les ingrédients de la recette
// Recherche préalable avant de disposer des parties de RM, parcours de longue distance
Collecter les parties des RM, constituants des ingrédients de la recette, par le PMT
Non remise des ingrédients de la recette au Patient //qui sera préparée chez le PMT
RDV Patient pour remettre les ingrédients de la recette au Patient
Collecter les parties des RM, constituants ou ingrédients de la recette, par le Patient ou par l'entourage du patient

Remise des ingrédients de la recette au PMT // qui sera préparée chez le PMT
Ne pas ramener les ingrédients au PMT
//modes de préparation et d'administration laissés ou assurés côté patient voir UC3

Résultat intermédiaire: *Constituants physiques de la recette (recette physique) disponible avec son mode de préparation*

- Disposer de MTA
MTA directement accessible
MTA acquis
Remède MTA ne nécessitant pas de préparation (le donner ou le vendre au Patient)
Mode d'administration (voir UC3)
Remède MTA nécessitant une préparation (étant au stade d'ingrédients de recette)
Indiquer le mode de préparation, ses ingrédients étant accessibles
MTA non directement accessible
Indiquer au Patient, un point de vente ou d'accès (auxiliaire entre PMT et patient) pour acquérir le MTA
Renvoi du contenu de MTA acquis (précédent)

Résultat UC2b : *Recette physique avec son mode de préparation ou* MTA prêt à l'emploi

Résultat UC2 :
- *Recette non physique*
- *Recette physique ou MTA prêt à l'emploi*
- *Mode de préparation de cette recette*

RDV pour dire Rendez-vous.

FIGURE 5.9 – Description algorithmique de la deuxième partie de l'UC2

Cas d'utilisation UC3 : Mode de préparation de la recette engendrant le remède et mode d'administration de ce remède (Préparer le remède et l'administrer)	Acteurs : PMT, Patient (ou Entourage patient)

***MT** non populaire (expertise du PMT)*

-MTA disponible ne nécessitant pas de préparation et prêt à l'emploi (format galénique)

Mode d'administration du MTA appliqué sur le patient : Suivre scrupuleusement les instructions du PMT et la posologie (quantité, heures de prise ou d'application, intervalle temporel ou horaire de prise sont approximativement indiqués)

-MTA disponible nécessitant une préparation car au stade d'ingrédients
- Remise des parties et ingrédients du MTA sous forme de recette au PMT
  - //après achat, le MTA est remis au PMT
  - Mode de préparation direct de la recette appliqué par le PMT (in situ)
    - **Sans RDV patient** de préparation
      - Mode d'administration direct du remède appliqué sur le patient par le PMT
        - Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée
        - Plus d'une fois : Revenir chez le PMT pour être administré en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri)
      - Remise du remède au patient par le PMT
      - Mode d'administration indirect du remède appliqué sur le patient par le patient ou par son entourage
        - Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée
        - Plus d'une fois : s'administrer en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri)
    - **RDV patient** après préparation // le PMT a eu le temps nécessaire pour préparer la recette et obtenir le remède
      - Renvoi au contenu de **Sans** rendez-vous patient (**précédent**)
- Non **remise** des parties et ingrédients du MTA sous forme de recette au PMT
  - //après achat du MTA
  - Mode de préparation indirect du remède par le patient ou par son entourage
    - **Sans rendez**-vous Patient
      - Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée
      - Plusieurs fois : s'administrer en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri, administration sans le PMT)
    - **Rendez-vous** Patient et remise du remède obtenu au PMT
      - Mode d'administration direct appliqué sur le patient par le PMT
        - Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée
        - Plus d'une fois : Revenir chez le PMT pour être administré en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri).

Résultat intermédiaire (sortie): *soins MTA reçus*

FIGURE 5.10 – Description algorithmique de première partie de UC3

MTA absent ou inexistant. **Disposer de la liste des RM et de leurs parties utiles collectées (résultats de UC2) devant servir d'ingrédients pour la recette en vue de préparer cette recette pour obtenir le remède puis l'administrer**

Extemporanéité d'application du remède sur le patient (sur le champ)

Rassembler in situ les constituants ou ingrédients de la recette accessibles, à portée de mains du PMT. Recette préparée par le PMT pour obtenir le remède.

Mode d'administration direct du remède i.e. appliqué par le PMT sur le patient

Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée

Plusieurs fois : Revenir chez le PMT pour être administré en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri)

Mode d'administration indirect du remède appliqué par le patient ou par l'entourage patient sur la patient

Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée

Plusieurs fois : s'administrer en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri)

Résultat : *soins extemporanés reçus*

Non extemporanéité

Non remise des parties et ingré dients de la recette au patient

Mode de préparation direct de la recette appliqué par le PMT

Sans rendez-vous de préparation

Mode d'administration direct du remède appliqué sur le patient par le PMT

Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée

Plus d'une fois : Revenir chez le PMT pour être administré en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri)

Remise du remède au patient par le PMT

Mode d'administration indirect du remède appliqué sur le patient par le patient ou entourage patient

Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée

Plus d'une fois : s'administré en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri)

Rendez-vous après préparation de la recette par le PMT.

Renvoi au contenu de **Sans** rendez-vous de préparation (**précédent**)

Remise des parties et ingrédients de la recette au patient pour préparation de la recette

Sans rendez-vous Patient (mais sur instruction posologique du PMT)

Mode d'administration indirect du remède sur le patient par le patient ou par entourage patient

Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée

Plus d'une fois : s'administrer en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri)

Rendez-vous Patient et remise du remède au PMT par le patient

Mode d'administration direct du remède appliqué sur le patient par le PMT

Une fois : Fin d'utilisation ou application terminée

Plus d'une fois : Revenir chez le PMT pour être administré en soins et le nombre de fois qu'il faut (pour être guéri)

Résultat UC3 : *Remède obtenu suite à la préparation de la recette et appliqué au traitement sur le patient*

NB : Il faut noter que pour certaines recettes, l'application de leur mode de préparation ou du mode d'administration des remèdes qu'elles engendrent, est strictement et seulement du ressort soit du PMT, soit du patient ou soit de l'entourage du patient

MT populaire (sans consulter un PMT)

Pour une maladie donnée, les modes de préparation du remède et d'administration-application-utilisation sont largement ou suffisamment connus de tous (conscience populaire).

FIGURE 5.11 – Description algorithmique de la deuxième partie de UC3

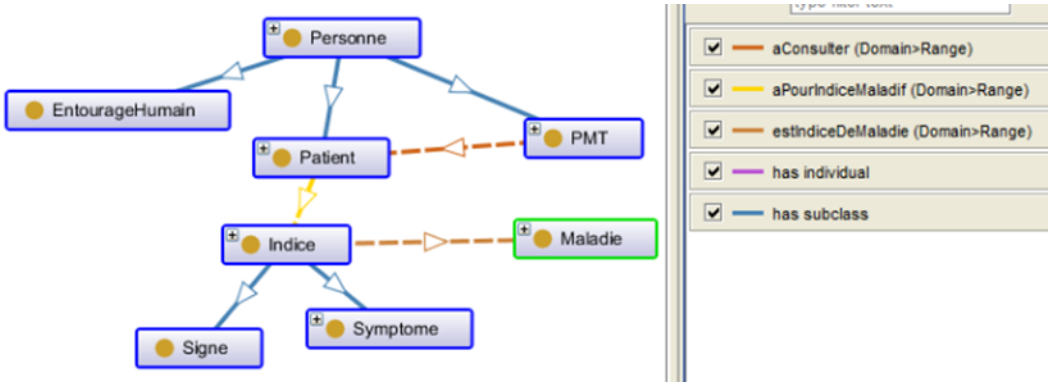


FIGURE 5.12 – Concepts de la MT qui découlent de l'UC1

5.5 Conceptualisation

La conceptualisation est la représentation mentale générale et abstraite d'un objet. C'est une idée que l'on se fait de quelque chose. Le concept, unique dans une ontologie, est la manifestation de cette idée.

Cette conceptualisation consiste à faire émerger les concepts qui vont constituer la charpente architecturale de l'ontologie. Le but recherché est de faire émerger les concepts, les abstractions, et de chercher à les saisir par les signifiants (terminologiques) convenablement les plus représentatifs. Il s'agit de catégoriser les instances en concepts. C'est à dire mettre en relief les propriétés communes des instances individuelles d'un même groupe.
En se servant de techniques et de procédés pluriels de recherche de l'information, une place de choix est faite aux enquêtes et verbatim.

Nous avons effectué des analyses croisées sur les données recueillies lors des échanges avec les PMT par spécialité et selon le niveau scolaire. La majorité de ces PMT est illettrée et parle des langues locales, nous avons alors usé de traducteur interprète (guide-interprète). Très peu d'entre eux sont lettrés, le niveau scolaire est hétérogène allant du primaire au professeur d'université.

Au delà des experts PMT, la bibliographie, l'observation naturelle et plusieurs autres sources (notamment web, publication scientifique en biosciences, pour les plantes et autres, des ouvrages de références, ...), nous ont amenés aux activités clé pour conceptualiser :

- asseoir une stratégie sur le consensus des PMT ;
- importer, désambiguïser, transformer, désincarner (du PMT), contextualiser et décontextualiser ;

- désambiguïser (typologie, topologie, sémantique) ;
- co-modéliser (modélisation consensuelle) ;
- méthode de conception d'un modèle sémi-formel fondée sur une stratégie de comodélisation.

Parmi les sources que nous avons parcourues, nous avons [6], [7], [10], [20], [54], [71], [72], [124], [166], [171], [170], [176], [185], [198], [246], [247], les sites [8] et [9].
Les méthodologies NeOn [53], Diligent [77] et ontoForInfoSciences [160] ont été utilisées en partie pour la modélisation conceptuelle. Concernant l'UC1, les concepts de la MT qui émergent sont mis en exergue à travers la figure 5.12.

8. http ://www.ethnopharmacologia.org/recherche-dans-prelude/ ? consulté en 2015
9. http ://www.africamuseum.be/collections/external/prelude/view_plant ?pi=00600 consulté en 2015

Dans une langue, il n'existe pas toujours un mot unique pour incarner pleinement un concept, surtout si celui-ci est d'abord décrit dans une autre langue. Pour palier cet état de fait, on procède généralement par une concaténation (plus explicite) de mots pour exprimer un concept. On a "Winery" en un seul mot en anglais, dont l'équivalent en français utilise plus d'un mot notamment "Établissement vinicole" ou encore "Établissement de production de vin". Cependant, "ÉtablissementVinicole", bien que compréhensible, ne fait pas partie de la langue française. C'est un code, un mnémonique de terme conceptuel. Il peut être une source de conflit (pitfall en ontologie). Ainsi, il est préférable d'y trouver un synonyme adapté.

Par exemple, nous remplaçons le subsumant direct de symptôme et de Signe, initialement noté "SymptômeSigne" par "Indice".

5.5.1 Cinq règles d'or pour initier la conceptualisation de manière compatible avec Diligent, NeOn et ontoForInfoScience

Fondamentalement, dans notre démarche pour la construction d'une ontologie, nous nous sommes fiés à cinq (5) règles d'or soutenues par Riichiro M [203] :

- (1) Un vocabulaire commun
  La description du monde cible nécessite un vocabulaire adéquat entre les acteurs impliqués dans le développement de la construction.

- (2) Expliciter ce qui est implicite
  Il s'agit de donner les explications suffisantes à ce qui est souvent laissé implicite notamment des hypothèses, des présuppositions ou les non-dits. Surtout dans le domaine comme celui de la MT, il existe beaucoup de choses cachées et taboues qui ne sont pas facilement relevables. Il faut des moyens d'élicitation et de facilitation à la fois doux, coriaces et intelligents dans le questionnement lors des rencontres pour faire sortir les PMT de leur réserve. Les connaissances conceptuelles du PMT sont le plus souvent abstraites quand bien même elles portent sur des choses concrètes et matérielles. Nous avons effectué à plusieurs reprise des interviews et des croisements de points de vue de PMT sur certaines plantes médicinales et les maladies traitées, pour arrêter les termes. Nous nous sommes fait accompagnés par des interprètes traducteurs de langues locales également.

- (3) Catégorisation et systématisation des connaissances
  Les concepts ne doivent pas rester au stade d'idée ou même de concepts. Il leur faut des objets pour les saisir et les tenir. Des objets qui traduisent le sens commun. Il faut vérifier ce qu'il représente par projection dans le réel. Ces objets ici sont les signifiants terminologiques ou les termes. On essaie de voir si un terme convient pour designer tel concept. Et réciproquement repartant du concept, de voir si le terme l'incarne bien. En effet dans le parcours discursif oral ou écrit les interlocuteurs utilisent le "terme" pour décrire les phénomènes, les théories, les attentes et les objectifs visés. Une ontologie contribue ainsi à fournir une épine dorsale pour la systématisation de la connaissance. Ce sens commun est incarné dans une catégorisation. Cette dernière est parfois vue comme l'action de juger le résultat d'une comparaison entre deux structures conceptuelles selon Jackendoff via [55].

- (4) Standardisation
  La standardisation du terme d'un concept résulte de trois niveaux : Le premier est celui après

contextualisation du terme tel que compris par les différents groupes de PMT pour la généraliser à l'échelle communautaire régionale (Afrique de l'ouest). Le second est au plan des ontologies de la MT déjà réalisées, celles de gabarit embryonnaire à moyen (domaine). Ici, les ontologies de domaine de la MT africaine réalisées sont embryonnaires. Le troisième niveau est de voir l'emploi du terme à titre de grande référence, hors du domaine dans lequel nous travaillons. Ceci permettra de déboucher sur d'autres domaines d'ontologies et si possible les ontologies racines. Tout ce travail nous situe sur le niveau plus ou moins standard du terme. En même temps, il s'agit d'un terme qui se voit appartenir à un vocabulaire commun agrandissant son cercle de compréhension dès sa première inscription dans une ontologie.

– (5) Fonctionnalité méta-modèle
  Un modèle relevant d'une ontologie est construit dans l'ordinateur comme une abstraction de la cible dans le réel perçu et vivant. Partant de cette réalité, bien qu'annonçant la machine, nous traversons plusieurs niveaux d'abstraction (conceptualisation et modélisation) hors machine. Dans la machine, nous avons également d'autres niveaux d'abstraction (formalisation, implémentation, des réponses traduites en d'autres objets artefacts suite à des requêtes, ces objets artefacts se projetant dans les objets de la réalité avec similarité forte ou quelques biais surmontables). Une ontologie met en relief des concepts et des relations entre eux qui sont utilisés comme blocs de construction du modèle intégral. Elle spécifie les modèles à construire en fournissant les lignes directrices, les contraintes et contingences (exceptions) à satisfaire. On a là, une fonctionnalité de méta-modèle et méta-niveau assurée par une ontologie formelle. Ceci est bien illustré par les blocs d'abstraction et de composition de sysMEDTRAD à base d'ontologies (cf figure 5.1).

Dans une ontologie bien construite, les termes peuvent avoir des définitions logiques (calculables) et des définitions textuelles.
Les définitions textuelles précisent les conditions nécessaires et suffisantes pour l'utilisation correcte d'un terme ; Ainsi, ils nous disent exactement ce qu'il faut retenir d'une entité si elle doit être une instance d'un type donné, ou, en d'autres termes, si elle doit être membre d'une classe donnée. Alors que les définitions textuelles sont utilisées par les utilisateurs humains d'une ontologie, les définitions logiques sont utilisées par les ordinateurs. Ils fournissent la base sémantique pour permettre l'utilisation d'outils appelés raisonneurs qui classent automatiquement l'ontologie et détectent des incohérences.

5.5.2 Acquisition de connaissances

Les connaissances en MT sont tacites et cachées. Elles sont difficiles à éliciter. En linguistique, l'élicitation est l'incitation d'un locuteur à un autre à statuer sur différentes hypothèses, c'est-à-dire à introduire chez lui le recours à sa compétence/performance. On recourt à des stratégies pour connaître la réaction des locuteurs.

Nous avons utilisé de nombreux procédés de recueil de l'information : interview des PMT, sortie de terrain avec reprise dans les centres de PMT, visite des ONG de promotion de la MT, réunion de sensibilisation à travers les associations et fédérations de PMT, documents reçus d'ONG de promotion de la MT et de programme de promotion de la MT (PNMPT), documents scientifiques de biosciences se rapportant à l'ethnobotanique et la MT, aux ressources médicinales traditionnelles (Plantes, Animales), publications et thèses sur la MT, visite de jardin botanique (e.g : Centre National de Floristique (CNF) à l'Université Félix HOUPHOÜET-BOIGNY Abidjan cocody, autres jardins de PMT non nominatifs), lecture des ouvrages livresques de référence traitant de la MT et des ressources du web traitant des

plantes médicinales (PROTA) et sites de référence, passage en revue des ontologies existantes comme PO (Plant Ontology).

Les difficultés d'élicitation sont aggravées par le fait que les PMT sont souvent illettrés. Afin de disposer de sources de données, les visites de terrains considérées comme étant indispensables, ont été une charge de travail importante pour nous. Ces visites ont consisté également à réaliser des entretiens avec des PMT. Ainsi nous avons pu nous imprégner du comment et du lieu de leur exercice. Il s'agit notamment du cadre ou du site dans lequel ils exercent. Nous avons été instruit des pratiques médicales de leur art de guérisseur. Cette phase nécessite plusieurs visites successives : une pré-élicitation avec un ou de multiples retours.

Nous nous sommes servi de moyens de transports pour visiter ces PMT dans leurs secteurs, bourgs, villages, campagnes, centres urbains, domiciles, marchés, ... On compte parmi ces moyens de transport, l'utilisation de notre véhicule pour les villes d'Abidjan, de Yamoussoukro et de Bouaké et les villages environnants de ces villes (en Côte d'Ivoire) ; Plus à Saint-Louis et moyennement à Dakar, et leurs régions à travers villes et villages, nous avons fait usage de location de taxis urbains, et quelques fois emprunté des cars de transport commun (au Sénégal).

Nous avons eu recours à des interprètes (traducteurs) avec qui nous sommes venus à plusieurs reprises (2 fois au moins à intervalles de 2, 4, 6 mois à une année) chez des PMT. La seconde visite a porté sur le même sujet que la première, et l'on a cherché à déterminer ce qui était stable et renforcer les questionnements sur ce qui avait varié.

Avant la sortie de terrains, sur la MT, s'agissant des travaux réalisés en biosciences, par la médecine moderne, ou logés sur les sites internet consultés, les sources ont un niveau semi-formels ou formels pour une élicitation directe. Pour certaines de ces sources comme PROTA [10] [198] et bien d'autres cas de ce type ou encore livresques, nous avons collecté des données et nous les avons confrontées aux avis de certains PMT (pré-élicitation).
En revanche, pour l'utilisation des travaux de biosciences, l'élicitation est directe.

L'ambiguïté est très caractéristique des langages naturels. Du fait que le traducteur lui-même est souvent du même courant culturel que le PMT pour pouvoir interpréter, la continuité de l'empreinte culturelle reste et, avec elle, les ambiguïtés. Nous avons pour cela adopté l'approche d'interviews avec retour (ou reprises) afin de réduire le fossé sémantique. Nous avons eu recours à des rencontres de présentations des travaux avec échange, sans ignorer celles des publications lors des colloques. Ceci évite que cette sémantique soit dépendante du seul modélisateur.

Au final, nous avons rencontré plus d'une trentaine de PMT en Côte d'Ivoire dans les régions d'Abidjan, de Yamoussoukro et de Bouaké et plus de 35 PMT au Sénégal à Dakar, et dans les régions de Saint-Louis, de Richard Toll, Dagana et Podor. Les villages aux environs de celui de Figo sont bien fournis en PMT. Les entretiens ont duré de 25 minutes à 1 heure. Certains PMT nous ont conduits vers d'autres de plus grande renommée. Nous avons eu recours à des rencontres de présentations des travaux (au PNPMT à Abidjan). Demba Mamadou au Sénégal (résidant à Saint-Louis) et Amessan Beugré en Côte d'Ivoire (résidant à Abidjan), nous ont accompagné en explication et en traduction principalement. Ils nous ont également servi d'indicateur des PMT, de leurs présidents de fédérations, d'associations.

En somme, les sources d'acquisition des connaissances auxquelles nous avons eu accès sont multiples. Ces sources en ethnobotanique et en pharmacopée traditionnelle de la MT surtout portant sur l'Afrique dans sa partie occidentale sont : [6], [3], [9] [10], [20], [54], [72], [78], [124], [171], [170], [176], [185], [198], [246], [247], et les sites web [11, 12], puis l'annexe 1 (voir Annexe 1).

10. PROTA : Plants Resources Of Tropical Africa
11. http ://www.ethnopharmacologia.org/recherche-dans-prelude/ ? consulté en 2015
12. http ://www.africamuseum.be/collections/external/prelude/view_plant ?pi=00600 consulté en 2015

Concept majeurs :	PMT (Praticien de la Médecine Traditionnelle), Patient, Indices (Signes, Symptômes), Maladies, Sources ou ressources médicinales (RM) (Plante), Examen clinique, Recette, Ingrédient, Partie de ressource médicinale (PRM) : Partie de Plante, Partie d'Animal, partie de Minéral), Recette, Mode de préparation de la Recette, Remède, Forme médicamenteuse ou galénique (forme de fin de préparation) du Remède, Mode d'administration du Remède, **FOrme** (ancrage iconique) de ontoICONE (pour FOrme voir la section 5.7.3 (figure 5.18) et le chapitre 6 (figure 6.12 de la section 6.4)).
Concepts secondaires :	Centre de soins de santé, Sources ou ressources médicinales (RM), Contre-indications (état du patient), Contre-association (interaction médicamenteuse dangereuse : de RM ou/et de PRM), Propriétés (ou vertus thérapeutiques) de RM (Plante, Animal, Minéral), Excipient, Etiologie (de la maladie), Anamnèse (du patient), Toxicité de la RM (Plante, Animal, Minéral, "Métaphysique"), Iatrogénie, Anatomie, Croyance, Pays, Région, Localité, Références scientifiques (RM, Recette, Remède), Systématique du vivant, Systématique de Maladie (CIM-10), Glossaire, Loi-Cadre (normes, règles, discipline et sanctions) de la MT, ...

TABLEAU 5.5 – Concepts majeurs et concepts secondaires

5.5.3 Modélisation conceptuelle (UML)

La représentation profonde et ontologique d'un objet nécessite de mettre en évidence ses caractéristiques essentielles suite aux préoccupations suivantes :

- de quoi est-il fait ? (matière, corps, énergie ou autre) ;
- quelle est sa provenance ? (causalité transitive) ;
- quelle est sa forme référentielle ? (apparence) ;
- quels autres objets lui ressemblent-ils structurellement au plan des données et à celui du comportement ? (Tous ces objets sont alors cernables dans un canevas : catégorie ou classe) ;
- quelles relations exprime-t-il avec les autres objets de son environnement proche ou distant (éloigné) d'une part et d'autre part antérieurement, actuellement et postérieurement ? (relation) ;
- peut-on quantifier ou dénombrer tous les objets le ressemblant ? (cardinal du peuplement ou instanciation) ;
- quels rôles joue-t-il ? (ses finalités).

Nous avons identifié les concepts que nous avons catégorisés en deux classes concepts majeurs et concepts secondaires comme le montre le tableau 5.5.

5.5.4 Diagramme UML des classes relativement à ontoCONCEPT-Term

Le modèle de classes est présenté par la figure 5.13 dont la suite est l'annexe 2, en vue de la formalisation de l'ontologie dans protégé. Les classes se trouvant à la fois dans cette figure et dans cette annexe servent de points de jonction. Il s'agit donc d'un seul diagramme de classes nom complet car les attributs n'y sont pas tous matérialisés. Seuls les noms des classes importent ici.

5.6 Concepts présents dans des ontologies ou ressources déjà existantes

Nous mettons en relief les concepts fondamentaux d'ontoMEDTRAD qui ont été retrouvés dans des RTO ou dans des ontologies existantes, en indiquant de manière précise les sources (Url) ou la provenance.

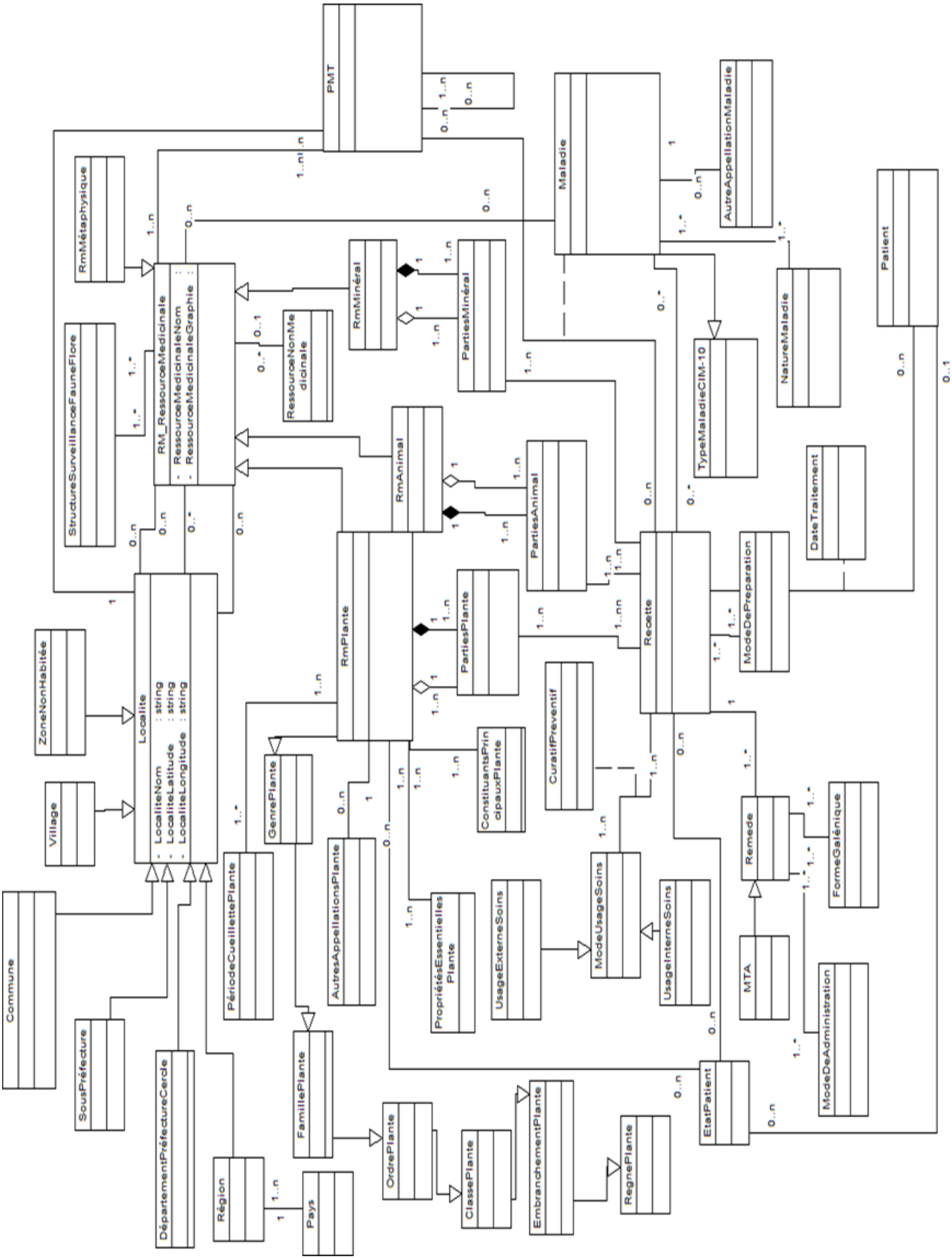


FIGURE 5.13 – Diagramme des classes (partie une)

Termes de concept au nombre de 15		RTO existantes : librairies, thésaurus, ontologies	Remarque
Français	anglais		
Plante	Plant	OBO, PSO, TO (Trait Ontology), PO, NCBI organismal classification, ontoBee	
Animal	Animal	NCBI, ontoBee	
Minéral	Mineral	ontoBee	
Personne	Person	ontoBee	
Patient	Patient	ontoBee	
Anatomie (humaine)	Anatomy	OBO, FMA (Foundational Model of Anatomy), ontoBee	
Maladie	Diseaese, Illness, Disorder	NCBI, SNOMED-CT, IDO (infection diseases ontology), CIM-10 (ICD-10), ontoBee	
Symptôme	Symptom	NCBI, SNOMED-CT, IDO (infection diseases ontology), CIM-10 (ICD-10), ontoBee	
Remède	Remedy	NCBI, ontoBee	
Recette	Recipe	NCBI, SIO (Semanticscience Integrated Ontology)	existence d'ontologies culinaires embryonnaires
Ingrédient	Ingredient	SIO, PDRO, FOODON (Food ontology)	
Coordonnée géographiques	GPRS	OGG-Dm (Ontology of Genes and Genomes), PRO (PRotein Ontology)	[212]
Etiologie	Etiology	NCIT (National Cancer Institute Thesaurus)	
Anamnèse	Anamnesis	MeSH (Medical Subject Headings)	
Pays	Country	FAO Geopolitical ontology	

TABLEAU 5.6 – Indication de sources (RTO et ontologies) de concepts utilisés dans ontoMEDTRAD

Le tableau 5.6 liste les concepts retrouvés, et le tableau 5.7 les subsomptions et rôles.

Les ressources ontologiques suivantes FOODON [13], PRO [14] , PDRO [15], SIO [16], OGG-Dm [17], NCIT [18] et [19], TO [20 et 21], FAO Geopolitical ontology [22] sont consultables aux références web en pied de page-ci.

13. http ://www.obofoundry.org/ontology/foodon.html consulté en 2014
14. http ://www.ontobee.org/ontostat/pr consulté en 2017
15. http ://www.obofoundry.org/ontology/pdro.html conculté en 2015
16. http ://www.ontobee.org/ontology/SIO consulté en 2015
17. http ://www.ontobee.org/ontostat/OGG-Dm consulté en 2015
18. http ://www.ontobee.org/ontology/NCIT consulté en 2015
19. https ://bioportal.bioontology.org/ontologies/NCIT consulté en 2015
20. http ://www.ontobee.org/ontology/to consulté en 2015
21. http ://archive.gramene.org/plant_ontology/ontology_browse.html cpnsulté en 2014
22. http ://www.fao.org/countryprofiles/geoinfo/geopolitical/resource/ consulté en 2017

Subsomption ou terme du rôle		RTO existantes : Librairies, thesaurus, Ontologies	Remarque
Français	Anglais		E1 et E2 deux concepts
est un	is_a	Toute ontologie, OBO, PSO, TO, PO, NCBI organismal classification, ontoBee	Dans toute ontologie, on a la subsomption au sens de hyponymie/hyperonymie. Plus explicitement, (E1 est une hyponymie de E2) $\leftrightarrow$ (E2 est une hyperonymie de E1) : E1 $\sqsubseteq$ E2 i.e "hyponymie $\sqsubseteq$ hyperonymie"
est une partie de	part_Of	NCBI organismal classification, ontoBee	Dans certaines ontologies, on a la relation de partie à tout (ou tout à partie) au sens de méréologie (méronymie/holonymie). Plus explicitement, (E1 est une méronymie de E2) $\leftrightarrow$ (E2 est une holonymie de E1) : E1 partOf E2 i.e "méronymie partOf holonymie"

TABLEAU 5.7 – Indication des sources (RTO et ontologies) pour les rôles et subsomptions utilisés dans ontoMEDTRAD

5.7 Formalisation

5.7.1 Choix de l'outil de modélisation ontologique

Au regard d'OntoTools [23] et de la littérature, [42], [66], [86], [181], [204] et [227], il existe plusieurs outils de modélisation et de formalisation qui ont fait l'objet d'une revue analytique et comparative selon des critères précis. Parmi ces outils, ceux qui ont le plus attiré notre attention sont : Apollo, IsaViz , Swoop et Protégé.

Le tableau 5.8 compare ces 4 outils. Nous constatons que Protégé est davantage compatible avec le cycle de vie méthodologique retenu à compter de la conceptualisation et surtout de la formalisation jusqu'à la maintenance (cf les figures 5.3 et 5.4 pour le cycle de vie et la figure 5.5 pour le schéma récapitulatif des étapes de construction d'une ontologie). Nous avons donc retenu l'éditeur Protégé, dans sa version 5.

5.7.2 Typologies des erreurs dans les ontologies de fondement existantes

L'examen des ontologies de haut niveau constitue une clé importante pour l'ingénierie ontologique. Ces ontologies fournissent des indications sur la manière de construire une ontologie et un aperçu des concepts et relations de base qui y sont utilisés. Ceci est un capital dont on pourrait se servir en terme de partage et de réutilisation dans notre domaine de discours cible. Des exemples de ces ontologies sont OBO, BFO, DOLCE, SUMO, CYC, ...[206]. Elles diffèrent par leur qualité et volume (quantité) s'agissant de la représentation des concepts, des propriétés et relations. Certaines ontologies (OBO, BFO) vont plus loin en mettant en évidence la distinction entre continuant et occurrents d'une part, et d'autre part leur dépendance mutuelle. Plus spécifiquement au sein des occurrents, la distinction entre processus et évènement est nettement mise en relief.

Lors du développement d'une ontologie, le modélisateur doit s'attaquer à un large éventail de difficultés, pouvant être liées à l'inclusion ou l'introduction d'anomalies dans la modélisation. Dans ce contexte, OOPS

23. www.hozo.jp/OntoTools consulté en 2014

Niveaux de critères	Caractéristiques	Protégé (5)	IsaViz	Apollo	Swoop
Architecture	extensibilité	oui via des extensions plug-ins	non	non	non
	format de fichier de stockage	fichiers	fichiers	fichiers	fichiers
Interopérabilité	export/import	HTML, Java, XML, XMLS, RDF(S), OWL, OKBC PROTOCOLE	XSLT, RDF(S), OIL, OWL	OCML, OKBC-PROTOCOL	RDF(S), OIL, DAML
	fusion	oui	non	non	non
Service d'inférence	moteur d'inférence	Pal, Fact+, Hermit, RacerProTG 1.2.0	non	non	non
	contrôle de la consistance	via plugins comme Fact, and pal	à travers l'héritage taxinomique et détection de cycles	oui	contrôle restreint sur les erreurs relevant seulement des écrits seuls et non des inférés
Utilisabilité	collaboration avec d'autres outils	oui	oui	non	non
	visualisation	plusieurs outils de visualisation par plug-in en général	oui	non	non
	Librairie / bibliothèque d'ontologies	oui	non	non	non
Versioning et support en collaboration	versioning	oui	non	non	non
	collaboration des participants	en partie	pas de collaboration	pas de collaboration	en partie

TABLEAU 5.8 – Étude comparative de quelques outils éditeurs d'ontologies formelles

	Approches d'évaluation			
Niveaux	**Norme d'or (golden standard)**	**A base d'application (application based)**	**Par pilotage de données (Data-driven)**	**Évaluation humaine (assessment by humans)**
Lexicalité, Vocabulaire, concept, donnée	x	x	x	x
Hiérarchie (taxinomie ou taxonomie)	x	x	x	x
Autre relation sémantiques	x	x	x	x
Contexte et application		x		x
Syntaxe	x			x
Structure, architecture et conception				x

TABLEAU 5.9 – Quatre approches d'évaluation d'une ontologie (de domaine)

(OntolOgies Pitfalls Scanner), nous relève une trentaine d'erreurs typiques, après avoir analysé plus de **362** ontologies existantes (en utilisation) dont certaines sont mondialement reconnues et d'autres beaucoup moins [155] [157] [168]. Ces erreurs typiques ont fait l'objet de plusieurs conseils, guides et indications.

L'évaluation de l'ontologie qui en vérifie la qualité technique par rapport à un cadre de référence, et sa validation (consistance interprétative et faisabilité), jouent un rôle clé lors de tout cycle de développement d'ontologies. Cette évaluation de l'ontologie peut viser différents niveaux [47]. Différentes approches d'évaluation existent. En dehors de l'approche humaine, celles que nous présentons ne couvrent pas l'ensemble de ces niveaux de critères contenu dans le tableau 5.9.

5.7.2.1 Catalogue de 33 écueils communément rencontrés dans la construction des ontologies

Cette étude nous permet d'éviter les écueils couramment commis.

Plusieurs auteurs [29] [105] [155] [156] [157] [242] ont listé les types d'écueils retrouvés de manière régulière dans de nombreuses ontologies (au nombre de plus de **350**) de toute nature (**fondationnelles** ou de **fondement**, **noyau**, **domaine**, application, tâche). Ces écueils sont notés de P_1 à P_{35}. Nous les regroupons en neuf (9) divisions : de Div_1 à Div_9 (cf tableau 5.10). Les erreurs P_{34} (classe non typée) et P_{35} (propriété non typée) ne concernent pas notre travail. Chacune des divisions est explicitée par des points précis impactant directement ou indirectement des éléments devant constituer une ontologie ou encore toute l'ontologie.

- **div_1 : Écueils relatifs aux concepts** (cf tableau 5.11)

Divisions	Significations	Écueils	Nombre d'écueils
Div_1	écueils relatifs aux concepts	P_1, P_2, P_6, P_7, P_{21}	5
Div_2	écueils relatifs aux Concepts, relations et propriétés	P_4, P_{10}, P_{11}, P_{17}, P_{18} P_{19},P_{23}, P_{28}, P_{29}, P_{33}	10
Div_3	écueils relatifs aux relations	P_5, P_{13}, P_{24}, P_{25}, P_{26}, P_{27}	6
Div_4	écueils relatifs aux propriétés	P_{12}	1
Div_5	écueils généraux (annotations)	P_8, P_9, P_{20}, P_{22}	4
Div_6	écueils relatifs aux concepts, relation, instances individuelles et valeurs	P_3	1
Div_7	écueils relatifs aux instances individuelles et valeurs	P_{14}	1
Div_8	écueils relatifs aux axiomes	P_{15}, P_{16}	2
Div_9	écueil de définition de classe d'équivalence	P_{30}, P_{31}, P_{32}	3
		Total	***33***

TABLEAU 5.10 – Catalogue des 9 groupes d'erreurs courantes dans les ontologies

Div_1	P_1	Création d'éléments polysémiques
	P_2	Création de synonymes en tant que classes
	P_6	Inclusion de cycles dans la hiérarchie
	P_7	Fusion de différents concepts dans la même classe
	P_{21}	Utilisation d'une classe diverse

TABLEAU 5.11 – Groupe 1 des erreurs relatives aux concepts

Div_2	P_4	Création d'éléments d'ontologie isolés (non connectés)
	P_{10}	Manque ou absence de disjonctions utiles
	P_{11}	Manque de domaines et de range
	P_{17}	Spécification de spécialisation trop avancée
	P_{18}	Spécification trop aigüe de domaine et de range
	P_{19}	permutabilité entre intersection et union (swapping)
	P_{23}	Utilisation incorrecte d'éléments d'ontologie (classe concept, relation ou propriété)
	P_{28}	Définition de relations symétriques qui n'ont pas le même domaine ni la même plage de range
	P_{29}	Définition de relations transitives qui n'ont pas le même domaine ni la même plage de range prise deux à deux
	P_{33}	Création d'une chaîne de propriété avec une seule propriété

TABLEAU 5.12 – Groupe 2 des erreurs relatives aux concepts, relations et propriétés

Div_3	P_5	Définition de mauvaises relations inverses
	P_{13}	Manque de relations inverse
	P_{24}	Utilisation de la définition récursive
	P_{25}	Définition d'une relation inverse à elle-même :
	P_{26}	Définition de relations inverses en lieu et place de relations symétriques
	P_{27}	Définition de mauvaises relations équivalentes

TABLEAU 5.13 – Groupe 3 des erreurs relatives aux relations

Div_4	P_{12}	Absence de spécification de domaines de range des propriétés

TABLEAU 5.14 – Groupe 4 des erreurs relatives aux propriétés

- **div_2 : Écueils relatifs aux Concepts, relations et propriétés** (cf tableau 5.12)

- **Div_3 : Écueils relatifs aux relations** (cf tableau 5.13)

- **Div_4 : Écueils relatifs aux propriétés** (cf tableau 5.14)

- **Div_5 : Écueils généraux** (cf tableau 5.15)

- **Div_6 : Écueils relatifs aux concepts, relation, instances individuelles et valeurs** (cf tableau 5.16)

- **Div_7 : Écueils relatifs aux instances individuelles et valeurs** (cf tableau 5.17)

- **Div_8 : Écueils relatifs aux axiomes** (cf tableau **5.18**)

- **Div_9 : Écueils relatifs à la définition de concepts équivalents** (cf tableau **5.19**)

Div_5	P_8	Manque d'annotation des propriétés pour la compréhension
	P_9	Insuffisance d'information de base sur l'ontologie
	P_{20}	Permutation ou échange d'étiquettes et commentaires :
	P_{22}	Utilisation de différents critères de dénomination dans l'ontologie : absence de règles de notation des termes

TABLEAU 5.15 – Groupe 5 des erreurs d'ordre général

Div_6	P_3	Création de la relation "est" au lieu d'utiliser l'une des trois primitives relationnelles suivantes : "sous-classe", "instanceOf" ou "même Individuel" (notamment et respectivement "is" instead of using "rdfs :subClassOf", "rdf :type" or "owl :sameAs")

TABLEAU 5.16 – Groupe 6 des erreurs relatives aux concepts, relation, instances individuelles et valeurs

Div_7	P_{14}	Mauvaise utilisation de "allValuesFrom"

TABLEAU 5.17 – Groupe 7 des erreurs relatives aux instances individuelles et valeurs

Div_8	P_{15}	Utilisation incorrecte "not some" et "some not"
	P_{16}	Utilisation incorrecte des classes primitives et définies (ou abouties)

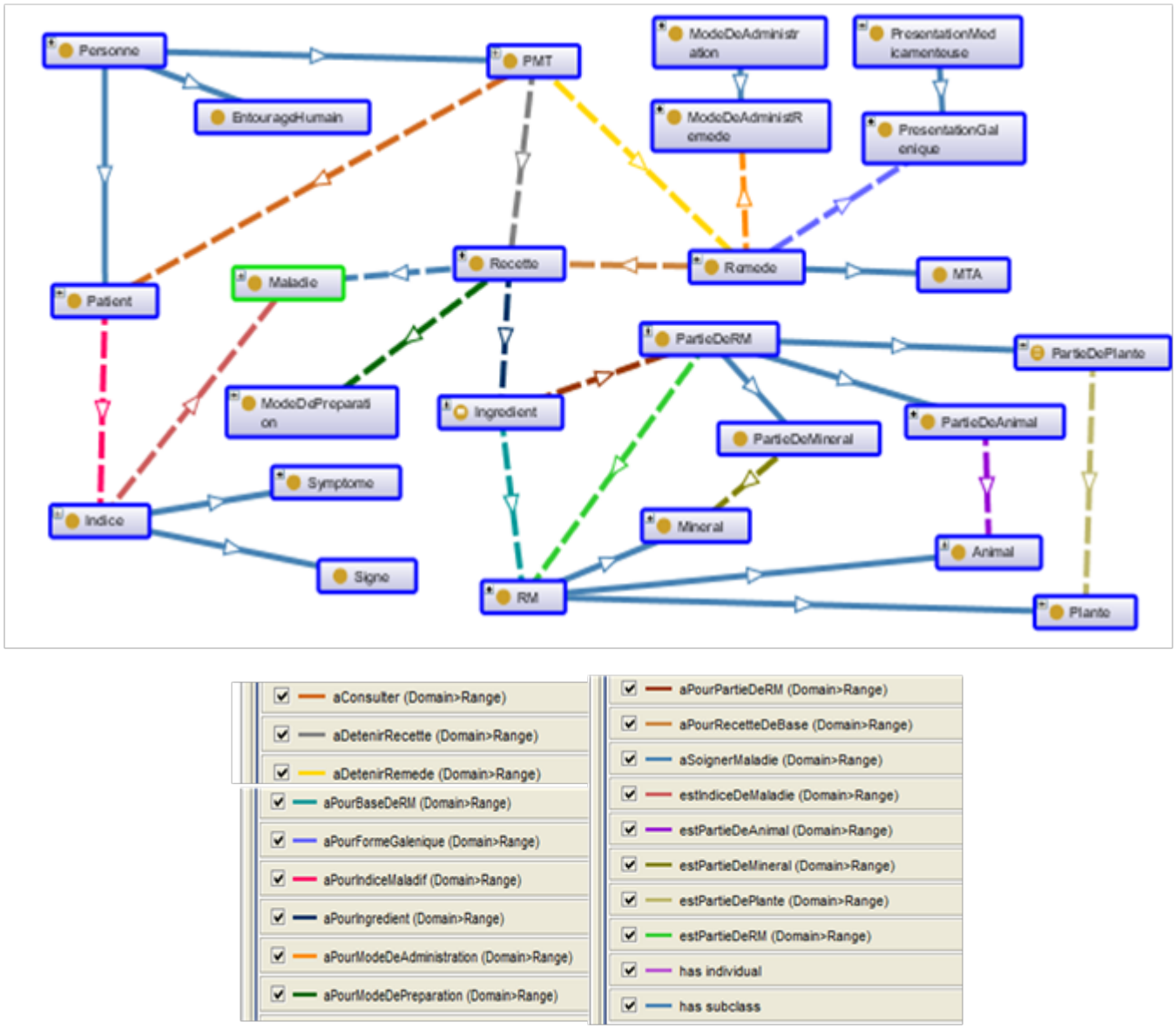
TABLEAU 5.18 – Groupe 8 des erreurs relatives aux axiomes

Div_9	P_{30}	Manque de classe d'équivalence
	P_{31}	Mauvaise définition de classe d'équivalence
	P_{32}	Plusieurs classes avec le même label

TABLEAU 5.19 – Groupe 9 des erreurs relatives à la définition de concepts équivalents

Échelle de préoccupation à laquelle se rapporte le type d'erreurs	**Erreurs**
Compréhension humaine	P_1, $P_{\mathbf{2}}$, P_7, P_8, P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{19}, P_{20}, P_{22}, P_{30}, P_{32}.
Consistance logique	P_5, P_6, P_{14}, P_{15}, P_{18}, P_{19}, P_{27}, P_{28}, P_{29}, P_{31}, P_{33}.
Représentation du monde réel ou de la réalité	P_5, P_9, P_{10}, P_{27}, P_{28}, P_{29}.
Modélisation	P_2. P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_{10}, P_{17}, P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{15}, P_{18}, P_{19}, P_{21}, P_{23}, P_{24}, P_{25}, P_{26}, P_{27}, P_{28}, P_{29}, P_{30}, P_{31}, P_{32}, P_{33}.

TABLEAU 5.20 – Classification des erreurs par cause



Notice : flèches en traits resp. discontinus et continus dénotant resp. object proprties et héritage

FIGURE 5.14 – Principales classes et relations d'ontoMEDTRAD

5.7.2.2 Classification des erreurs par cause

En outre, il existe d'autres typologies de catalogues au regard de l'impact de prise de conscience visé. Ainsi, nous présentons une cartographie extraites de [157] à travers le tableau 5.20. Ici, nous avons un catalogue d'erreurs courantes dans les ontologies et à quatre échelles de préoccupation.

5.7.3 Résultat : ontoCONCEPT-Term

La figure 5.14 montre la structure générale de l'ontologie ontoMEDTRAD et de sa couche terminologique ontoCONCEPT-Term [18].

Contenu de ontoCONCEPT-Term de ontoMEDTRAD		FIGURE
Aperçu d'ordre général	classes	5.15 et 5.16
	Propriétés	5.17
Iconisation	classes pour iconisation (subsumées par Forme)	5.18
	Propriétés pour iconisation (aPourForme)	5.19

TABLEAU 5.21 – Liste des figures des copies d'écran sous Protégé du contenu en partie de ontoMEDTRAD

ontoMEDTRAD 1.0		Nombre	RTO existantes : Librairies, thésaurus, Ontologies
Concepts		**144**	**15** (cf tableau 5.7)
Rôles	Relations associatives (object properties)	**76**	**2**
	Propriétés (data properties)	**16**	
Individus		**789**	
Axiomes		**2734**	
Famille de logiques de description : *ALCHOIQ(D)*			

TABLEAU 5.22 – Métrique de ontoMEDTRAD

Les processus et activités en matière de délivrance de soins de santé via la MT sont décrits au sens de Gaoussou [50] pour prendre en compte le contexte. Les copies d'écran suivantes, issues de Protégé, montrent la liste des classes et des propriétés. Il s'agit des figures consignées dans le tableau 5.21.

Les sept (7) propriétés associatives (relations) sélectionnées comme le montre la figure 5.19 sont dans la hiérarchie de racine aPourForme. Elles trouvent leur origine et raison d'être pour l'iconisation du concept de Plante dans le chapitre 6.
Le tableau 5.22 donne la métrique de notre ontologie.

Voici quelques exemples de définitions que nous avons retenus dans l'ontologie ontoMEDTRAD :
- recette : un procédé pour obtenir une fin désirée ;
- plante : les plantes sont des organismes vivants qui appartiennent au règne végétal et qui possèdent des racines et une partie aérienne ;
- arbre : plante lignifiée terrestre comportant un tronc sur lequel s'insèrent des branches ramifiées portant le feuillage dont l'ensemble forme le houppier, appelé aussi couronne ;
- tige : partie axiale d'un végétal ;
- tronc : partie principale de la tige ;

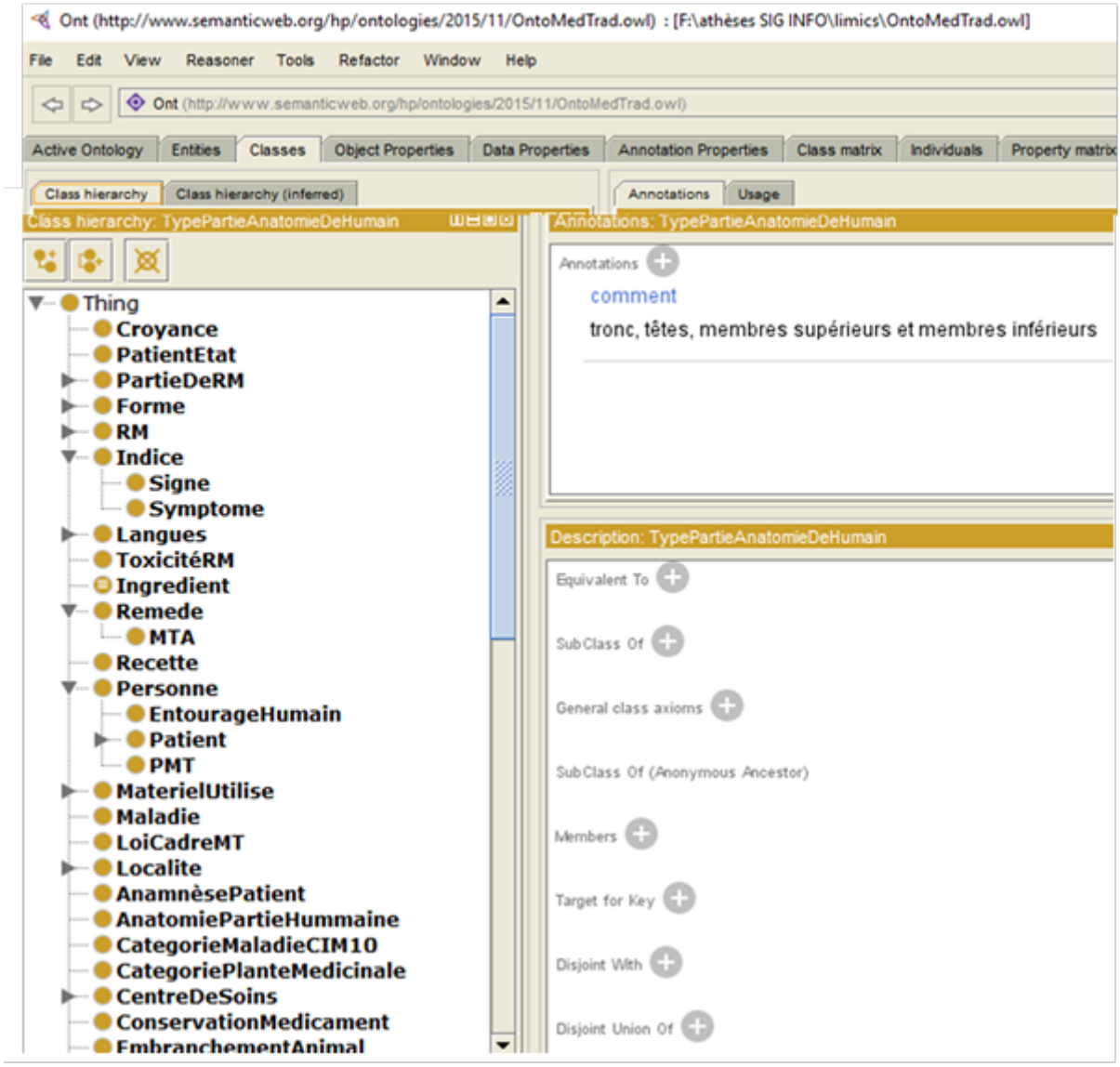


FIGURE 5.15 – Liste des classes sous Protégé de ontoMEDTRAD

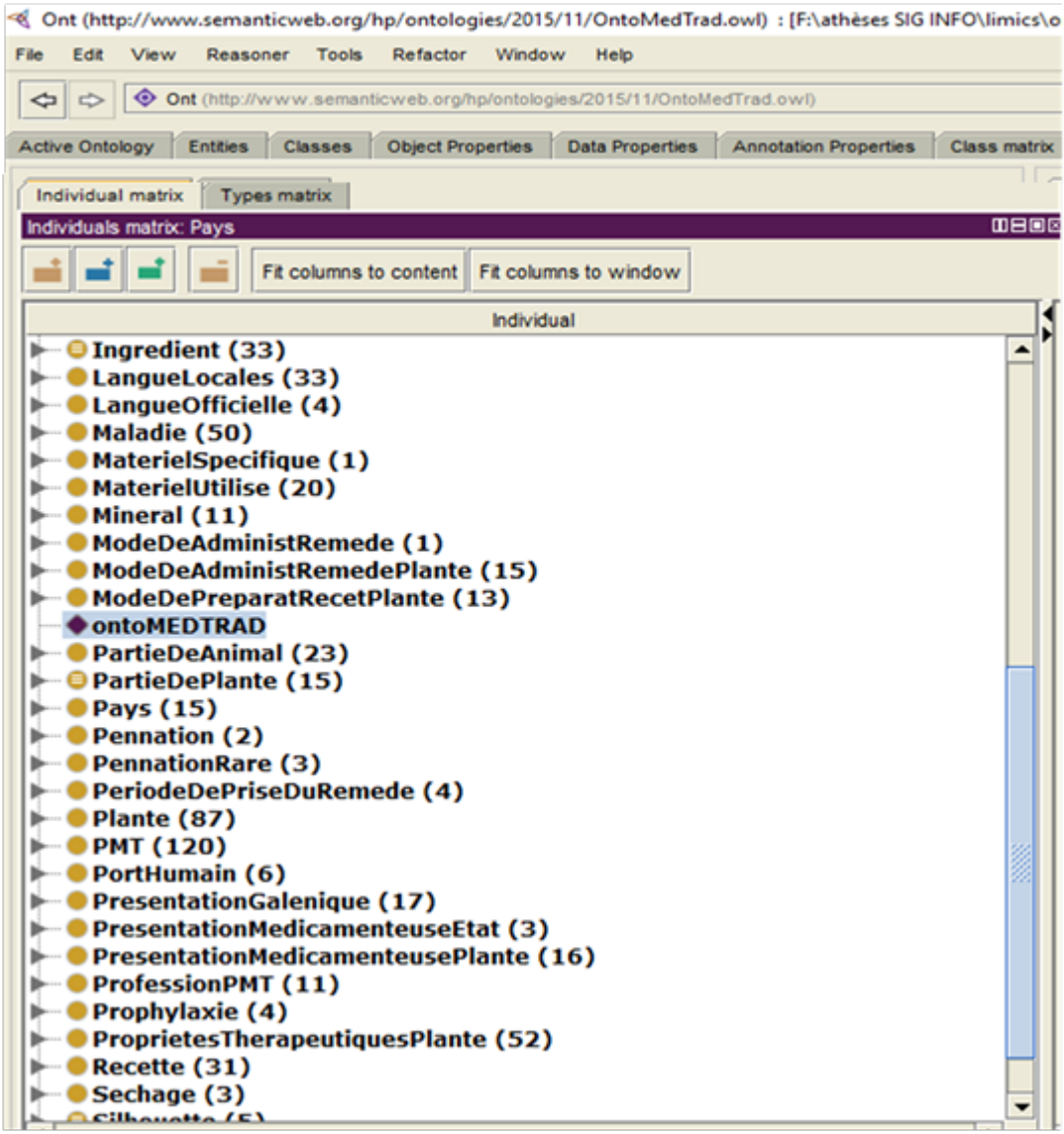


FIGURE 5.16 – Liste des classes avec le nombre d'individus ou d'instances par classe de ontoMEDTRAD

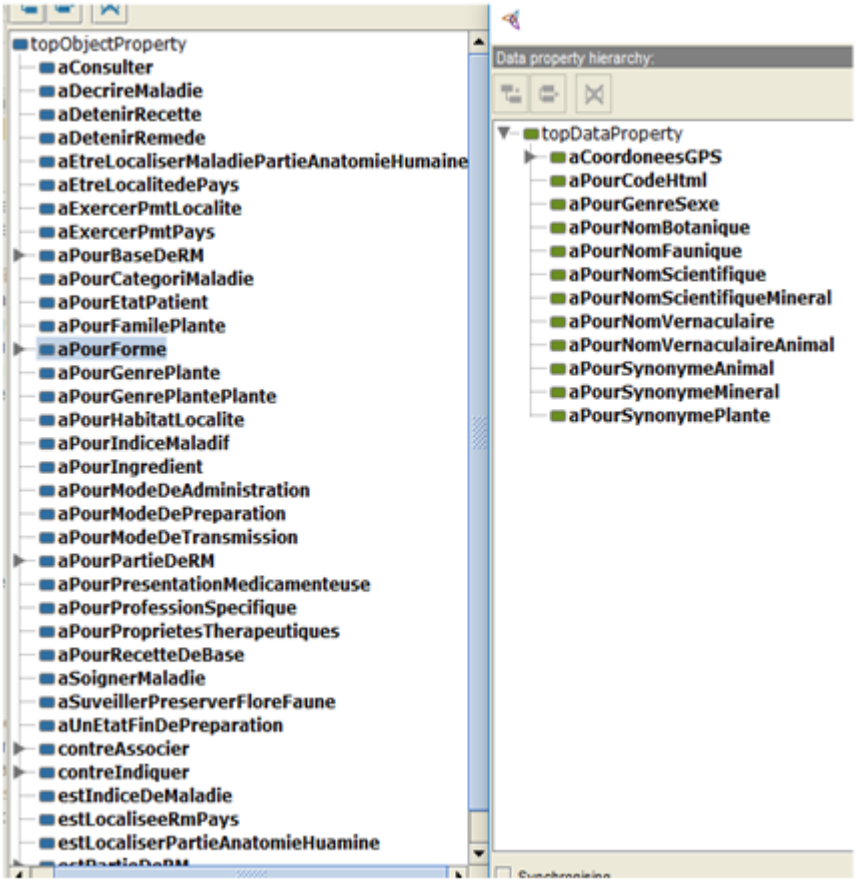


FIGURE 5.17 – Liste des propriétés de ontoMEDTRAD

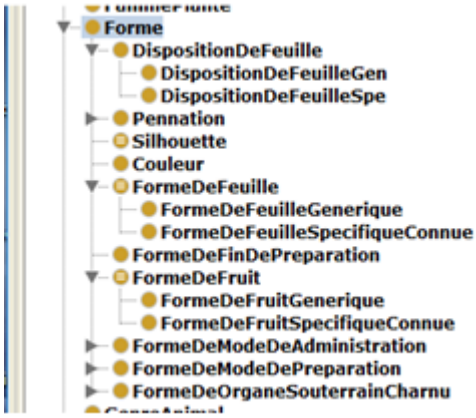


FIGURE 5.18 – Classes pour iconisation ontoMEDTRAD

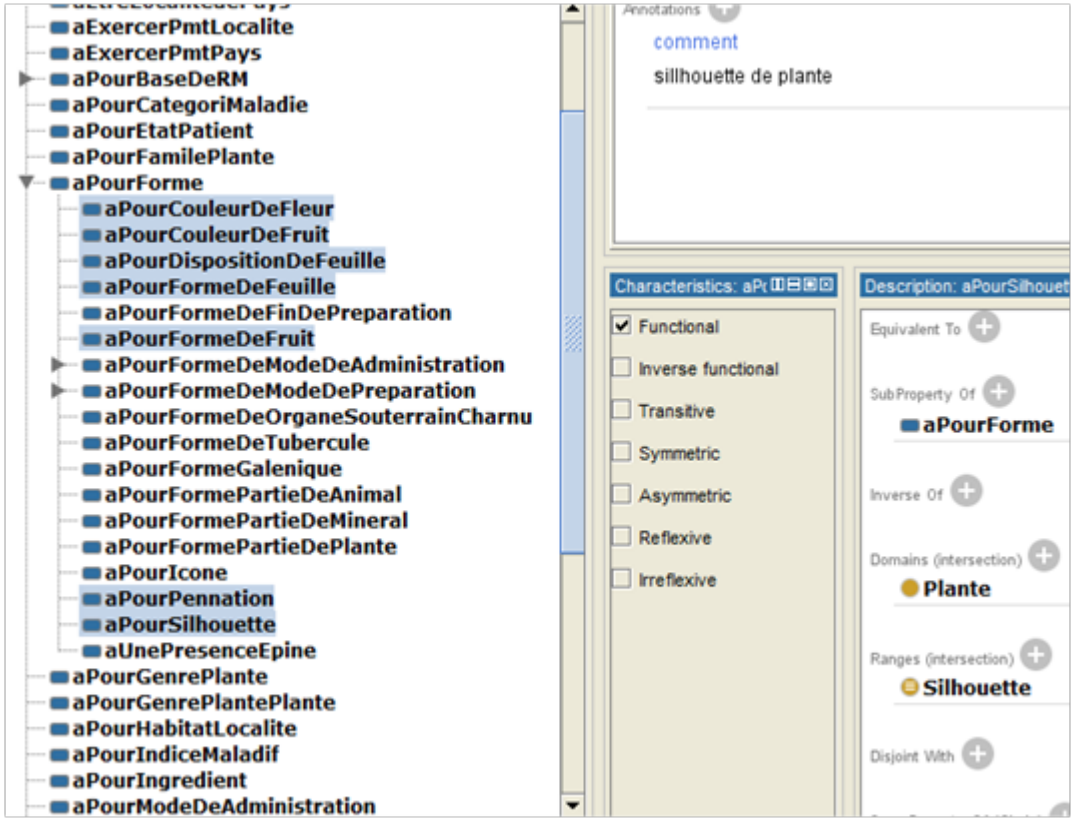


FIGURE 5.19 – Mise en relief des propriétés d'iconisation (Plante)

- feuille : organe aérien des végétaux ;
- fleur : partie de certains végétaux contenant les organes reproducteurs, souvent odorante et ornée de vives couleurs ;
- racine : partie inférieure, le plus souvent souterraine, d'une plante vasculaire, qui permet la fixation du végétal dans le sol tout en assurant son alimentation en eau et en sels minéraux ;
- sève : milieu intérieur fluide des plantes vasculaires dotées d'un double appareil circulatoire, s'écoulant dans les différentes parties par les vaisseaux conducteurs des tissus, et assurant leur nutrition et leur croissance ;
- écorce : enveloppe protectrice du tronc d'un arbre et de ses branches que l'on peut détacher du bois ;
- Maladie : altération (organique ou fonctionnelle) de la santé.

En particulier, nous avons vérifié que notre ontologie comprenait bien chacun des concepts nécessaires clés pour réaliser l'iconisation des plantes et des recettes à base de plantes (qui feront l'objet du prochain chapitre) : les types de plante (arbre, arbuste, palme, herbe, liane), et les neuf parties de plantes utilisées (feuille, fruit, fleur, racine, tronc, écorce de tronc, écorce de racine, sève, plante entière), les ingrédients, les recettes, les remèdes, les modes d'administration, et les modes de préparation. La maladie exemple est le paludisme.

Deux indicateurs d'évaluation de l'ontologie ontoMEDTRAD propre à protégé : consistance via raisonneur et expressivité Nous avons d'une part un niveau d'expressivité moyen (car l'excès d'expressivité peut diminuer les performances machine), et d'autre part nous n'avons noté aucune incon-

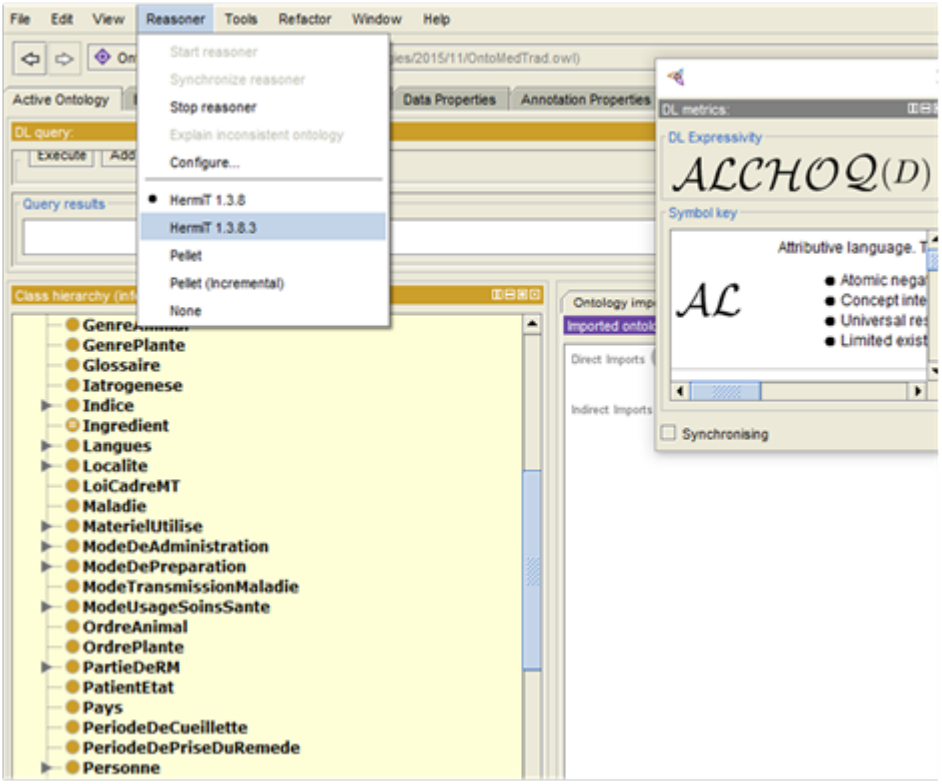


FIGURE 5.20 – Copie écran montrant l'exécution d'Hermit et l'expressivité de ontoMEDTRAD

sistance suite au lancement de plusieurs raisonneurs sous Protégé, notamment Hermit et Pellet (cf figure 5.20).

5.8 Synthèse

L'art de guérir par les plantes est connu et pratiqué en Afrique depuis bien avant l'ère de la MM. Les PMT ou guérisseurs sont soit initiés à cet art soit exploitent des savoirs transmis oralement de générations en générations. Nous avons également ceux ayant le don (innéisme) de guérir par les mêmes ressources médicinales. Les PMT et les ressources médicinales (plantes, ...), les connaissances afférentes, constituent un patrimoine important du continent africain [214].

Nous avons réutilisé des concepts isolés provenant d'ontologies et RTO existantes (e.g : PO [24], NCBI, MesH [25], PSO [26], FOODON [27], SNOMED-CT [28], TO [29], OBO [30], CIM-10 [31], ...), sans pour autant réutiliser les ontologies existantes en entier, à cause des nombreuses spécificités propres à la MT. Nous avons pris connaissances des erreurs (pitfalls) couramment commises dans la construction d'ontologie afin de nous en prémunir et de les éviter.

24. http ://www.ontobee.org/ontology/po
25. https ://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/
26. http ://www.sparontologies.net/ontologies/pso
27. http ://www.obofoundry.org/ontology/foodon.html
28. https ://bioportal.bioontology.org/ontologies/SNOMEDCT
29. http ://www.obofoundry.org/ontology/to.html
30. http ://www.obofoundry.org/
31. http ://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2015/en

Vu le volume considérable des travaux et la richesse de la MT, notre méthodologie globale de construction procède par étape et de manière incrémentale. C'est pour cela que, lors de la conceptualisation d'ontoCONCEPT-Term, nous nous sommes appuyés sur les trois (3) cas d'utilisation (UC) amenant à offrir des soins de santé primaires de MT au patient. Ceci nous a conduit à une description fine de ces trois (3) UC pour faire émerger les concepts et relations à même de traduire la réalité de l'art médical traditionnel de la manière la plus fidèle possible. Ceci nous a permis d'asseoir de manière importante ontoCONCEPT-Term, la partie entièrement terminologique de ontoMEDTRAD.

Pour débuter l'iconisation, qui fera l'objet du chapitre suivant, il ressort que la description de l'UC2 et de l'UC3 se prête bien à une approche visuelle et iconique. Le langage iconique que nous décrirons comprendra des icônes et des iconèmes pour la représentation des plantes médicinales, des recettes et des remèdes traditionnels. Il sera rattaché à ontoCONCEPT-Term à travers un lien indispensable entre le concept à iconiser et le descriptif graphique (visuel) terminologique y compris les couleurs. Il est en relation entre ce descriptif et les iconèmes. Bien entendu, ce descriptif donne une représentation des iconèmes.

Nous avons décrit ainsi la conception d'ontoMEDTRAD et sa formalisation sous Protégé, à travers sa couche terminologique, ontoCONCEPT-Term. La validation conceptuelle de l'ontologie pourrait être réalisée en effectuant une vérification manuelle par des experts, en la comparant à un *gold standard*, ou indirectement en évaluant des applications utilisant l'ontologie. Une seconde perspective est l'utilisation d'ontoMEDTRAD dans des applications, tel que le système sysMEDTRAD dont nous avons présenté l'architecture.

Chapitre 6

Vers une ontologie visuelle : construction d'un langage iconique pour les plantes médicinales, les recettes et les remèdes

Sommaire

6.1 Position de ontoICONE . . . 137
6.2 Périmètre de notre travail . . . 137
6.3 Construction d'un langage iconique pour les plantes . . . 138
6.4 Génération automatique des icônes de plantes à partir de l'ontologie ontoMEDTRAD (ontoCONCEPT-Term) . . . 154
6.5 Remarque importante . . . 157
6.6 Iconisation de la recette et du remède . . . 157
6.7 Généralisation de l'iconisation des remèdes et recettes pour l'ensemble des maladies . . . 167
6.8 Discussion . . . 167
6.9 Synthèse . . . 170

Construire un outil collaboratif de travail pour les PMT qui leur permet de communiquer malgré l'illettrisme, constitue un défi majeur. C'est pourquoi, nous proposons d'aller vers une ontologie visuelle intégrant des icônes en plus des termes. Nous l'appelons ontoICONE. Dans ce chapitre, nous amorcerons ce travail par la conception d'un langage iconique compositionnel pour identifier les plantes médicinales et pour représenter les recettes des remèdes de la MT. La sémantique de ce langage iconique s'appuiera sur notre ontologie de la MT (ontoCONCEPT-Term), qui a fait l'objet du chapitre précédent.

6.1 Position de ontoICONE

ontoMEDTRAD est structuré en deux modules sous forme de couches : ontoCONCEPT-Term et ontoICONE. ontoICONE a pour support ontoCONCEPT-Term. ontoICONE partage une partie terminologique de ontoCONCEPT-Term. Cette partie permet indirectement d'atteindre par la machine l'intelligibilité sémantique iconique d'une part et l'inférence sémantique iconique d'autre part.
L'épine dorsale ou noyau de ontoMEDTRAD est ontoCONCEPT-Term. ontoICONE correspond à l'ensemble des icônes ou pictogrammes dénotant des concepts de cette ontologie. La figure 1.1 en donne l'illustration. La couche A de cette figure 1.1 représente l'ontologie de la MT via les termes et des axiomes logiques. La description des concepts et des relations sémantiques entre ces concepts est d'ordre hiérarchique, de relation associatives et compositionnel par iconèmes et icônes. La couche B est associée à un sous-ensemble des concepts de ontoCONCEPT-Term. La couverture des concepts par les icônes est progressive.

6.2 Périmètre de notre travail

Le champ de la MT étant étendu, et vu la complexité des aspects de la visualisation, la construction iconique se veut progressive. En effet, pour un concept donné, créer une icône pour le représenter demande plus de travail que de le représenter par un terme. Ne pouvant donc pas réaliser la création des icônes d'un trait pour l'ensemble des concepts de la MT, nous avons focalisé notre travail sur l'UC2 (**définir le remède ie définir la recette** via ses ingrédients et son mode de préparation) et l'UC3 (**préparer le remède** et l'administrer au patient) pour l'amorçage de l'iconisation. Nous avons choisi le paludisme comme maladie contre laquelle est dirigée la finalité de UC1. Nous nous limiterons donc aux patients atteints de paludisme. Nous argumentons ces choix dans les paragraphes suivants.

En général, lorsque la maladie du patient est déterminée (UC1), le premier réflexe cognitif du PMT porte sur la ressource médicinale à partir de laquelle, il décèlera les parties devant servir à définir et à composer la recette (UC2). De cette recette, pourra découler alors le remède (UC3).

Relativement à UC1, le paludisme (ou la malaria) a été pris comme maladie exemple. Cette infection est classée parmi les maladies tropicales les plus morbides et mortelles en Afrique occidentale ([125], [133], [136]). De plus, comme constatée lors de nos sorties de terrain, cette maladie est inscrite dans l'agenda de la majorité des PMT pour le traitement des patients. Du coup, les cas d'utilisation UC2 et UC3 porteront sur les recettes et les remèdes contre le paludisme. Bien entendu recettes et remèdes ont pour base les ressources médicinales, premier matériel de travail du PMT.

A l'analyse de l'UC2, les ressources médicinales utilisées sont d'ordre végétal, minéral, animal et métaphysique. Nous rappelons que les éléments métaphysiques (magico-religieux, ...) ne font pas l'objet de notre présent travail. Parmi les ressources restantes, les plantes sont les plus dominantes dans les prescriptions

des PMT. Pour preuve, La plupart des étalages [72] et boutiques des tradipraticiens en Afrique de l'ouest abondent de plantes. Selon Kroa [136], les végétaux et surtout les plantes constituent de loin le lot le plus important de l'arsenal thérapeutique traditionnel. C'est pourquoi, nous nous intéressons uniquement aux remèdes antipaludiques à base de plantes. Sur ces dernières, un inventaire est nécessaire.

Une recette est une composition de parties de plantes (les ingrédients) avec un mode de préparation. Un remède est l'ensemble constitué de la recette, la forme de fin de préparation (ou forme galénique) et les modes d'administration. Pour cela, nous retenons comme concepts fondamentaux relevant de la MT, de l'UC2 et de l'UC3 : **Plante**, **Partie de plante**, **Mode de préparation**, **Forme de fin de préparation** et **Mode d'administration**.

NB : Nous faisons remarquer que conceptuellement préparer un remède au regard du chapitre précédent à travers l'UC3, repose ou revient pragmatiquement et plus finement à préparer la recette émanant de la prescription du remède. Ainsi, dans ce qui va suivre précisément en section 6.6 (du présent chapitre 6), notre modélisation rattache mode de préparation à recette.

Il convient alors, au regard de ce qui précède, d'amorcer l'iconisation avec le concept de Plante de notre ontologie ontoMEDTRAD (ontoCONCEPT-Term). En MT, il est clairement notifié la préexistence de la plante à la recette et au remède. Les icônes de plantes qui seront obtenues feront partie d'ontoICONE. Notons également que le nombre élevé d'espèces de plantes médicinales en Afrique de l'ouest estimé à plus de 500 [8] [136], constitue une difficulté majeure pour que les PMT les mémorisent, mais aussi pour que nous puissions les représenter par un jeu d'icônes. Ainsi, créer une icône pour chaque espèce impliquerait une multiplication d'icônes difficilement maîtrisable par le PMT.

Suite à ce constat, il parait nécessaire de mettre au point un langage iconique combinatoire pour présenter visuellement les plantes médicinales et permettre leur reconnaissance distinctive. Ce langage permettra de créer de nombreuses icônes à partir d'un jeu restreint de pictogrammes et d'iconèmes.

6.3 Construction d'un langage iconique pour les plantes

Cette partie porte sur l'extraction d'un jeu de données, la définition de critères valeurs (attributs-valeurs), leur sélection automatique (via weka), dessin des iconèmes et leur assemblage automatique donnant l'icône du concept de plante.

6.3.1 Extraction d'un jeu de données (31 remèdes et 22 plantes)

Nous avons eu recours à un florilège de plantes médicinales antipaludiques collectées en pharmacopée traditionnelle. Notre anthologie de plantes est constituée d'un échantillon de vingt deux (22) espèces végétales médicinales utilisées dans trente et un (31) remèdes, suite à nos recherches bibliographiques basées sur des résultats de travaux botaniques et ethnobotaniques en biosciences concernant la MT. Nous avons eu également recours à des ressources bibliographiques en ligne (comme PROTA [1, 2]). Nous avons confronté cet échantillon de plantes anti-malaria avec les avis des PMT lors de nos multiples visites de terrain (en Côte d'Ivoire et au Sénégal). Tous les PMT ont (re)confirmé à 100% les valeurs thérapeutiques de ces plantes contre le paludisme. Parmi ces plantes ainsi ciblées, certaines comme le neemier (Azadirachta indica A. Juss. (Meliaceae) ou neem), sont connues de manière populaire tant dans les villes que dans les villages d'Afrique de l'ouest pour leur efficacité contre le paludisme. Cette plante neemier a une appellation célèbre "d'arbre à pharmacie".

1. PROTA : Plants Resources of Tropical Africa consulté en 2015
2. http ://uses.plantnet-project.org/fr consulté en 2015

En général, les différents travaux analysés présentent leurs résultats sous forme de tableau. Les colonnes de ces tableaux indiquent la plante médicinale notifiée par son nom botanique, les parties utilisées, les modes de préparation (en abrégé MP, e.g : décoction), les modes d'administration (en abrégé MA, e.g : boisson), les indications (maladies ou symptômes). Sont parfois également présents les noms en français ou en anglais, et les noms locaux des plantes et des maladies. S'agissant de ces noms en langues locales, les termes de ces noms sont exprimés en utilisant l'alphabet de la langue officielle. La plupart des langues locales ou dialectes ne sont pas écrits. On parle alors de langage parlé (langue locale) et non écrit. Une "bonne" langue officielle est un langage parlé et écrit.

L'extraction des 22 plantes pouvant combattre le paludisme est la résultante d'analyse croisée entre les sources précédentes et celles relatives notamment à la documentation reçue du PNPMT (Côte d'Ivoire) et celle de l'ONG (Prometra) du Sénégal. Ces sources multiples en ethnobotanique et en pharmacopée traditionnelle de la MT surtout incluant l'Afrique de l'ouest sont [6], [7], [10], [20], [54], [71], [72], [124], [166], [170], [171], [176], [185], [198], [246], [247], les sites [3], [4]. Les séminaires et ateliers auxquels nous avons eu droit de participer, nous ont été très instructifs en matière de thérapie par les plantes médicinales.

A travers les tableaux 6.1 et 6.2, nous donnons respectivement les 22 plantes et les 31 remèdes retenus. Un travail important a été nécessaire pour rechercher, extraire, recouper, et structurer ce jeu de données, en particulier à cause de la confusion fréquente entre plantes et remèdes dans les sources. Nous avons rajouté au tableau 6.2 la colonne de la forme de fin de préparation (ou Forme Galénique) en abrégé FFP (ou FG). Notons que la plupart des remèdes contiennent une seule plante (mono-spécifiques), mais que certains en comprennent plusieurs (jusqu'à 5) (multi-spécifiques).

Nous devons à présent trouver des critères sur les aspects visuels pour caractériser chacune des 22 plantes. Pour cela, nous procéderons aux étapes suivantes :

- définir les critères possibles ;
- définir les valeurs possibles des critères ;
- sélectionner les critères à retenir.

6.3.2 Définition des critères

Nous nous sommes intéressés à la partie de la botanique (la science ayant pour objet l'étude des végétaux) relative aux caractéristiques morphologiques des plantes. De toute évidence, les différentes parties d'une plante feront l'objet de la description visuelle iconique que nous mettons en œuvre. Pour cela, nous avons passé en revue chacune des 22 espèces végétales antipaludiques. Ainsi pendant cette tâche d'analyse méticuleuse, difficile et longue, les éléments caractéristiques de la botanique physique relatifs aux différentes parties de la plante notamment : feuilles, fruits, fleur, tronc (branche, tige, stipe, rameau, brin, brindille), fleurs, écorces, épines, racines, sève, ..., nous ont été d'un précieux apport. Chaque partie matérielle de la plante fait l'objet d'une description détaillée. Dans un premier temps, nous avons arrêté de manière "naïve" **42** critères après le parcours des descriptions botaniques. Le nom botanique ne peut bien évidemment pas être considéré comme critère car il n'existe pas de manière directe de le traduire en icônes non textuelle. En outre, sous forme d'une résultante, ce **nom botanique de l'espèce** est la cible (classificatoire) sur laquelle devront s'appliquer les autres critères. La liste des 42 critères est donnée dans les tableaux 6.3 et 6.4.

N°PL.	Plantes
1	Adenia lobata (Jacq.) Engl. (Passiflore)
2	Ananas comosus (L.) Merr. (Bromeliaceae)
3	Azadirachta indica A. Juss.(Meliaceae)
4	Carica papaya L. (Caricaceae)
5	Chrysophyllum africanum A. DC. (Sapotaceae)
6	Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle (Rutaceae)
7	Cochlospermum tinctorium Perr. Ex A. Rich.(Cochlospermaceae)
8	Cocos nucifera L. (Arecaceae)
9	Combretum micranthum G. Don(Combretaceae)
10	Cymbopogon citratus (DC.) Stapf (Poaceae)
11	Enantia polycarpa (DC.) Engl. et Diels (Annonaceae)
12	Eucalyptus camaldulensis Dehnhardt (Myrtaceae)
13	Ficus exasperata Vahl (Moraceae)
14	Hibiscus sabdariffa L. (Malvaceae)
15	Lannea microcarpa Engl. et K. Krause (Anacardaiceae)
16	Manihot esculenta Crantz (Euphorbiaceae)
17	Musa x paradisiaca L. (Musaceae)
18	Nephrolepis biserrata (Sw.) Schott. (Davalliaceae)
19	Scaphopetalum amoenum A. Chev. (Malvaceae)
20	Senna alata (L.) Roxb. (Fabaceae-Caesalpinioideae)
21	Senna occidentalis L. (sfamille Caesalpinaceae)
22	Vernonia colorata (Willd.) Drake (Asteraceae)

TABLEAU 6.1 – Liste des 22 plantes anti-malaria

Il existe des feuilles simples et des feuilles composées de plusieurs folioles. Lorsque nous parlons de feuille sans précision, alors il s'agit de feuille simple ou de la foliole d'une feuille composée. Lorsque nous parlons d'une feuille composée nous le préciserons systématiquement.

Nous ne devons pas perdre de vue la minimisation du nombre de critères pour une fin de non surcharge de l'icône.

6.3.3 Définition des valeurs des critères

Pour chaque critère qualificatif, nous avons défini les valeurs possibles. Nous avons cherché à minimiser le nombre de valeurs par critères, par souci de simplicité, tout en permettant la reconnaissance individuelle des 22 espèces végétales. La grande variabilité de la description botanique peut amener à deux constats :

1. Pour une forme de fruit d'une espèce de plante donnée, la même forme peut être désignée différemment selon le botaniste. Par exemple elliptique, obovale ou ovale pour la forme du fruit de neemier (Azadirachta indica A. Juss) ;
2. Le degré de précision souvent élevé en botanique de la même forme de feuille donnée conduit aux qualifications suivantes : rectiligne, en aiguillon, en aiguille. C'est souvent une volonté d'affinement

3. http ://www.ethnopharmacologia.org/recherche-dans-prelude/ ? consulté en 2015
4. http ://www.africamuseum.be/collections/external/prelude/view_plant ?pi=00600 consulté en 2015

N°Rmd	N°PL	Partie utilisée (PU)	MP	MA	FFP(FG)
1	3 21	feuille feuille	décoction	fumigation et boisson	liquide
2	21 3	feuille feuille	décoction	boisson et bain	liquide
3	21	feuille	décoction	boisson	liquide
4	1	feuille	décoction	boisson	liquide
5	1	tige	décoction	boisson	liquide
6	15	écorce- racine- feuille	décoction	boisson et bain	liquide
7	20 4 22	feuille feuille feuille	décoction	boisson et bain	liquide
8	20	feuille	infusion	boisson	liquide
9	22 20	feuille feuille	décoction	boisson et bain	liquide
10	4	feuille	décoction	boisson	liquide
11	4	fleur	infusion	boisson	liquide
12	4	fruit	pétrissage	absorption	pâte
13	4 2 6 21 8	fleur fruit fruit feuille racine	décoction	boisson	liquide
14	10 14 16 6	feuille pétiole feuille fruit	décoction	boisson	liquide
15	5	feuille	décoction	bain de vapeur	vapeur
16	5	écorce de tige	pétrissage	boisson	liquide
17	20	feuille	décoction	bain de vapeur	vapeur
18	20	feuille	décoction	ablution	liquide
19	21 11	écorce de racine écorce de racine	pétrissage	purge et badigeonnage	pâte
20	21	feuille	décoction	ablution	liquide
21	11	écorce	décoction	boisson	liquide
22	11	écorce	macération	purge	liquide
23	13	écorce de tige	macération	boisson	liquide
24	13	écorce de tige	pétrissage (piment)	purge	liquide
25	9	racine séchées	décoction	boisson	liquide
26	17 6	feuille fruit	décoction	boisson	liquide
27	19	feuille	décoction	bain de vapeur	vapeur
28	19	feuille	macération alcoolique	boisson	liquide
29	7	racine séchée	décoction	boisson	liquide
30	18 4 6	feuille fraiche feuilles sèche jeune feuille	décoction	boisson	liquide
31	12 4 21	feuilles feuille sèche feuille	décoction	boisson, fumigation et bain de vapeur	liquide

TABLEAU 6.2 – Liste de trente un (31) remèdes traditionnels

	Critère	**Valeurs**
1	silhouette de la plante	arbre, arbuste, arbrisseau, sous-arbrisseau, arbuste lianescent, herbacée, herbacée vivace, arbre fructifère, palmiers, bambou
2	feuillage de la plante	caduque, persistant
3	tronc existant	booléen
4	longueur du tronc	réel
5	largeur du tronc	réel
6	longueur du fruit	réel
7	largeur du fruit	réel
8	longueur de la feuille	réel
9	largeur de la feuille	réel
10	écorce du tronc	lisse, fissurée, cannelée, fibreuse, crevassée
11	écorce du tronc se détachant	lanière, plaque, écaille
12	pétiole/pédoncule (fixant la feuille, la fleur, le fruit)	court : $<=$ 1 cm, ; moyen : $>$ 1 cm et $<=$ 5 cm, long : $>$ 5 cm, sessile : 0 cm
13	forme de feuille simple ou foliole	elliptique, orbiculaire, peltée, réniforme, cordée, obcordée, orbiculaire, rhomboïdale, spatulée, triangulaire, conique, sagittée, hastée, longue, oblongue, panduriforme, acutilobée, lunée, lunulée, cunéiforme, peltée, deltoïde
14	forme de la feuille simple ou foliole (pennée, palmée, pédalée)	pennatilobe, pennafide, pennapartite, pennatisequee , palmatilobe, palmatifide, palmatipartite, palmatisequee, pédatilobe, pédatifide, pédatipartite, pédatisequée.
15	pénnation nervure de feuille simple ou foliaire	alterne, opposée, palmée, pédalée, anastomosée, uninervée, transverse, réticulée, dichotome, parallèle, en éventail, curvinervée, peltée
16	pénnation feuille composée 1	paripenné, imparipennée
17	pénnation feuille composée 2	pennée, bipennée, tripennée, quadripennée
18	pennation feuille composée 3	trifollée, palmée, pédalée, pectinée
19	disposition de la foliole sur axe feuille composée	alterne, opposée
20	disposition de feuille sur tige/stipe ou tronc (Feuille simple ou feuille composée)	alterne, opposée, touffe, verticille, spirale, générique
21	couleur Feuille	vert pur foncé, vert clair, rouge bordeau, jaune
22	épine existant en une partie quelconque de la plante	booléen
23	épine de tronc tige branche	booléen
24	épine de feuille	booléen
25	épine de fruit	booléen

TABLEAU 6.3 – Liste des critères

	Critère	Valeurs
26	épine de fleur	booléen
27	épiné de racine	booléen
28	forme de fruit	ronde, ovale, allongée, triangulaire
29	de fruit	texte
30	fruit très connu (populaire)	booléen
31	fruit comestible par homme	booléen
32	couleur de fleur	texte
33	vrille (plante rampante)	booléen
34	stipule (plante non rampante)	booléen
35	nombre de pétales de corole fleur	entier
36	nombre de pétales de calice fleur	entier
37	sève	booléen
38	couleur de sève	texte
39	organe fruit souterrain	booléen
40	forme organe fruit souterrain	ronde, ovale, allongée, triangulaire
41	graine ou pépin	booléen
42	sexe de la plante	mâle, femelle

TABLEAU 6.4 – Liste des critères (suite)

et de précision distinctive affichée par le botaniste (souvent propre à la zone ou au milieu floristique étudié).

Pour le besoin iconique, nous avons décidé de simplifier et d'effectuer des regroupements pour ne conserver qu'une seule valeur de forme parmi les trois qualifications : elliptiques, obovales et ovales. Ici nous retenons elliptique. Nous avons simplifié les formes de feuilles de la même manière en retenant elliptique.

Dans notre démarche, nous avons considéré des catégories génériques correspondant à des formes géométriques simples (ellipse par exemple). Quand cela s'avère complexe voire impossible de faire correspondre une forme donnée à une forme générique, nous avons considéré des formes spécifiques, surtout lorsqu'elles sont soutenues par la connaissance ou la reconnaissance populaire. Ces dernières formes sont également dites typiques. Par exemple, la feuille du cocotier (cocos nucifera L.) a une forme spécifique très reconnaissable, et nous avons décidé de la conserver comme telle (voir tableau 6.12). De même pour la forme du fruit banane. Une forme spécifique (typique ou prototypique) peut être affectée à une autre espèce de plante moins connue (ou reconnue), à partir du moment où cette forme est la même que l'autre plante moins célèbre.

En dehors de la silhouette considérée indispensable (une sorte de moment d'unité [43]) pour le concept de plante, il est possible qu'une espèce de plante donnée, n'ait aucune valeur pour un critère donné. Il ne s'agit pas d'une valeur manquante ou absente mais de valeur inexistante. Par exemple, on pourra mettre "pas de fruit" comme valeur au critère forme de fruit, pour les plantes non fructifères. En revanche, il existe des cas où l'espèce de plante a plus de deux valeurs pour un critère (à multiples valeurs). Cette propriété est systématiquement remarquée sur les individus.

Certains critères (comme la couleur de fleur) peuvent prendre plusieurs valeurs (par exemple blanc, jaune, bleu) pour une même plante. Nous autoriserons jusqu'à deux valeurs différentes pour une plante donnée, mais nous n'irons pas au-delà, afin de ne pas surcharger les icônes. Dans de tels cas, nous devrons lui associer deux iconèmes dont un par valeur.

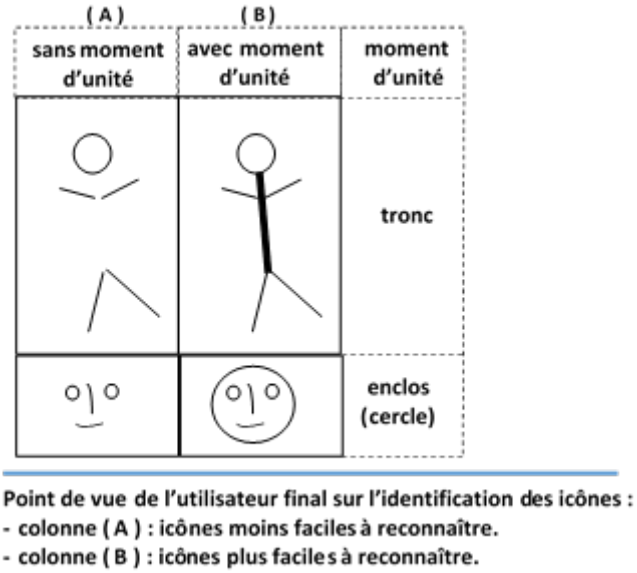


FIGURE 6.1 – Impact du moment d'unité dans la reconnaissance d'une image iconique

NB : Dans une icône d'un concept, quand il se dégage un iconème ayant le plus de liens sémantiques avec les autres parties ou avec les autres unités signifiantes, ce dernier est qualifié de moment d'unité (cf figure 6.1.). Son absence peut impacter négativement le sens visuel à accorder à l'icône du point de vue de l'utilisateur final, car simplement, sémantiquement, les liens de ce moment d'unité avec les autres parties (le tronc en rapport avec un membre supérieur (cf figure 6.1) ne sont pas pris en compte (décrits) par la machine ici.

6.3.4 Sélection des critères

Nous avons effectué la sélection des critères en deux étapes : pré-sélection manuelle et sélection d'attributs avec Weka (version 3.8).

Étape 1 : pré-sélection manuelle

Ce premier niveau de sélection des critères est fait en se basant sur les éléments suivants :

- le contexte et l'environnement de travail du PMT ;
- la reconnaissance populaire du critère (la forme du fruit est davantage connue que la forme de la racine par exemple) ;
- la limitation du nombre de critères pour éviter la surcharge iconique ;
- la facilité à présenter visuellement le critère (par exemple une couleur est facile à représenter), selon l'une au moins des trois règles de la stratégie de représentation (voir chapitre 4) : la similarité visuelle ou analogie, l'association sémantique, la convention arbitraire.

Le type de plante en terme de classification est diversement décrit par différents auteurs botanistes. Nous donnons un exemple à travers le tableau 6.5. Au regard de la grande variabilité de la description

selon "Classe des plantes, Types biologiques chez les végétaux intertropicaux par J. L. Trochain" [229]	selon "Familes des plantes par M. Adanson" Académie des Sciences [5]
1- Herbes mineures 2- Sous-arbrisseaux 3- Herbes majeures 4- Plantes herbacées 7- Plantes charnues 6- Arbrisseaux 8- Arbustes 9- Palmiers, bambous 10- Arbres (des boisements clairs) 11- Arbres ou grands arbres (des forêts)	1- Arbres 2- Arbres fructifères 3- Arbres et Arbrisseaux. Baccifères 4- Siliques 5- Arbrisseaux 6- Arbrisseaux grimpants 7- Herbes 8- Herbes pommifères et légumineuses

TABLEAU 6.5 – Différentes classifications des types de plantes selon deux botanistes

faite par les botanistes sur ce sujet, nous avons choisi de retenir le terme de silhouette plutôt que "type de plante".

Ce critère silhouette que nous considérons comme central pour une plante, a cinq valeurs que nous projetons d'arrêter : arbre, arbuste, palme, liane, herbe. Ce critère a un caractère stable et est indispensable pour la plante. Les PMT, acteurs principaux et utilisateurs centraux, ont émis des avis favorables pour ces silhouettes surtout lors de notre présentation au siège du PNPMT en février 2016 au Plateau (Abidjan). Bien que la majorité des PMT soient analphabètes, on note parmi eux, des universitaires, des enseignants chercheurs et des botanistes.

Par ailleurs, vu la complexité à représenter les dimensions, c'est à dire à apprécier sur les icônes une distance ou une longueur, les critères de hauteur, de longueur et de taille (exemple dans la liste de critères de base : du n°4 au n °9) n'ont pas été retenus (voir tableaux 6.3 et 6.4).

Nous avons retenu un premier lot de **13** critères numérotés de 1 à 13, au terme de cette première étape. Ce sont :

1. silhouette ;
2. disposition de la feuille ;
3. fixation de la feuille composée ;
4. forme de la feuille ;
5. pennation de la feuille composée ;
6. épine de la branche ;
7. épine de la tige ;
8. épine de feuille ;
9. épine du fruit ;
10. forme du Fruit ;
11. couleur du Fruit ;

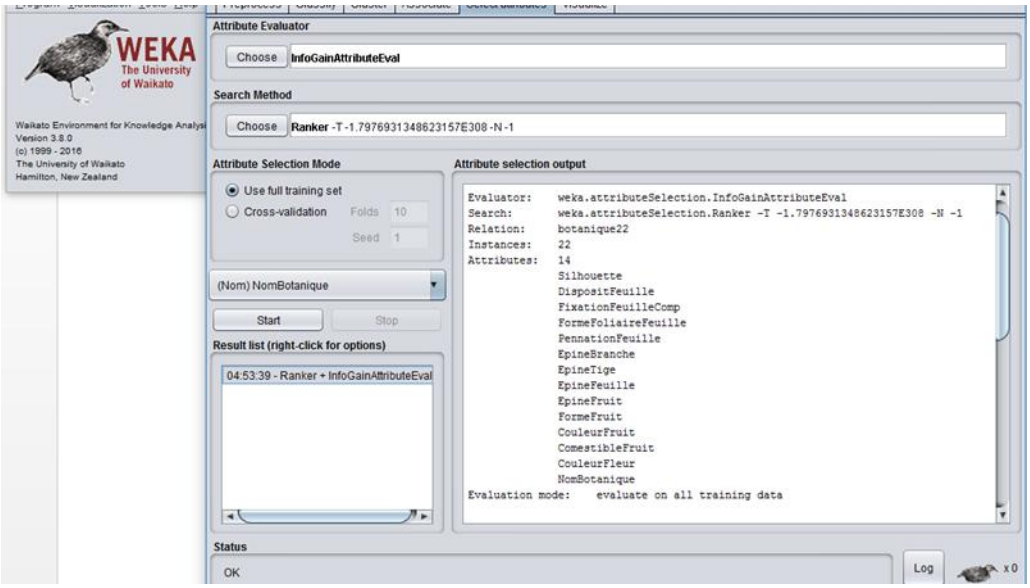


FIGURE 6.2 – 13 critères attributs de description des 22 plantes

12. comestible du fruit par l'homme ;
13. couleur de la fleur.

Étape 2 : sélection d'attributs avec Weka (version 3.8)

Dans un second temps, nous avons effectué une *sélection d'attributs* (*features selection*) à l'aide d'algorithmes d'apprentissage. Nous avons utilisé WEKA, pour définir le poids de chaque critère au regard des valeurs prises par espèce de plante. Weka [5] (Waikato Environment for Knowledge Analysis) est une suite de logiciels d'apprentissage automatique (Machine learning). Weka ne permet d'avoir qu'une seule valeur pour un critère, pour une espèce donnée. Lorsque nous avions plusieurs valeurs, par exemple des fleurs jaunes et blanches, nous avons retenu arbitrairement l'une des deux valeurs.

L'usage que nous avons fait de Weka est principalement celui de ses deux modules Ranker et Jrip. Nous avons utilisé d'abord Ranker pour la sélection des critères. Ces critères sont des attributs (attributes en anglais) sous Weka et les 22 espèces les instances. Les critères les plus utiles pour distinguer nos 22 plantes ont un poids plus élevé.

Le fichier des 22 plantes avec les 13 critères, au format CSV (noté donc botanique22.csv), une fois chargé dans Weka pour l'analyse, la liste des attributs y est bien indiquée (voir figure 6.2).

Un poids (weight) est affecté par Ranker à chaque critère (voir figure 6.3). Cette valeur calculée pour chaque critère montre sa capacité à distinguer les 22 individus (instances de plantes).

Les critères candidats à l'élagage sont cochés et les autres sont ceux qui sont retenus (voir figure 6.4).

5. https ://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/ consulté en 2014
Traduit en français : "Environnement Waikato pour l'analyse de connaissances"

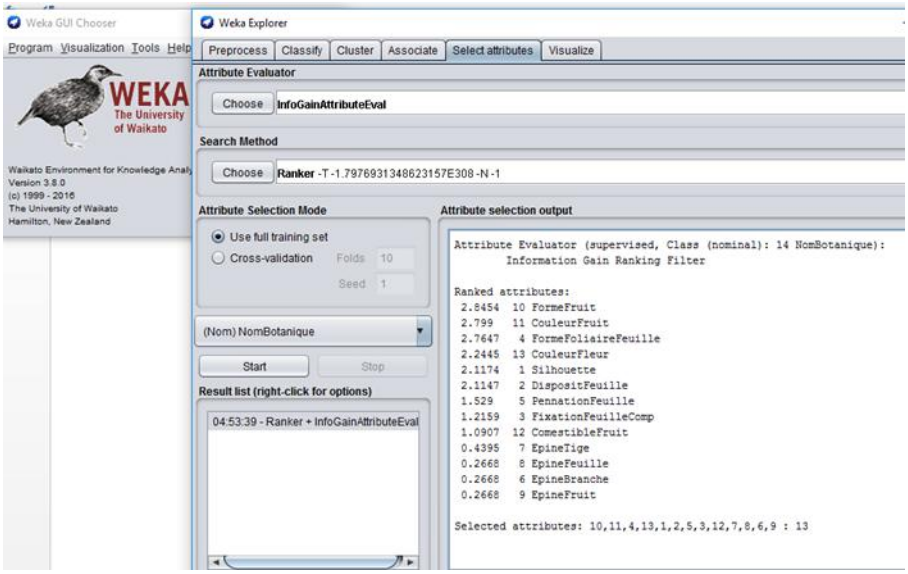


FIGURE 6.3 – Poids des attributs des plantes

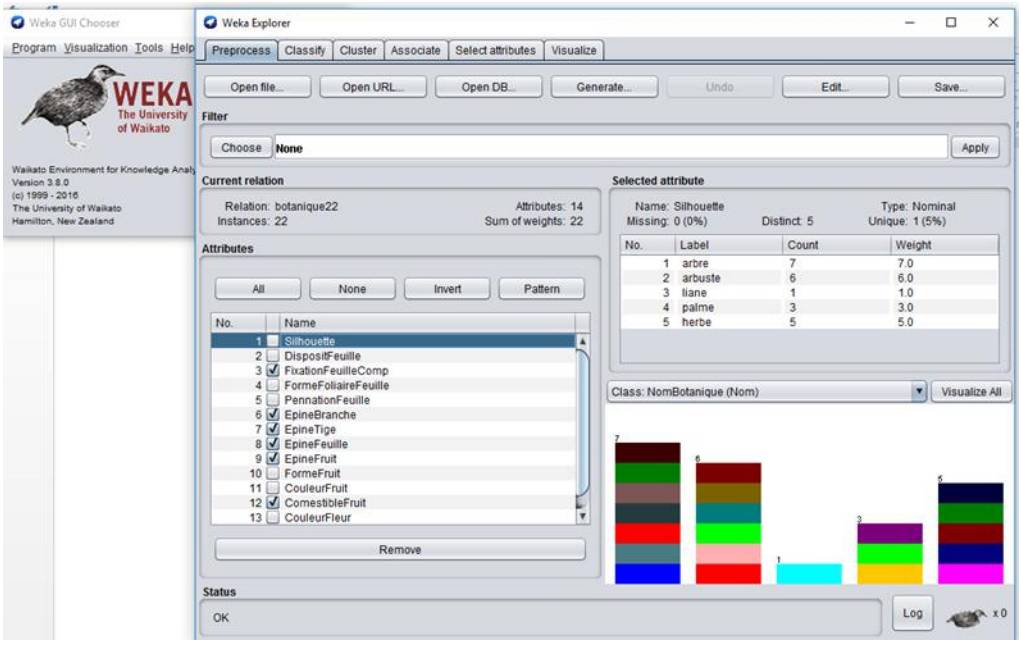


FIGURE 6.4 – 6 Critères candidats à l'élagage

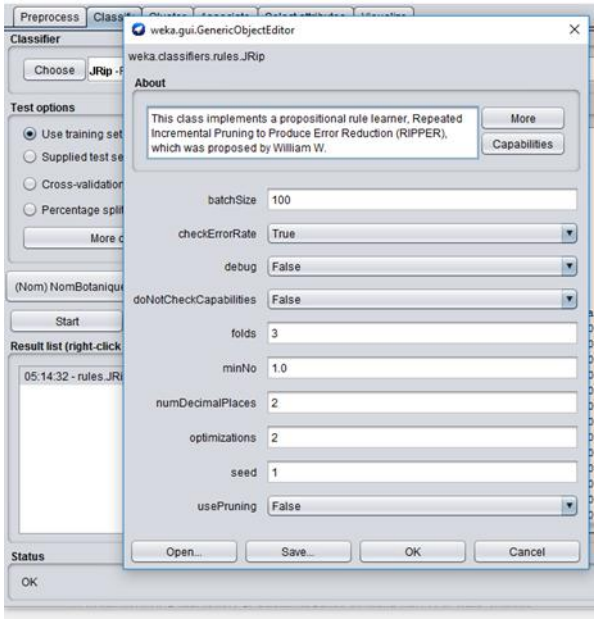


FIGURE 6.5 – Paramétrage de JRIP

Jrip est un module d'apprentissage supervisé et de classification automatique. Nous avons modifié les paramètres usePruning et minNo. usePruning est mis à "false" pour prendre en compte la totalité des plantes sans élagage des règles concernant un nombre de plantes trop petit. La valeur de minNo mise à 1 signifie qu'une règle peut être créée pour une seule plante (voir figure 6.5).

La **classe nominale** est ici le nom botanique de la plante. Chacune des 22 espèces a donc un nom botanique distinct des autres que nous retenons. Nous avons utilisé JRip pour vérifier que les critères retenus permettaient bien de distinguer de manière univoque à 100% nos 22 plantes par classification. Dans ce processus on estime que c'est une classification supervisée avec les classes qui sont les 22 espèces de plantes.

Critères retenus

Le nombre de critères retenus est de **sept (7)**. Ce sont :

1. Silhouette,
2. Forme de fruit (FormeFruit),
3. Disposition de la feuille(DispositFeuille),
4. Forme de la feuille (FormeFoliaireFeuille),
5. Pennation de la feuille (PennationFeuille),
6. Couleur du fruit (CouleurFruit),
7. Couleur de la fleur (CouleurFleur).

Ces critères constituent des attributs ; chacun d'eux a un ensemble de valeurs qui lui est propre. Nous considérons (hissons) ces critères comme des classes dans notre ontologie (ontoMEDTRAD) et les valeurs prises comme étant les instances. Les 22 espèces de plantes sont les instances de la classe Plante. Plante est en relation avec chacun des sept critères (classes). En supprimant les nœuds Fruit, Fleur et Feuille,

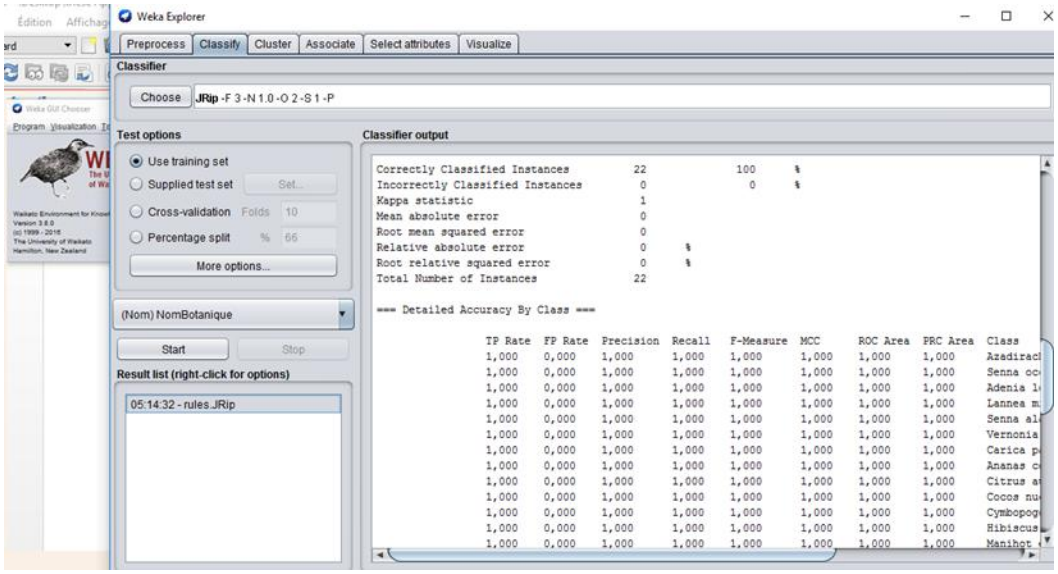


FIGURE 6.6 – Illustration de la classification à 100% des 22 espèces de plantes

dans la structure arborescente de la figure 6.7, nous obtenons les relations entre la racine (Plante) et les nœuds terminaux (les sept (7) critères de la figure 6.8).

Nous passons à présent à l'élaboration des iconèmes afférents.

6.3.5 Dessin des iconèmes et choix des couleurs

Pour chaque valeur de chaque critère, nous faisons correspondre une couleur ou un iconème que nous avons dessiné à l'aide d'InkScape. InkScape est un logiciel vectoriel de dessin utilisant le format d'image SVG. Il est compatible avec XML. Par exemple la figure 6.9 montre les iconèmes réalisés pour le critère silhouette.

A travers le tableau 6.6, nous donnons quelques exemples relatifs à la pennation, à la forme de feuille et à la forme de fruit. Nous avons admis une seule couleur de feuille, qui est la couleur verte.

Dans notre démarche d'élaboration des icônes des espèces de plantes, nous avons pris en compte la possibilité de combiner couleurs et iconèmes pour des critères. Il existe également pour un même critère la possibilité d'assigner des valeurs multiples (jusqu'à deux). Nous explicitons ces deux situations dans les deux paragraphes suivants.

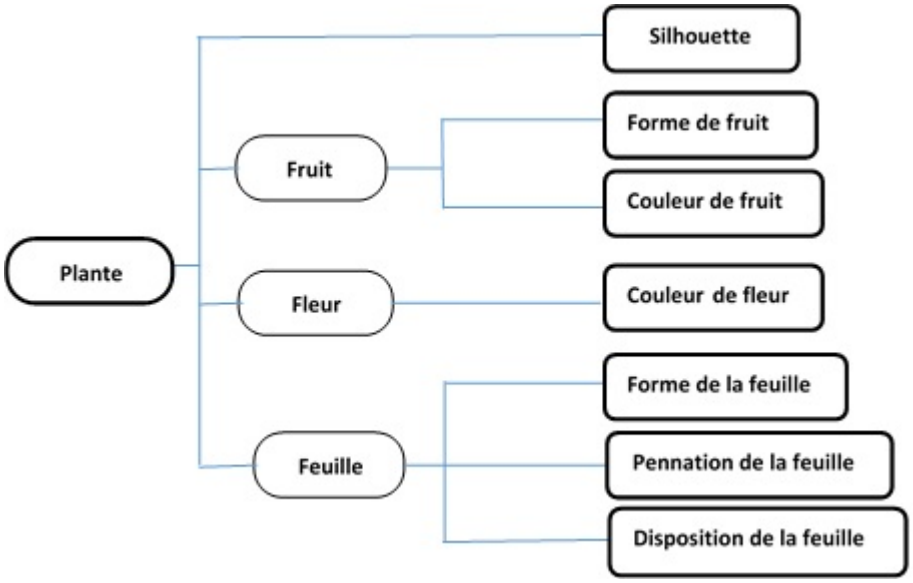


FIGURE 6.7 – Mise en relief de la relation entre plante et les sept critères

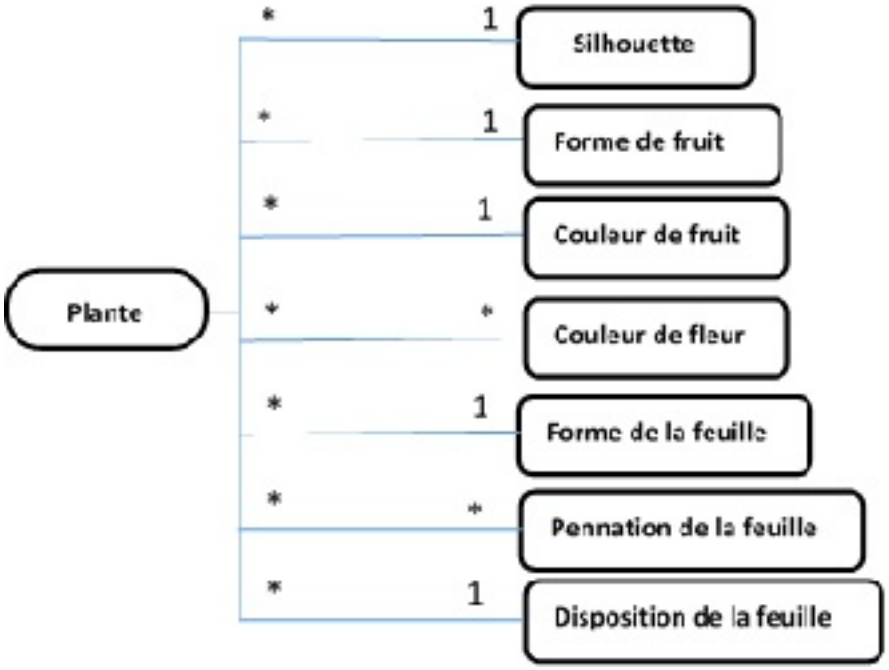


FIGURE 6.8 – Relation de la Plante avec chacun des (7) sept critères

arbre	arbuste	palme	liane	herbe

FIGURE 6.9 – Les cinq iconèmes pour le critère silhouette

Forme de la feuille	entière	oblongue	lancéolée	feuille du cocotier (cocos nucifera)	palmatilobe

Pennation	paripennée	imparipennée

Forme de fruit	banane	rectiligne	elliptique	ailée	allongée

Notice : La feuille de la plante Nephrolepis biserrata (Sw.) Schott. (Davalliaceae) communément appelée fourgère, est spécifique (typique) et reconnue comme telle. Bien que prise en compte, elle ne figure pas dans la liste d'exemples de formes de feuille ici fournie. Pareillement, d'autres typicalités (formes typiques) sont faites pour les formes de fruit : banane, melon, ananas.

TABLEAU 6.6 – Exemples d'iconèmes relatifs aux formes de feuille, de fruit et à la pennation

Combinaison des couleurs et des iconèmes

Nous avons considéré une classe Couleur dont le nombre d'instances n'est pas limitée. Rouge, vert, orange, jaune, vert gris, blanc sont quelques instances de couleur. Le caractère couleur est porté par les parties de la plante ici concernées, nommément les feuilles, les fleurs et les fruits.
Pour les feuilles, la couleur de la feuille ne fait pas partie des sept critères retenus. De ce fait, nous avons admis une seule couleur de feuille : la verte. Les iconèmes de feuilles (Forme de la feuille) seront donc tous combinés à la couleur verte.

Pour les fruits, nous combinons la couleur du fruit aux iconèmes représentant les formes de fruit spécifiques (banane, melon, ananas, ...) ou génériques (allongé, triangulaire, conique, rectiligne, rond).

Pour les fleurs, la couleur de la fleur a été retenue parmi les critères, mais pas la forme. Pour cela, nous avons dessiné un seul iconème, symbolisant et représentant toutes les fleurs. Cet iconème unique est combiné à la couleur de la fleur.

Valeurs multiples pour un même critère

Généralement, une espèce donnée de plante est à feuille composée soit paripennée (deux folioles terminales) soit imparipennée (une ou trois folioles terminales). Plus explicitement, si l'espèce est imparipennée tous les individus émanant de cette espèce le sont également. Il en est de même pour le cas d'espèces à feuille composée paripennée.
Cependant, il existe des espèces qui ont à la fois des individus à feuille composée imparipennée et d'autres à feuille composée paripennée. On dira alors que cette espèce est à feuille composée paripennée et imparipennée.

C'est le cas de l'espèce neemier (Azadirachta indica A. Juss). Et lorsque nous cherchons à représenter l'icône de l'espèce de plante, nous attribuerons deux iconèmes au neemier. On insiste bien qu'un individu donné n'a pas les deux pennations.

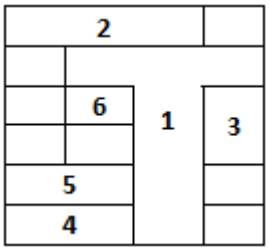


TABLEAU 6.7 – Cadre graphique rectangulaire subdivisé en régions spatiales pour la position des iconèmes de Plante

De ces deux situations, nous admettons la possibilité d'avoir sur l'icône d'une espèce de plante donnée deux valeurs de pennation en même temps, donc les deux iconèmes de pennation. Également, avoir à la fois deux couleurs de fleur sur l'icône d'une plante est possible (dans ce cas, nous mettrons deux iconèmes de fleur, avec une couleur différente pour chacun de ces iconèmes). Le neemier constitue un exemple de ces deux cas.

6.3.6 Assemblage des iconèmes

Cadre graphique

Nous avons défini un cadre graphique rectangulaire devant contenir l'icône de la plante à l'issue de l'assemblage des iconèmes. Pour y parvenir, nous avons subdivisé ce cadre en régions spatiales dont chacune de celles numérotées pourra recevoir un iconème conçu. Le tableau 6.7 présente ce cadre. On peut également l'appeler canevas graphique.

Dans le tableau 6.8, nous donnons un aperçu du contenu des régions spatiales du cadre graphique selon le critère. Nous y avons également le nombre de valeurs iconèmes) par critère (entité ou entité canonique).

Nous obtenons un total de **35** (= 5+11+10+6+2+1) iconèmes réalisés pour les icônes de nos 22 plantes.

La combinaison de ces iconèmes et de ces couleurs permet de générer théoriquement **422400** icônes différentes ($5 \times 11 \times 10 \times 6 \times 2 \times 8 \times 1 \times 8$), sans tenir compte des possibilités de valeurs multiples ou inexistante pour un critère. "inexistante" ne signifie pas manquante.

Nous donnons un exemple d'assemblage de la silhouette "arbre" et d'une forme de fruit "elliptique". Ce qui donne (A) sur la figure 6.10. En rajoutant (additionnant) la couleur "verte" du fruit à ce résultat (A), on obtient (B) de la même figure.
L'exemple donné par cette figure 6.10 montre l'icône du neemier (Azadirachta indica A. Juss) et les iconèmes correspondants.

Nous avons élaboré également l'ensemble des iconèmes-valeurs prises par les sept (7) critères. Il en résulte l'exemple de l'icône du neemier que nous donnons en figure 6.11 [16].

Entité	Critère	Existence d'iconème	Région de position géographique ou spatiale (provenant du tableau 6.7)	Couleur	Nombre de valeurs possibles
Silhouette	oui	oui	1	noire	5
Forme de la feuille	oui	oui	2	verte	11
Forme de fruit	oui	oui	3	verte	10
Disposition de la feuille	oui	oui	4	noire	6
Pennation de la feuille	oui	oui	5	noire	2
Couleur du fruit	oui	non	3	couleur variable	8
Fleur	non	oui	6		1
Couleur de la fleur	oui	non	6	couleur variable	8

TABLEAU 6.8 – Correspondance des critères et des régions spatiales du cadre graphique et nombres d'iconèmes par critère

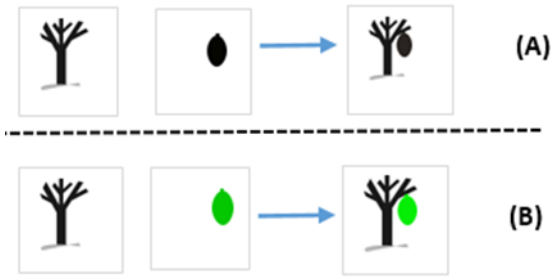


FIGURE 6.10 – Exemple d'assemblage d'iconèmes pour l'icône d'une plante

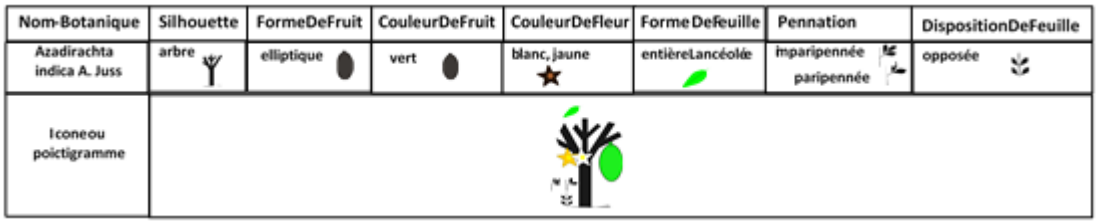


FIGURE 6.11 – Icône de la plante Azadirachta indica A. Juss

Entité	**Critère**	***Classes*** (au nombre de six(6))	***Classe*** (***Sous Classe***)
Silhouette	oui	**Silhouette**	
Forme de la feuille	oui	**FormeDeFeuille**	FormeDeFeuilleGenerique
			FormeDeFeuilleSpecifiqueConnue
Forme de fruit	oui	**FormeDeFruit**	FormeDeFruitGenerique
			FormeDeFruitSpecifiqueConnue
Disposition de la feuille	oui	**DispositionDeFeuille**	
Pennation de la feuille	oui	**Pennation**	
Couleur du fruit	oui	**Couleur**	
Couleur de la fleur	oui	**Couleur**	

TABLEAU 6.9 – Définition de six classes pour les sept critères

Cette icône de la plante a été obtenue manuellement. Nous aborderons la génération automatique des icônes à partir de l'ontologie ontoMEDTRAD (ontoCONCEPT-Term) dans la section suivante.

6.4 Génération automatique des icônes de plantes à partir de l'ontologie ontoMEDTRAD (ontoCONCEPT-Term)

6.4.1 Lien ontologique

Conformément à notre périmètre de travail, pour la construction de ontoICONE qui se veut progressive, la plante constitue un concept fondamental. Nous optons en conséquence pour la partie de la MT utilisant les plantes en vue de la satisfaction progressive des cas d'utilisation UC2 et UC3. Pour cela, nous avons défini six classes que nous avons fait correspondre à chacun des sept critères comme le présente le tableau 6.9.

Pour la représentation graphique, nous avons créé la classe basique de ontoICONE de ontoMEDRAD que nous appelons Forme. Toutes les classes définies en rapport avec les sept critères, sont dans la hiérarchie de racine **Forme** (voir figure 6.12).

Nous avons ensuite établi des relations sémantiques entre la classe Plante avec les classes qui viennent d'être créées (figure 6.13) et découlant des sept critères. Chacune des relations est subsumée par aPour-Forme.

Au regard de la figure 6.13, nous admettons la propriété fonctionnelle ou non aux relations sémantiques (object properties) entre la plante et les classes de critères (voir tableau 6.9). Soit C une classe et (rS) une relation sémantique. Alors C et (rS).C sont respectivement le domaine et le range de (rS). Dire que (rS) est fonctionnelle signifie qu'aucune instance de C ne peut se prévaloir à travers (rS) au plus qu'une seule instance de (rS).C. Ainsi une instance de Plante à travers (aPourSilhouette) n'a au plus qu'une seule instance de (aPourSilhouette).Plante.

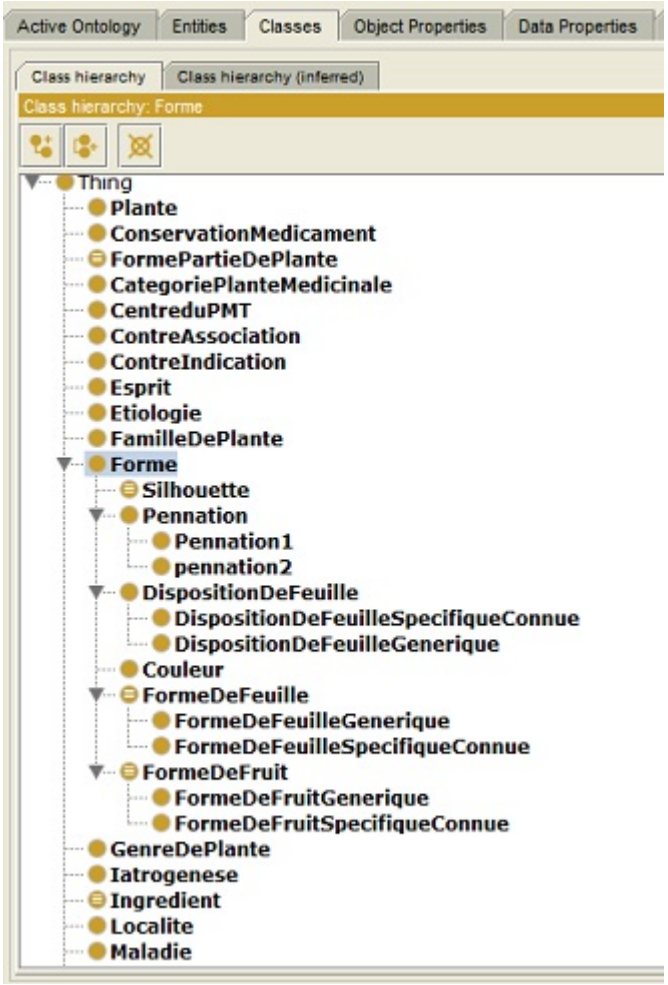


FIGURE 6.12 – Extraction de ontoMedtrad montrant la classe Plante et les classes dérivées des critères pour la représentation iconique des espèces de plantes médicinales

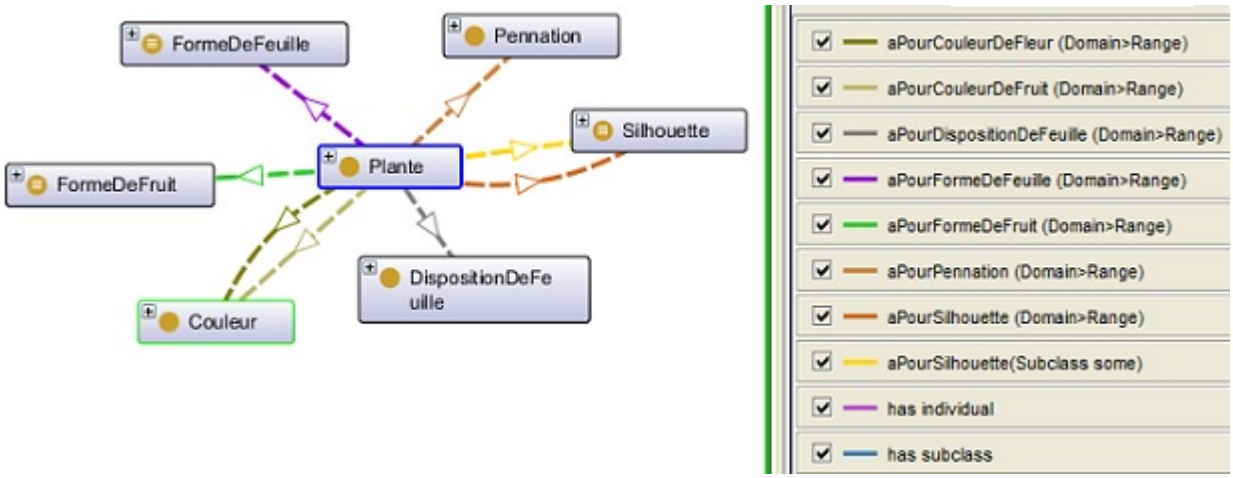


FIGURE 6.13 – Relations sémantiques entre Plante et les classes pour la représentation iconique

Object properties	Domaine	Range	Fonctionnelle : oui/non
aPourSilhouette	Plante	Silhouette	oui
aPourCouleurDeFruit	Plante	Couleur	oui
aPourDispositionDeFeuille	Plante	DispositionDeFeuille	oui
aPourFormeDeFeuille	Plante	FormeDeFeuille	oui
aPourFormeDeFruit	Plante	FormeDeFruit	oui
aPourPennation	Plante	Pennation	non
aPourCouleurDeFleur	Plante	Couleur	non

TABLEAU 6.10 – État du caractère fonctionnel des object properties ou propriétés objet entre plante (domaine) et classe de critère (range)

data properties	Domaine	Range
aPourNomBotanique	Plante	String
aPourCodeHtml	Couleur	String
aPourSynonyme	Plante	String
aPourNomEnLangueOfficelle	Plante	String
aPourNomEnLangueVernaculaire	Plante	String

TABLEAU 6.11 – Quelques data properties relatives aux Plantes et à leur iconisation

Quelques data properties utilisées relatives à Plante (voir tableau 6.11)

6.4.2 Programme en python (attachement procédural) pour la génération des icônes de plantes

En cinq étapes, nous donnons un aperçu de l'algorithme de création des icônes des espèces de plantes à partir des iconèmes, nous ayant amené au programme source en python puis au programme exécutable. C'est un algorithme admis comme un attachement procédural global.

Dans cet algorithme, nous avons utilisé une librairie appropriée : pour accéder aux connaissances stockées dans l'ontologie, nous avons utilisé **OwlReady** [144], un module Python pour la programmation orientée ontologie, qui permet de charger une ontologie au format OWL/XML comme un module Python.

ALGORITHME DE CRÉATION DE L'ICÔNE D'UNE PLANTE MÉDICINALE :
- Étape **1** : Importer OWLReady, un module en python ;
- Étape **2** : Indiquer le chemin de l'ontologie (ontoMEDTRAD : ontoCONCEPT-Term) et la charger ;
- Étape **3** : Écrire la procédure de création de l'icône : creer_Icone(plante)
  indiquer la propriété centrale de la plante : silhouette, puis les autres propriétés : Forme de feuille, Disposition de la feuille, Pennation, Forme de fruit, Couleur de fruit, Couleur de la fleur ;
- Étape **4** : Écrire la fonction de combinaison : combiner_SVG (X, Y)
  Elle permet de combiner ensemble deux fichiers SVG, pour en former un seul. A chacun de ses appels, on ajoute un icônème à l'icône de plante en cours de génération. creer_Icone(plante) part de la silhouette de la plante puis ajoute les iconèmes un à un par appel de combiner_SVG (X, Y).
- Étape **5** : Constituer l'icône de la plante et l'enregistrer.

Le code source en python de création des icônes de plantes que nous avons écrit, est donné dans la figure 6.14.

Ce programme a notamment permis la génération des icônes pour les 22 plantes de notre jeu de données. Nous donnons les 22 icônes des plantes antipaludiques dans le tableau 6.12.

6.5 Remarque importante

Dans notre ontologie, nous nous sommes alignés sur la systématique universelle de Carl von Linné (1707-1778), plus stable, qui donne une taxinomie (hiérarchie) du règne végétal. Dans cette systématique (espèce → genre → famille → ordre → classe → embranchement → règne végétal), nous avons utilisé l'espèce et le genre, quelques rares fois la famille, comme le stipule la littérature sur l'ethnobotanique, l'ethnopharmacologie et la MT.

Les individus de Plante dans notre ontologie sont formés des espèces. Sur le terrain se trouvent en réalité les plantes individuelles. La seule espèce neem au nom botanique ou scientifique "Azadirachta indica A. Juss", existe en des centaines de milliers d'individus de plantes. En exemple : Le neem planté par Modou, le grand neem juste à côté de la boutique de Koffi, le neem à l'angle de ma cour à Ndjoléfem (Saint Louis du Sénégal).

Les descriptions faites des plantes correspondent à leur état mature. Pour les plantes fruitières, la description faite sur la plante porte sur son état d'inflorescence où elle est prête à produire des fruits (état de maturité). Malgré cette maturité la morphologie de la plante est influencée par le climat (pluviométrie, type de sol, hauteur de vent, ...), les saisons, la région d'habitat et le pays.

6.6 Iconisation de la recette et du remède

UC2 et UC3 sont les cas d'utilisation aux finalités respectives "définir le remède" et "préparer le remède". Prodiguer un soin de santé en MT, à travers un remède, nécessite de définir la recette obligatoirement inhérente à ce remède et de faire suive également le mode préparation. De manière pragmatique préparer le remède revient à préparer la recette. Le mode de préparation consiste à un processus de transformation des composant ingrédients de la recette devant permettre d'obtenir le remède.

6.6.1 Parties utilisées de la plante

Définir le remède consiste à spécifier les ingrédients de la recette comprise dans le remède la recette, notamment la ressource médicinale et les parties de ces ressources utilisées. Comme nous avons opté pour une recette à base de plante, ses composantes sont en toute évidence des parties de plante. Les parties couramment utilisées sont : les feuilles, le fruit, la fleur, la racine, l'écorce, la sève, le tronc, la branche, la tige, le stipe, le rameau, le brin, la brindille.

En pratique, la distinction entre tronc, branche, tige, stipe, rameau, brin, brindille, est aisée. Ce n'est pas le cas dans la représentation iconique poursuivie ici. Pour cela nous avons décidé au regard des règles sémiologiques, de les désigner par une seule partie "troncTige". Pour les même raisons, nous regroupons gomme et sève en une seule entité, noté "sève".

Pour les écorces, on utilise fréquemment celles du tronc et celles des racines de la plante. Nous ferons donc la distinction entre les deux. Au final, nous retenons neuf parties de la plante : ***feuille, fruit, fleur,***

```
from owlready import *
onto_path.append("D:\\athèses SIG INFO\\limics") # Répertoire contenant les ontologies OWL
OntoMedTrad = get_ontology("http://www.semanticweb.org/hp/ontologies/2015/11/OntoMedTrad.owl")
OntoMedTrad.load()
SVG_DIR = "D:\\athèses SIG INFO\\limics\\icone concu\\" # Répertoire contenant les icônes SVG

def creer_icone(plante):
    fichier = SVG_DIR + "Silhouette_" + plante.aPourSilhouette.name + ".svg"
    svg = svg_silhouette = open(fichier).read()
    x = 0
    for couleur in plante.aPourCouleurDeFleur:
        fichier = SVG_DIR + "Fleur.svg"
        svg_fleur = open(fichier).read()
        svg_fleur = svg_fleur.replace("#ff0000", couleur.aPourCodeHtml)
        position_debut = svg_fleur.find("</metadata>") + len("</metadata>")#information graphique
        position_fin = svg_fleur.find("</svg>")
        svg_fleur = svg_fleur[ : position_debut] + ("<g transform='translate(%s 0)'>" % x)
                  + svg_fleur[position_debut : position_fin] + "</g>" + svg_fleur[position_fin : ]

        svg = combiner_svg(svg, svg_fleur)
        x = x + 80
    if plante.aPourFormeDeFruit:
        fichier = SVG_DIR + "FormeDeFruit_" + plante.aPourFormeDeFruit.name + ".svg"
        svg_forme_de_fruit = open(fichier).read()
        svg_forme_de_fruit = svg_forme_de_fruit.replace("#ff0000",
                                                plante.aPourCouleurDeFruit.aPourCodeHtml)
        svg = combiner_svg(svg, svg_forme_de_fruit)
    if plante.aPourFormeDeFeuille:
        fichier = SVG_DIR + "FormeFeuille_" + plante.aPourFormeDeFeuille.name + ".svg"
        svg_forme_de_feuille = open(fichier).read()
        svg = combiner_svg(svg, svg_forme_de_feuille)
    if plante.aPourDispositionDeFeuille:
        fichier = (SVG_DIR + "FormeDispositionFeuille_"
                           + plante.aPourDispositionDeFeuille.name + ".svg")
        svg_disposition_de_feuille = open(fichier).read()
        svg = combiner_svg(svg, svg_disposition_de_feuille)

    y=0
    for pennation in plante.aPourPennation:
        fichier = SVG_DIR + "FormePennation_" + pennation.name + ".svg"
        svg_pennation = open(fichier).read()
        position_debut = svg_pennation.find("</metadata>") + len("</metadata>")
        position_fin = svg_pennation.find("</svg>")
        svg_pennation = svg_pennation[ : position_debut] + ("<g transform='translate(%s 0)'>" % y)
                                      + svg_pennation[position_debut : position_fin]
                                      + "</g>" + svg_pennation[position_fin : ]
        svg = combiner_svg(svg, svg_pennation)
        y = y - 90

    fichier = SVG_DIR + "Plante_" + plante.name + ".svg"
    open(fichier, "w").write(svg)

def combiner_svg(svg1, svg2):
    svg1 = svg1.replace("</svg>", "")#y revenir
    position_metadata = svg2.find("</metadata>")
    svg2 = svg2[position_metadata + len("</metadata>") : ]
    return svg1 + svg2

#création des icônes pour toutes les plantes de l'ontologie OntoMedTrad
for plante1 in OntoMedTrad.Plante.instances():
    creer_icone(plante1)
```

FIGURE 6.14 – Code source en python pour la création des icônes des 22 espèces de plantes médicinales antipaludiques

Plante_Adenia lobata	Plante_Ananas comosus	Plante_Azadirachta _indica_A._Juss	Plante_Carica_ papaya_L.

Plante_Chrysophyllum _africanum_A._DC.	Plante_Citrus_aurantif olia_Christm._Swingle	Plante_Cochlospermu m_tinctorium_Perr.	Plante_Cocos_nucifera _L.

Plante_Combretum_mi cranthum_G._Don	Plante_Cymbopogon_ citratus_DC._Stapf	Plante_Enantia_ polycarpa _DC._Engl.	Plante_Eucalyptus_ca maldulensis_Dehnhardt

Plante_Ficus_exaspera ta_Vahl	Plante_Hibiscus_sabd ariffa_L.	Plante_Lannea_microc arpa_Engl._et_K._	Plante_Manihot_escul enta_Crantz

Plante_Musa_x_ paradisiaca_L.	Plante_Nephrolepis_ biserrata	Plante_Scaphopetalum_ amoenum_A._Chev.	Plante_Senna_alata _L._Roxb.

Plante_Senna_ occidentalis_L	Plante_Vernonia_ colorata_Willd._Drake

TABLEAU 6.12 – Les 22 icônes des 22 espèces de plantes antipaludiques

pp1 : feuille	**pp2** : fruit	**pp3** : fleur	**pp4** : troncTige	**pp5** : écorce de troncTige	**pp6** : écorce de racine	**pp7** : racine	**pp8** : sève	**pp9** : plante entière

TABLEAU 6.13 – les 9 iconèmes des parties de plantes

racine, tronc, écorce de tronc, écorce de racine, sève, plante entière. En général, la plante a une silhouette herbe quand il s'agit de l'utiliser entièrement.

Il est bon de noter qu'une partie de plante peut faire l'objet de plusieurs recettes. Une fois, la partie de la plante (e.g : la feuille) est utilisée, elle se trouve dans un autre état. Il ne s'agit pas de cela ici. La feuille est prise au sens terminologique et conceptuel. Une contrainte majeure est de faire en sorte que pour une feuille donnée, l'on ne puisse pas avoir de doute sur l'espèce de la plante dont elle provient. On doit pouvoir lier la partie de la plante à la plante de manière univoque. Relevons également que s'il existe des plantes comprenant toutes les neuf parties, d'autres ne comprennent que seulement certaines d'entre elles.

Nous avons dessiné un iconème associé à chacune des neuf parties de plante utilisées (tableau 6.13). Si on doit faire usage de la feuille de deux plantes, c'est le même iconème de feuille qui paraitra en face de chaque icône de plante. Dans ce tableau, **pp1** représente l'iconème de feuille en couleur verte.

6.6.2 Recette et Ingrédient

La quintessence d'une prescription à base de plante en MT est premièrement l'identification des plantes, et deuxièmement celle des parties à utiliser de ces plantes. En clair, une association ternaire apparait entre Recette, Partie de plante et Plante, trois classes de ontoMEDTRAD (ontoCONCEPT-Term). Cette relation sémantique ternaire est illustrée par (**A**) de la figure 6.15. Sur cette même figure en (**B**), étant donné que les relations dans les ontologies sont binaires, ce cas de relation ternaire constitue une difficulté que nous résolvons par l'introduction du concept Ingrédient. Un ingrédient est lié à la fois à une partie de plante, une plante et une recette. Pour garantir l'univocité de l'appartenance d'une partie de la plante à la plante, les deux relations sémantiques, d'une part de Ingrédient à Partie de plante et d'autre part de Ingrédient à Plante, sont fonctionnelles.

Un ingrédient porte sur une seule partie utile d'une espèce de plante. Ainsi, une recette est formée d'un ensemble d'ingrédients. Une recette possède aussi un mode de préparation (en abrégé MP) (voir figure 6.16).

En dénotant Recette, Ingrédient, Partie de plante, Plante et Mode de préparation respectivement par R, I, PP, P et MP, nous donnons une représentation plus simplifiée mettant en relief les relations, toutes symbolisées par des flèches. Le début de la flèche est le domaine ontologique de la relation et sa fin pointue est le range de cette relation. La lettre ***f*** signifie que la relation est fonctionnelle. Une forme canonique de l'ingrédient s'apparente au couple ou doublet : (PP, P). Ainsi deux ingrédients i1(pp1, p1) et i2(pp2, pp2) sont égaux si et seulement si pp1 = pp2 et p1 = p2. Par ailleurs, la recette dans sa quintessence est constituée d'un ensemble d'ingrédients et d'un mode de préparation.

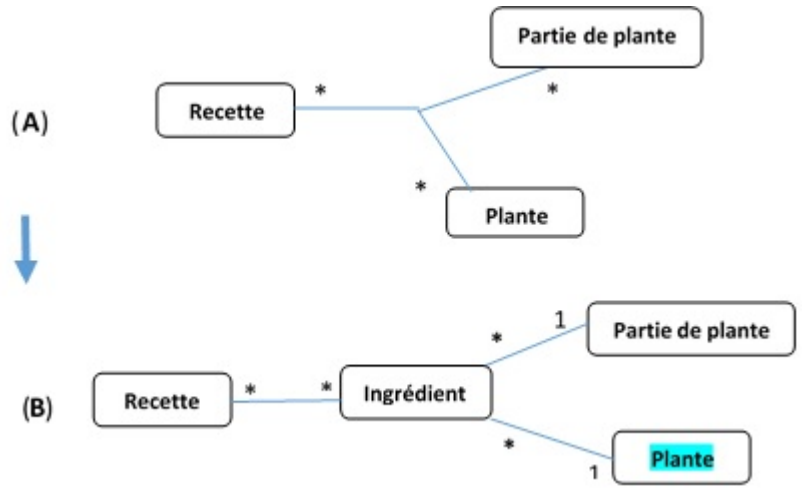


FIGURE 6.15 – Relation ternaire entre Recette, Plante et Partie de plante

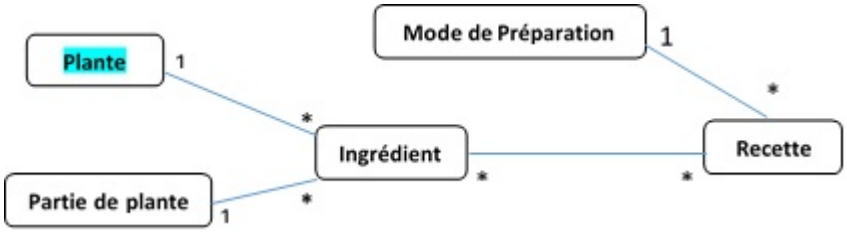


FIGURE 6.16 – Modèle de recette exhaustif

Dans sa définition complète, elle est un couple formé d'un ensemble d'ingrédients que nous notons {I} et d'un seul mode de préparation noté MP (voir figure 6.17). On a alors R = ({I}, MP). Ainsi deux recettes sont égales si et seulement si elles ont le même ensemble d'ingrédients et le même mode de préparation.

La recette peut comprendre plusieurs parties d'une ou de plusieurs plantes. En conséquence, une recette est à base d'au moins une plante. Sous Protégé, nous donnons un aperçu de la formalisation de la recette en vue de son iconisation (voir figure 6.18).

Les relations sémantiques de la recette sont décrites avec ou non leur caractère fonctionnel (voir tableau 6.14).

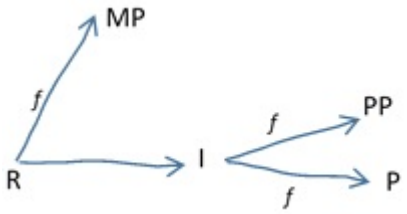


FIGURE 6.17 – Représentation diagrammatique de la recette

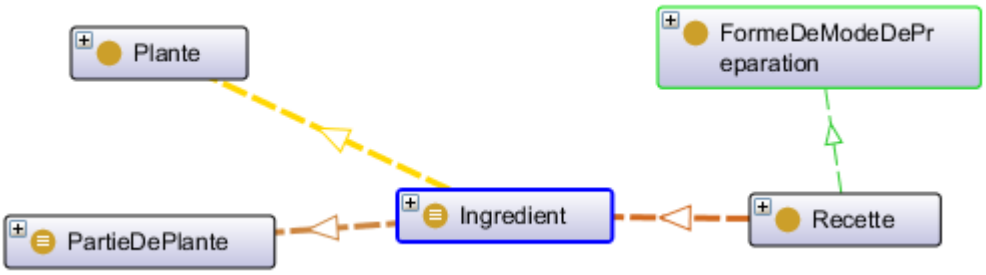


FIGURE 6.18 – Représentation formelle de la recette en vue de son iconisation

Object properties	Domaine	Range	Fonctionnelle : oui/non
aPourBaseDePlante	Ingredient	Plante	oui
aPourPartieDePlante	Ingredient	PartieDePlante	oui
aPourIngredient	Recette	Ingredient	non
aPourFormeDeModeDePreparation	Recette	FormeDeModeDePreparation	oui

TABLEAU 6.14 – Relations sémantiques de la recette

Cadre graphique de la recette (R) (voir tableau 6.15)

Comme le montre le tableau 6.15, l'icône de la plante se positionne en région **1** et les iconèmes des parties de cette plante sont horizontalement et successivement placés en région **2**.

S'il y a une deuxième plante, on créera une deuxième ligne et on procédera de même pour cette deuxième ligne. Ainsi en face de chaque icône de plante, se placeront successivement et horizontalement, les parties de plante possibles utilisées par la recette.
Une fois la liste des plantes de la recette est arrêtée, on ajoutera en dernière ligne le mode de préparation en région **3**.

Nous projetons une recette **R** à base de deux plantes **P1** et **P2**. Les parties utilisées ne sont pas explicitées pour **P1** et **P2**. Cependant, chacune de **P1** et **P2**, a au moins un iconème de partie de plante (**pp**) dans les cellules en sa face droite. Dans ce contexte, on obtient vraisemblablement le cadre graphique afférent à **R** (voir tableau 6.16).

Les deux premiers remèdes de la liste des remèdes traditionnels (voir tableau 6.2) sont basés sur la même recette. Cette recette que nous nommons mTRecipe01 est à base de deux plantes que sont l'Azadirachta indica A. Juss et le Senna occidentalis L aux numéros de plante (**N°PL.**) respectifs (3) et (21) dans chacun des tableaux 6.1 et 6.2. Elle comprend les feuilles de chacune de ces deux plantes dont il faut faire la décoction dans le cadre du traitement du paludisme (Voir tableau 6.17).

1	**2**
(plante suivante)	(reconduite d'iconème (s) ou autre iconème)
3	

TABLEAU 6.15 – Cadre graphique pour l'iconisation de la recette

	pp1 : feuille	**pp2** : fruit	**pp3** : fleur	**pp4** : troncTige	**pp5** : écorce de troncTige	**pp6** : écorce de racine	**pp7** : racine	**pp8** : sève	**pp9** : plante entière
icône de P1	icopp1	icopp2	icopp3	icopp4	icopp5	icopp6	icopp7	icopp8	icopp9
icône de P2	icopp1	icopp2	icopp3	icopp4	icopp5	icopp6	icopp7	icopp8	icopp9
iconème de *Mode de préparation*									

P : plante ; pp : partie de plante ; icopp : iconème de pp.

TABLEAU 6.16 – Projection du cadre graphique pour l'iconisation d'une recette (R) à base de deux espèces de plantes P1 et P2

Plantes	PU (**pp1**)	Ingrédient	**Recette**	MP
Azadirachta indica A. Juss.(Meliaceae)	fe	i1	mTRecipe01	décoction
Senna occidentalis L. (sfamille Caesalpinaceae)	fe	i2		

PU : partie utilisée ; fe : feuille ; MP : mode de préparation.

TABLEAU 6.17 – mTRecipe01 extrait de ontoMEDTRAD (ontoCONCEPT-Term)

L'icône de cette recette mTRecipe01 de ontoMEDTRAD (ontoCONCEPT-Term) a été réalisée manuellement en figure 6.19 après assemblage des icônes de ces deux espèces de plantes (notamment la (3) et la (21) listées dans le tableau 6.1).

Esquisse de l'icône d'une recette (exemple : figure 6.19) [17]

L'icône d'une recette est formée au moins d'une icône de plante et d'au moins d'un iconème de partie de plante.

6.6.3 Remède

Le remède est structurellement lié à la recette. Il a un mode d'administration et une forme galénique (présentation médicamenteuse de la plante). Il en résulte la mise en exergue de quatre classes, à savoir :

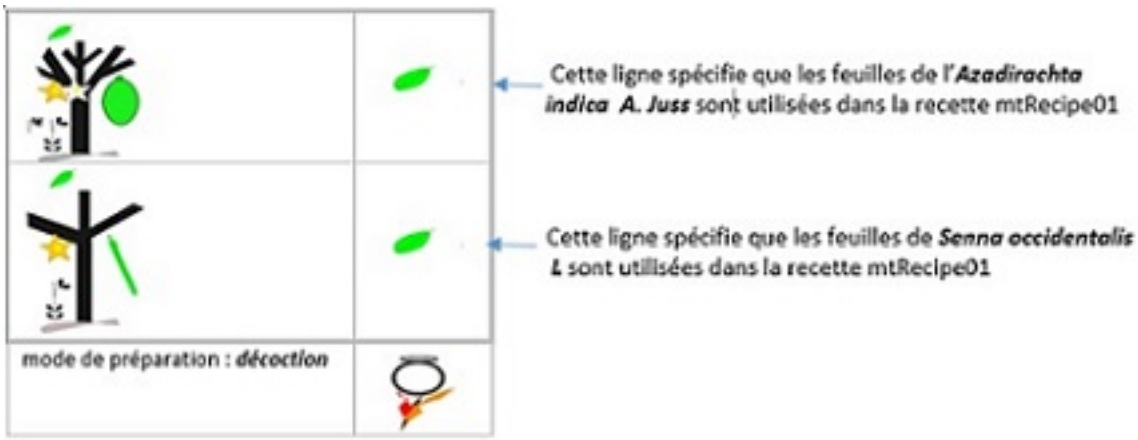


FIGURE 6.19 – Esquisse d'icône de mTRecipe01

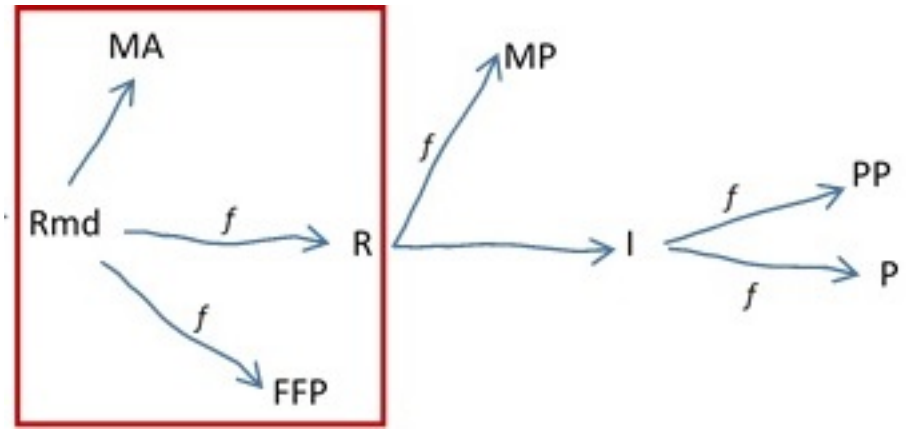


FIGURE 6.20 – Représentation diagrammatique du remède succincte

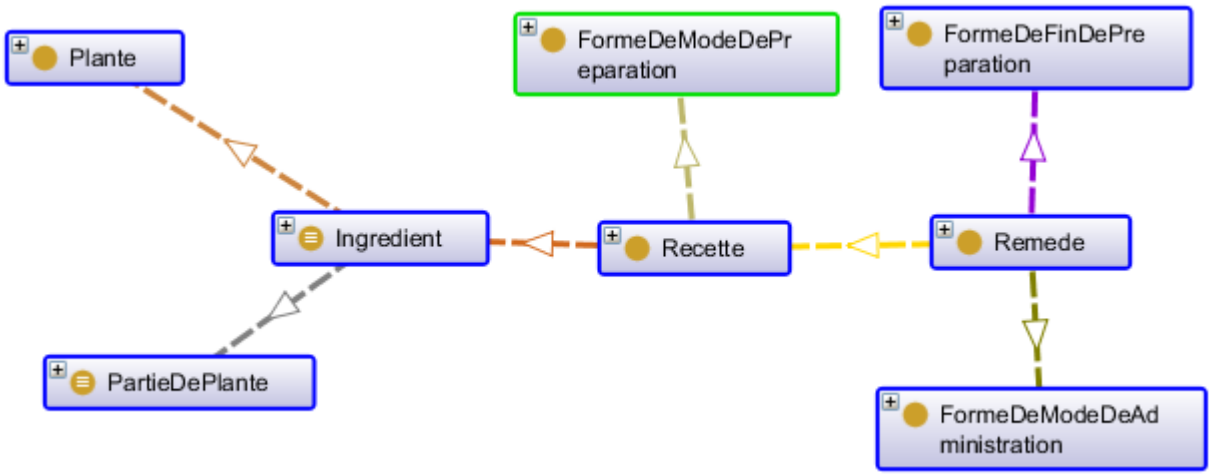


FIGURE 6.21 – Représentation formelle du remède en vue de son iconisation

Remède, Recette, ModeDeAdministration, FormeDeFinDePréparation (forme galénique). Les relations sémantiques entretenues par Remède avec les autres classes sont définies dans le tableau 6.18 et formalisées sous protégé (voire figure 6.21). Ainsi, un remède est constitué d'une seule recette R, d'un ensemble de modes d'administration {MA} et d'une seule forme de fin de préparation (forme galénique), FFP. C'est donc un triplet d'éléments qui caractérise le remède.

Si on note Rmd le remède, on a alors Rmd = (R, {MA}, FFP). Autrement dit un remède est basé sur une seule recette (R), un ensemble de modes d'administration {MA} et une seule forme galénique (forme de fin de préparation ou FFP) (cf figure 6.20). En conséquence, deux remèdes sont égaux si et seulement s'ils ont la même recette, le même ensemble de modes d'administration et la même forme galénique.

De ce qui précède, à travers la figure 6.20, le cadre rectangulaire rouge nous montre les éléments de base pour la définition succincte du remède.

Dans notre approche de construction progressive, l'icône de la recette précède celle du remède. Comme l'icône ultime est celle du remède, pour l'obtenir, il suffit d'y adjoindre le ou les iconèmes correspondants aux modes d'administration et de la forme médicamenteuse de plante (forme de fin de préparation) ou

Object properties	Domaine	Range	Fonctionnelle : oui/non
aPourBasePlante	Ingrédient	Plante	oui
aPourPartieDePlante	Ingrédient	PartieDePlante	oui
aPourIngredient	Recette	Ingrédient	non
aPourModeDePreparation	Recette	ModeDePreparation	oui
aPourRecetteDeBase	Remède	Recette	oui
aPourFormeDeModeDeAdministration	Remède	FormeDeModeDeAdmnistration	non
aPourFormeDeFinDePreparation	Remède	FormeDeFinDePreparation	oui

TABLEAU 6.18 – Relations sémantiques du Remède et des classes associées.

1	
2	**3**

TABLEAU 6.19 – Cadre graphique du remède

encore forme galénique. S'agissant du remède, il est obtenu à partir de la recette préparée. Pour améliorer la définition du remède, nous lui rajoutons le mode d'administration.

Cadre graphique du remède (voir tableau 6.19)

Sur le cadre graphique à travers le tableau 6.19, la région spatiale **1** héberge l'icône de la recette et la région **3**, les iconèmes de modes d'administration. L'iconème de la forme galénique est en région spatiale **2**.

En pratique dans l'art médical en MT, on a régulièrement un seul mode d'administration pour un remède, même s'il est possible d'en avoir plusieurs.

Esquisse de l'icône d'un remède (exemple : figure 6.22)

Nous donnons une esquisse du remède (rmd01) basé sur la recette **mTRecipe01** à travers la figure 6.22. De l'extrait portant sur la décoction de feuilles de Azadirachta indica A. Juss et de celles de Senna occidentalis L (acacia), on obtient un remède sous forme de liquide (décocté).

6.6.4 Langage diagrammatique pour les recettes et les remèdes

En MT, comme une plante peut être utilisée pour le traitement de plusieurs pathologies, on en déduit qu'un remède peut également traiter plus d'une maladie. Nous rappelons l'exemple du neemier (plante à pharmacie) contre le paludisme, qui est également utilisé pour prévenir et traiter les maladies fongiques (maladies en rapport avec des champignons, gastro-intestinal) et asthénie (faiblesse, diminution des forces, dépression). Avant toute généralisation, le diagramme de la figure 6.23 relatif au remède et à la recette s'inscrit dans le contexte d'une seule maladie qui est le paludisme avec lequel nous avons jusque-là travaillé. De ce fait, l'indication de la maladies traitée n'était alors pas nécessaire.

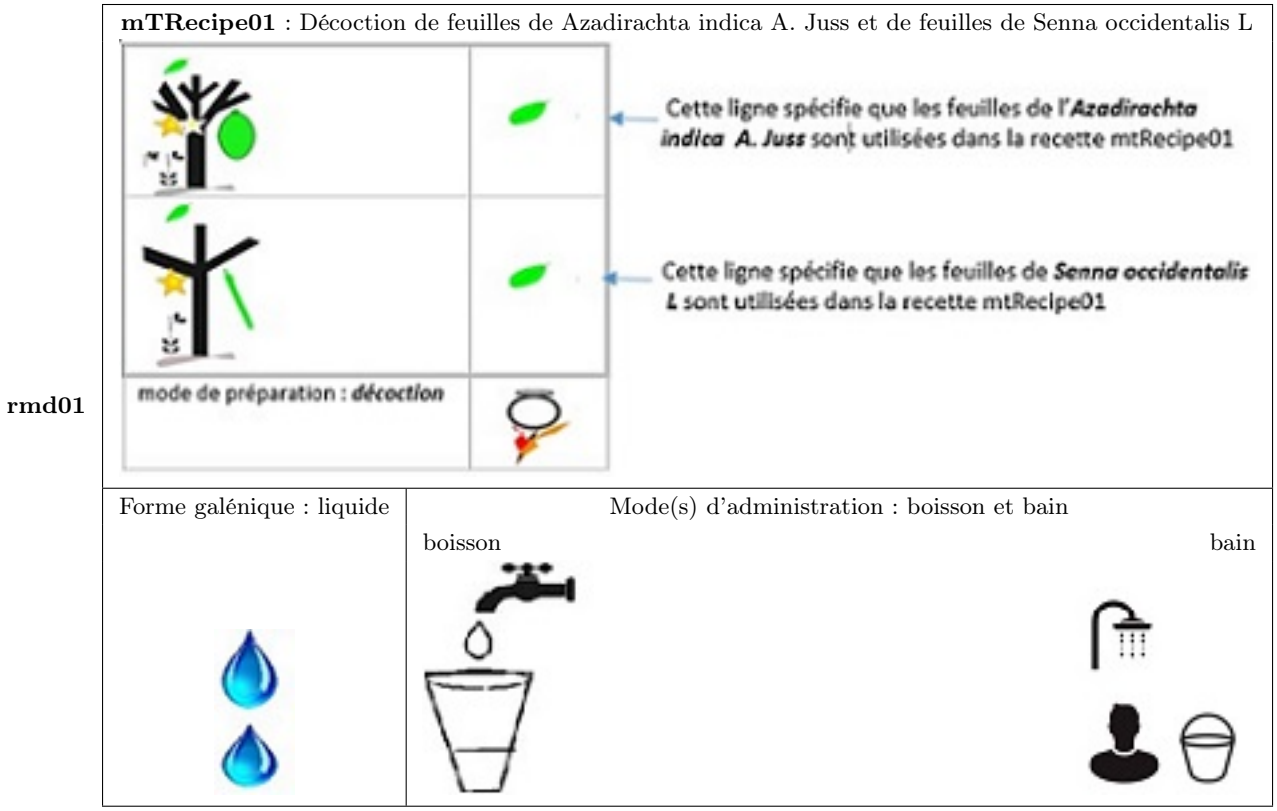


FIGURE 6.22 – Esquisse d'icône du remède rmd01 basé sur la recette mTRecipe01

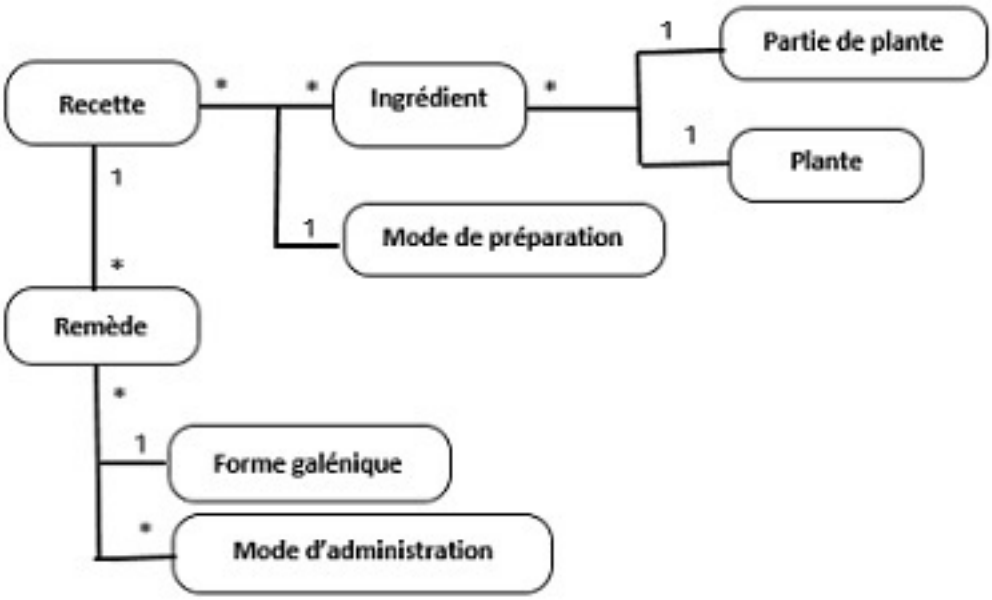


FIGURE 6.23 – Diagramme pour le langage iconique des remèdes et recettes

6.7 Généralisation de l'iconisation des remèdes et recettes pour l'ensemble des maladies

Cette généralisation suppose la prise en compte de l'ensemble des ressources médicinales (Animal, Minéral, Plante) utilisées dans les prescriptions des PMT et l'ensemble des maladies traitées par ces derniers.

Dans le long processus de prise en charge du patient, depuis sa consultation par le PMT, jusqu'à l'administration d'un remède à ce patient, les éléments essentiels focalisant le point de vue d'intérêt majeur méritent d'être mis en exergue notamment : celui de traiter la maladie, de soigner le patient pour le guérir. Suite à la détermination de la maladie sur le patient, deux cas de pratiques courantes sont utilisées concomitamment. Nous avons le cas où l'on doit préparer le médicament traditionnel (remède) et celui où le médicament est disponible prêt à l'emploi. Dans le cas de la disponibilité, deux autres possibilités sont offertes dont l'une porte sur le fait que le médicament est à portée de main (vente ou pas) et l'autre est relative au médicament se trouvant hors du site de consultation (en vente ou non) dont l'acquisition nécessite un déplacement ou une recherche.

Nous notons également que plusieurs maladies peuvent être soignées par un seul remède. Aussi pour une maladie donnée, on a plusieurs recettes ou remèdes pour la traiter. Comme c'est le cas du paludisme tel que vu plus haut.

Nous avons à travers la figure 6.24, le diagramme générique du médicament traditionnel remède suite à la détection de la maladie, incluant sa préparation ou son utilisation directe dans la vision de l'iconisation de ce remède.Ce diagramme en clair, prend en compte le premier cas d'utilisation UC1 dont la finalité est la détermination de la maladie à partir des signes et symptômes. Il y a une forte nuance entre signe et symptôme. Le premier est prouvé du côté PMT ou bien plus par un test clinique de la MM et le second du côté patient.

Dans ce contexte, et au regard de ce qui précède, la définition de la recette et celle du remède sont respectivement **R = ({ I }, MP, { Mal }**) et **Rmd = (R, { MA }, FFP)**. Mal signifie Maladie ou encore Pathologie.

Une forme canonique fondée sur les trois cas d'utilisation UC1, UC2 et UC3 aux finalités respectives déterminer la maladie, définir le remède et enfin préparer et administrer le remède, est donnée à travers la figure 6.25.

En vue de couvrir l'ensemble des ressources médicinales d'origine animale et minérale, l'on doit dans la modélisation représentative faite à travers les deux diagrammes 6.24 et 6.25, y remplacer les termes Partie de plante (PP) et Plante (P) par respectivement partie de ressource médicinale (**PRM**) et ressource médicinale (**RM**).

NB : En terme de cardinalité, le type de relation entre Maladie (Mal) et Recette (R) est celui entre entre Maladie et Remède (Rmd).

6.8 Discussion

Vu la complexité des langages iconiques, pour la construction iconique, nous avons procédé par étape. Nous nous sommes focalisés sur les plantes, ressources médicinales les plus prescrites par les PMT. Nous

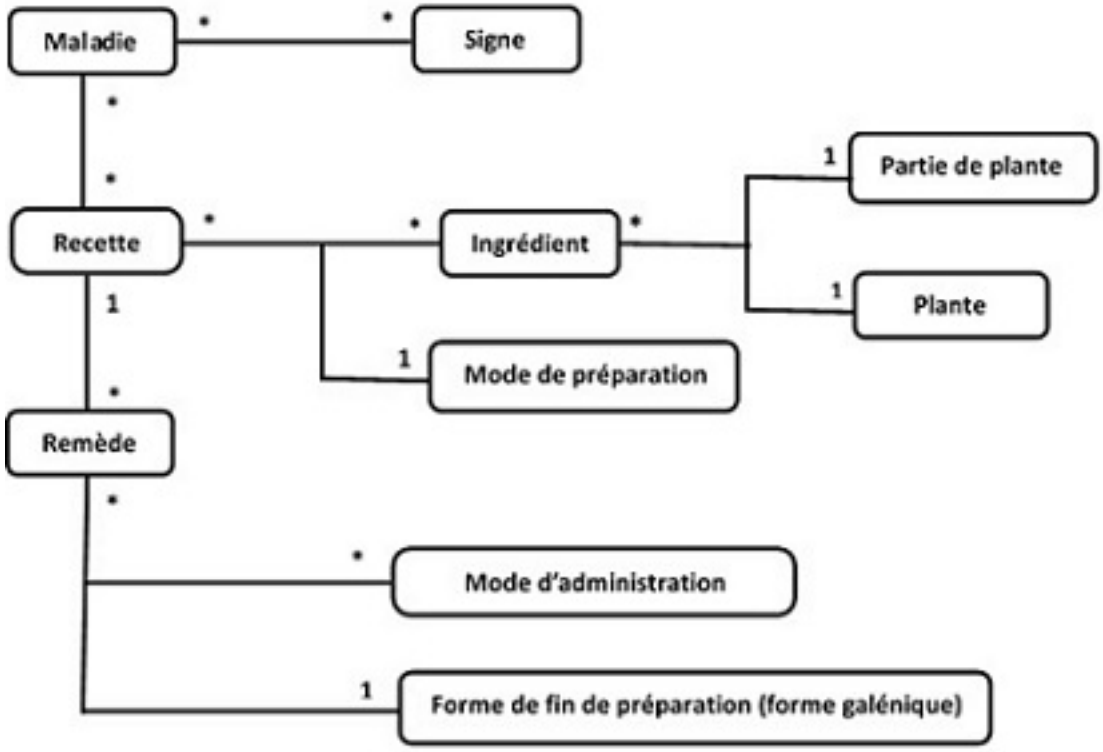


FIGURE 6.24 – Diagramme pour le langage iconique intégrant les maladies à partir des remèdes et recettes

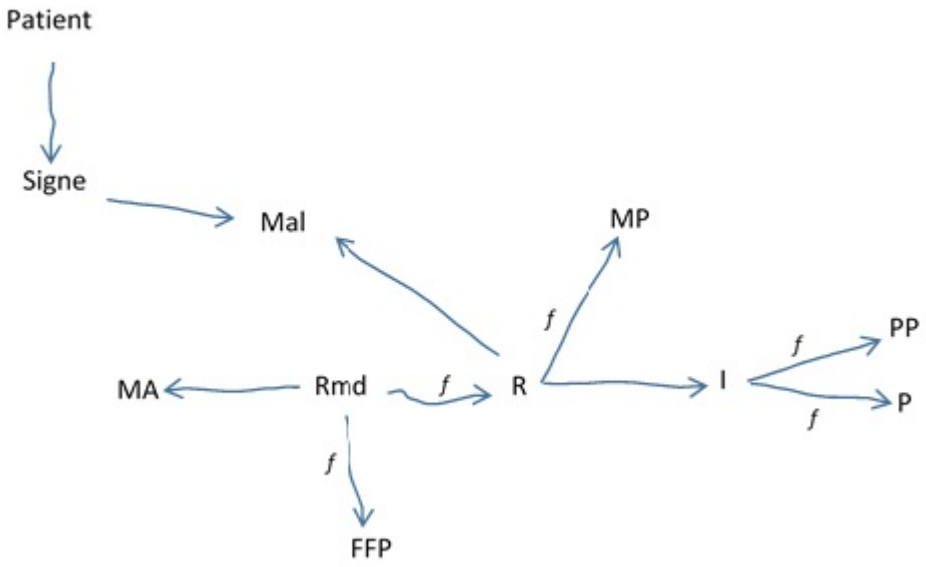


FIGURE 6.25 – Forme canonique répondant aux trois cas d'utilisation pour l'iconisation des recettes et remèdes partant des Plantes

avons alors utilisé les éléments sémiologiques relatifs à un triptyque de règles pour la stratégie de représentation [52]. Aussi avons-nous tenu compte de l'existant contextuel notamment l'environnement des plantes dans lequel évolue le PMT. Et enfin nous tenons compte de l'environnement lié à l'utilisation future de l'outil final dont disposeront les PMT. L'usage d'outils TIC (mobile, ordinateur, ...) comme moyen d'accès à SysMEDTRAD, milite fortement en faveur de l'utilisation de telles approches. Il est démontré la supériorité de la communication pictographique sur la communication verbale dans le dialogue homme-ordinateur [111] [239].

Limites et extensions possibles du langage iconique

Dans l'évolution de l'ontologie, on peut découvrir de nouvelles plantes médicinales, de nouvelles recettes (remèdes). Du coup, nous n'avons pas l'exhaustivité des valeurs prises par l'ensemble des critères (e.g. : formes de feuille). Autrement dit, de nouvelles valeurs de formes de feuilles peuvent être nécessaires. Le critère silhouette est le seul pour lequel nous avons toutes les valeurs possibles (arbre, arbuste, liane, palme, herbe). Ce critère peut être vu comme une propriété centrale ou principale dans la construction de l'icône de la plante. S'il est possible qu'une plante ait une valeur inexistante pour un critère (couleur de fleur), le critère silhouette lui est indispensable. C'est le cas des plantes sans fleurs. Par ailleurs, il arrive pour certaines espèces de plantes d'avoir plus d'une valeur pour un critère. Le neemier de nom scientifique ou botanique "Azadirachta indica A. Juss" a deux couleurs jaune et blanche pour le critère de couleur de fleur. Le même neemier est imparipennée (pour certains individus) et paripennée (pour d'autres individus) pour le critère pennation. Pour ces deux cas, nous avons pris deux iconèmes pour les deux valeurs au plus pour une espèce de plante donnée. Nous ne sommes pas allés au delà de deux iconèmes quand bien même plus de deux valeurs peuvent exister pour un critère sur une espèce de plante donnée.

Nous relevons que, pour cette espèce neemier, d'une part les deux valeurs de couleur de fleur et d'autre part les deux valeurs de la pennation, ne sont perceptibles pareillement. Nous retenons ici comme instances les espèces de plantes et non les représentation individuelles (e.g : neemier planté par Lamy, neemier planté par Moussa). Un individu de neemier possède à la fois des fleurs des deux couleurs (jaune et blanc), tandis qu'il ne peut avoir qu'une seule des deux valeurs paripennée et imparipennée de la pennation. Nos icônes présentent les deux valeurs, mais ne font pas la distinction entre variations intra- et inter-individus (Nous nous en tenons à l'espèce comme instance de plante : elle est notre plus faible granularité en machine en rapport avec le concept de Plante).

Dans sa version actuelle, notre langage iconique ne couvre que les plantes. Il pourrait être étendu aux ingrédients d'origine minérale et animale. Concernant les animaux, des distinctions de taille sur leur morphologie apparaissent : les vers de terre, les mollusques (escargot) et un éléphant sont très distants en terme de caractérisations similaires. Nous proposons que chaque espèce (genre espèce de la systématique des animaux) puisse être caractérisée de manière générique avec la possibilité de les distinguer.

Dans les recettes, nous n'avons pas tenu compte des quantités de chaque ingrédient. En conséquence, les recettes manquent d'une posologie stricte tant au plan temporel que quantitatif. En général les prises indiquées par le PMT est **matin - soir** ou **matin - midi - soir**. Mais cela peut varier selon le degré de gravité de la maladie (paludisme).

Pour les symptômes et les maladies, nous proposons de suivre le cadre général d'iconisation des concepts de la MT que nous avons décrit et si possible avec l'alignement à d'autres ontologies de la MM où des travaux de visualisation et d'iconisation pour décrire les maladies, les signes et symptômes patient existent, notamment celui de [144].

Collisions

Une « collision » correspond à la situation où deux espèces de plantes différentes se verraient attribuer la même icône dans notre langage iconique. Ce risque est possible car nous avons travaillé sur un échantillon de 22 plantes et nous avons vérifié l'absence de collision sur ces 22 plantes avec Weka et JRip, mais pas au-delà. Il existe cependant beaucoup d'autres plantes (médicinales ou non).

Le risque de collision reste cependant faible car notre langage iconique permet un nombre important d'icônes différentes (422400).

En cas de collisions, nous préconisons d'ajouter d'autres critères d'identification des plantes, tout en conservant les mêmes règles. Voici une liste de critères possibles :

- présence d'épines ;
- épine sur partie de la plante ;
- présence de fruit souterrain ;
- typologie des fruits : simple ou composée ;
- disposition du fruit ;
- présence de pubescence ;
- pennation 2 : penne, bipennée, tripennée, quadripennée ;
- pennation 3 (nervuration) : nervation feuille simple ou foliole ;
- feuillage : persistant ou caduc ;
- surface de l'écorce : lisse, peu fissurée, cannelée ;
- détachement de l'écorce : en lanière, en plaque, en écaille [6].

6.9 Synthèse

En partant des ressources médicinales (RM), nous donnons la forme canonique répondant aux trois cas d'utilisation en vue de l'iconisation des recettes et remèdes.

Nous avons adopté une procédure d'iconisation par étape, et de façon incrémentale, en partant de plantes antipaludiques. L'iconisation de la plante, la ressource la plus prescrite et dominante des ressources médicinales de la MT, est achevée. Elle s'appuie sur un langage iconique de plante à sept critères, que nous avons testé sur 22 espèces de plantes. L'évolution de l'ontologie et la croissance du nombre d'espèces incluses nous amèneront certainement à intégrer progressivement de nouveaux critères sans perdre de vue que la discrimination individuelle est une règle d'or à observer.

La plante constitue le fondement des recettes et des remèdes dont des esquisses sont données dans ce travail. Bien entendu, les remèdes se fondent sur les recettes. Les descriptions botaniques et visuelles par les botanistes afférentes à la même espèce de plante sont souvent des plus variées. Il n'en demeure pas moins du discours des PMT sur la même recette traitant la même maladie. La difficulté liée à cette variabilité descriptive a été surmontée.

Ce système iconique (ontoICONE), amorcé sur les plantes, devra servir d'outil d'assistance décisionnel pour les PMT afin de transcender les barrières liées à la lecture, l'écriture et les multiples langues. La validation de nos résultats se fera à deux niveaux, tous deux basés sur le cadre communautaire des PMT

6. http ://www.lesarbres.fr/ecorces2.php consulté en 2015

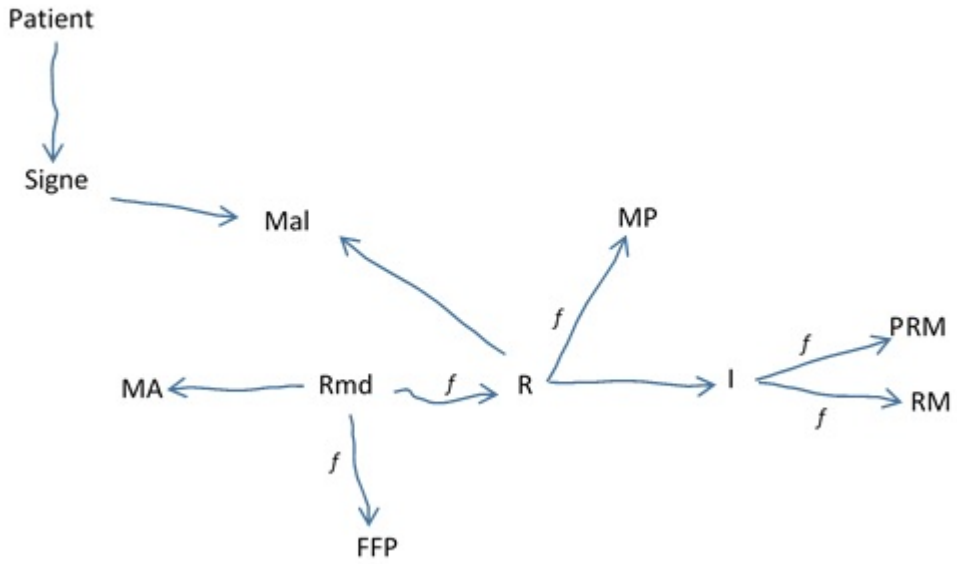


FIGURE 6.26 – Forme canonique répondant aux trois cas d'utilisation pour l'iconisation des recettes et remèdes partant des Ressources Médicinales

de l'Afrique de l'ouest. Les deux étapes de ce processus de validation des icônes sont : la première par les PMT lettrés, et la seconde par l'ensemble réuni des PMT lettrés et non lettrés.

Nous proposons d'établir une relation entre icônes et images photos réalistes afin de pallier à l'insuffisance d'instruction pour des PMT, le temps de la standardisation et de leur appropriation du langage iconique.

Nous pouvons arrêter le bilan du nombre d'iconèmes à ce stade de notre construction du langage iconique comme le montre le tableau 6.20.

En application de l'algorithme, les propositions peuvent connaître un nombre variable d'iconèmes. On a un nombre stable de 44 (35 + 9) iconèmes et 48 (17 + 13 + 15 + 2) autres sont en cours de proposition (cf tableau 6.20).

En perspective, au terme de cette composition de plante, nous devons asseoir un véritable langage iconique à but inférentiel pour les PMT. La génération automatique des icônes de recettes et de remèdes est une autre perspective. Cela pourrait se faire en utilisant les mêmes outils que pour les icônes de plantes.

La composition sémi-formalisée, formalisée et schématisée est une tâche ardue qui doit s'appuyer sur un minimum de règles (similarité visuelle, association sémantique, convention arbitraire) en vue de son intégration dans un wiki sémantique, puis permettre d'autres catégorisations et extractions de connaissances.

Concept	Nombre d'iconèmes pour le concept	Description	commentaire
P	**35**	RM comprend les plantes, les minerais, et les animaux. On a les icônes de la classe Plante que nous notons P (cf tableau 6.8) ; $P^I \subset RM^I$	fait
PP	**9**	Recette à base de plante	fait
FFP	17	Forme médicamenteuse de fin de préparation des recettes à base de plantes (forme galénique)	proposition
MP	13	Mode de préparation de la recette à base de plantes	proposition
MA	15	Mode d'administration du remède (recettes) à base de plantes	proposition
Température	3	chaud comme à la prise de café, moyen ou tiède, froid	proposition

TABLEAU 6.20 – Récapitulatif des iconèmes appartenant à l'alphabet du langage iconique

Chapitre 7

Discussion, conclusion et perspective

Sommaire

7.1 Discussions **175**

7.2 Vers des ontologies iconiques **176**

Dans ce travail, nous avons tout d'abord identifié deux des problèmes majeurs de la médecine traditionnelle (MT) d'Afrique de l'ouest : l'absence de communication entre les praticiens (PMT), et l'absence d'une mémoire permettant aux connaissances des praticiens de perdurer. La cause commune de ces deux problèmes est l'illettrisme, qui concerne la majorité des PMT, associé à la multiplicité des langues locales.

Afin de rendre possible la structuration des connaissances en MT, nous avons conçu ontoMEDTRAD, une ontologie formelle de la MT. De plus, pour permettre les échanges entre PMT de langues différentes, ou la communication écrite avec un PMT non lettré, nous avons intégré dans cette ontologie une couche iconique. Cette couche ne couvre actuellement qu'une partie de l'ontologie, elle permet notamment d'identifier les plantes par des icônes et ensuite de présenter les recettes et les remèdes de la MT sous forme de diagrammes iconiques. Enfin, nous avons proposé l'architecture d'un système informatique, sysMEDTRAD, permettant aux PMT d'échanger entre eux via Internet et de structurer leur connaissances sur un wiki sémantique s'appuyant sur l'ontologie ontoMEDTRAD. Ce wiki sémantique (triple store virtuoso) est simplement entamé mais non achevé.

Jusqu'à présent, nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux trois cas d'utilisations suivants :

- UC1 : déterminer la maladie à partir de la détection des symptômes (signes, indices) à la détermination de la maladie (e.g : le paludisme) ;
- UC2 : prescrire un remède approprié émanant des ressources médicinales traditionnelles. Plus explicitement et pragmatique, pour la plupart du temps, il s'agit de recette à fournir (recette non physique et recette physique) et son mode de préparation ;
- UC3 : préparer et administrer le remède obtenu au patient. Toujours de manière pragmatique, il s'agit de préparer le remède à travers la recette si ce remède n'est pas prêt à l'emploi.

Les principales difficultés que nous avons rencontrées, sont décrites dans ce qui suit :

1. La MT est un domaine très tacite et tabou. De plus, on a noté de multiples langues existantes dont **4** officielles et **1127** locales en Afrique de l'ouest. Nos efforts d'élicitation, de conceptualisation et de formalisation ont donc été particulièrement difficiles. Ces efforts ont permis de disposer de modèles verbatim correspondants au mieux au réel perçu.
2. La MT diffère grandement de la MM. Il est donc difficile de réutiliser les ressources (ontologiques) existantes dans la MM, ou d'adapter les méthodes qui ont été appliquées à la MM.
3. Le langage, écrit ou parlé, reste incontournable malgré ses ambiguïtés. Il est donc presque impossible de disposer d'un système cent pour cent (100%) iconique. Nous nous sommes pour l'instant limités à l'iconisation des plantes, des recettes et des remèdes.
4. La conception d'un langage iconique demande de dessiner un nombre important d'icônes et d'icônèmes. Cela a nécessité d'apprendre à utiliser un logiciel de dessin vectoriel (InkScape).

sysMEDTRAD totalement à terme pourrait être un point de départ important pour la modernisation de la MT tout en préservant sa spécificité vis-à-vis de la MM. Ce travail est d'une grande opportunité déjà pour la communauté des PMT d'Afrique de l'ouest, et il le sera encore plus dès son implémentation dans un wiki sémantique comme virtuoso. Cette seconde partie du travail est en cours. Il s'agit précisément de l'implémentation de sysMEDTRAD. Cet outil permettrait aux acteurs de la MT de faire usage des TIC, et principalement aux PMT de jouer pleinement leur rôle de guérisseur traditionnel tout en ayant accès à un corpus large de connaissances, et en étant à même de contribuer à son enrichissement. Cela implique

la réduction des complexes de supériorité et d'infériorité, l'acceptation mutuelle entre PMT, le réflexe à la référence médicale (ou au référencement médical).

7.1 Discussions

7.1.1 Comparaison aux travaux de Kuicheu

Kuicheu N. C et al ont proposé IcOnto, une ontologie d'icônes pour la MT au Cameroun [138]. Les auteurs présentent un système d'icônes proche du nôtre pour décrire des recettes de remèdes. Cependant, ils ne proposent pas un langage iconique combinatoire aussi poussé que le nôtre pour l'identification des plantes médicinales. L'identification des plantes semble davantage reposer sur des photos.

Les auteurs définissent également une sémantique formelle pour les icônes. Une icône est définie comme l'intersection d'une composante physique (l'image de l'icône) et d'une composante logique (l'ensemble des caractéristiques ou attributs associés à l'icône). En utilisant un raisonneur sur l'ontologie, il est alors possible de faire des déductions par subsomption. Cependant, la formalisation des icônes restent limitées et les raisonnements autre que ceux par subsomption ne sont pas possibles.

7.1.2 Comparaison aux travaux de Lamy

Lamy et al. ont proposé le langage iconique VCM (Visualisation des Connaissances Médicales). Ce langage comprend environ 150 pictogrammes et une grammaire graphique simple qui permet par composition de construire plusieurs milliers d'icônes médicales pour la MM (maladies, symptômes, risques, antécédents, traitements, surveillances, ...).

Lamy et al. ont également proposé une méthode à base d'ontologie pour formaliser la sémantique d'un langage iconique [143] ; cette méthode a notamment été appliquée à VCM. Elle considère trois ontologies : l'ontologie des icônes qui formalise les icônes du langage iconique et leur décomposition en primitives (pictogrammes, formes géométriques et couleurs), l'ontologie du domaine qui modélise les concepts représentés et l'ontologie de correspondances qui relie les deux précédentes. Les auteurs présentent ensuite plusieurs applications de la formalisation de la sémantique de VCM : vérification de la consistance des icônes, génération automatique de libellés ou de lexique de pictogramme, établissement de correspondances avec des terminologies médicales.

Cependant, les applications sémantiques proposées par les auteurs ne sont guère applicables dans notre contexte. La vérification de la consistance des icônes n'est pas une application pertinente dans le sens où toutes les combinaisons d'iconèmes sont consistantes : par exemple la forme du fruit n'impose pas de contrainte sur sa couleur ni sur celle des fleurs. La génération de libellés ou de lexiques textuels est peu utile dans un contexte d'illettrisme. Enfin, il n'existe pas à proprement parler de terminologie bien établie dans le domaine de la MT.
Par conséquent, dans ce travail, nous avons donc opté pour une approche d'ontologie visuelle plus simple, avec une seule ontologie comprenant des concepts associés à des termes textuels (ontoCONCEPT-Term) et des icônes (ontoICONE).

7.1.3 Icônes et photos réalistes

Nous avons utilisé des icônes pour identifier les plantes médicinales de manière visuelle. Une autre possibilité aurait été d'utiliser des photographies de plantes ou des images très réalistes. Cependant, les photos sont problématiques lorsqu'il existe une grande variabilité intra- et inter-individus au sein d'une espèce de plante donnée. Nous avons vu au chapitre précédent l'exemple du Neem, mais de nombreux autres situations similaires existent. Cette variabilité est liée aux indicateurs climatiques, environnementaux, pédologiques et agrométéorologiques. Par exemple, nous avons l'influence de la hauteur du vent, du type de sol, du niveau hydrolique, de la pluviométrie, de la présence d'herbivores voraces, ... Chacun de ces paramètres peut changer l'aspect de la plante, parfois de manière importante. En revanche, les critères botaniques sur lesquels reposent notre langage iconique (forme des feuilles et des fruits, pennation, ...) présentent une certaine constance.

7.2 Vers des ontologies iconiques

Nous avons construit une ontologie de la MT (ontoMEDTRAD) incluant une couche terminologique (ontoCONCEPT-Term) et une couche iconique (ontoICONE). Une perspective de ce travail serait d'aller plus loin dans l'intégration des icônes aux ontologies. Pour cela, nous proposons de compléter les deux parties d'une ontologie formelle (la T-Box, terminologique, et la A-Box, assertionnelle) par une troisième partie, la G-Box, comprenant les icônes et leur structure.

Dans les ontologies formelles, il existe une distinction entre "concepts définis" et "concepts simples" (ou non définis, ou encore primitives). Les concepts définis ont une définition formelle, à l'aide d'axiome : par exemple le concept "Homme" peut être défini comme un "Être humain de sexe Mâle". De manière similaire, dans une ontologie iconique, nous pouvons considérer deux niveaux d'iconisation : "l'iconisation définie" et "l'iconisation simple".

Lors d'une iconisation simple, une icône est simplement associée à un concept. Lors d'une iconisation définie, l'icône est construite par assemblage de plusieurs iconèmes, ces iconèmes reprenant des éléments de la définition du concept. L'icône est alors une "définition visuelle" du concept qu'elle représente.

Par exemple, nous avons défini le Neemier au nom botanique Azadirachta indica A. Juss.(Meliaceae) comme une plante ayant une silhouette d'arbre, des fruits elliptiques verts, des fleurs blanches et jaunes, des feuilles lancéolées disposées en opposition. L'icône que nous avons construite pour ce Neemier (figure 6.11), reprend chacun de ces éléments sous forme d'iconème. Il s'agit donc d'une iconisation définie. Au contraire, les icônes que nous avons proposées pour les formes galéniques et les modes de préparation n'ont pas été créées par assemblage d'iconèmes : il s'agit alors d'une iconisation simple.

La prochaine étape se focalisera sur la validation définitive et globale de ontoMEDTRAD dans sa partie terminologique et iconique de sorte à déboucher sur l'adoption d'une véritable ontologie visuelle. Cette étape intègre également le déploiement de ontoMEDTRAD dans un environnement de Wiki sémantique (amorcé) pour arriver à sysMEDTRAD opérationnel.

En perspective plus proche, nous avons la définition de la G-Box devant compléter effectivement la T-Box et la A-Box d'une ontologie formelle par une partie graphique comprenant les icônes et leur structure (plus avancée).

La perspective suivante relève de deux aspects :

- l'alignement de l'ontologie visuelle à d'autres existantes comme celles relatives aux travaux de visualisation et d'iconisation de la MM de Lamy [144] ;

– une ontologie de domaine de la MT africaine qui soit de référence (hissée à un niveau de standardisation plus élevé qu'actuellement).

Bibliographie

[1] M ABBASI A, A KHAN M, S MUNIR H, S MAROOF M, P ARSHAD et M AHMAD : Ethnobotanical appraisal and cultural values of medicinally important wild edible vegetables of Lesser Himalayas-Pakistan ; Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine , PMC3853161 , http ://www.ethnobiomed.com/content/9/1/66 ; pp 1-13, 2013. 2.2.5

[2] G ABDOLBASET, N FARZANEH et M MOSADDEGH : Ethnobotany, Ethnopharmacology and Drug Discovery ; Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences, Spring 2006, pp 1-10, 2006. 2.2.3, 2.2.5

[3] ABDULLAHI A A : Trends and challenges of traditional medicine in Africa ; ăAfr J Tradit Complement Altern Med(AJTCAM). (2011) 8(S) :115-123 ; pp 4-9 , 2011. 5.5.2

[4] ADAM J M : Types de textes ou genres de discours, comment classer les textes qui ***disent de et comment faire*** ? in : Langages, 35e année, nº 141,2001, Les discours procéduraux, pp 10-27, doi : 10.3406/lgge.2001.872, persée, 2001. 2.2.10

[5] ADANSON M : Familles des plantes ; Chez VINCENT, académie des Sciences, de la Société Royale de Londres, Censeur Royal, Imprimeur-Libraire Paris ; P 19, 1894. 6.3.4

[6] L ADOU, D MARIE, A TOURE, K KOMOE et J IPOU : Nephrolepis biserrata, une ptéridophyte utilisée comme plante médicinale en Côte d'Ivoire ; Journal of Applied Biosciences 81 :7298 - 7306 ISSN 1997-5902 PP 1-9, 2014. 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[7] ADU-GYAMFI S : Spiritual and indigenous healing practices among the Asante people of Ghana : a testimonial from twenty-first century practitioners and recipients in Kumase ; in : Journal of Basic and Applied Research International ; Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST), Ghana ; pp 1-13, 2014. 5.5, 6.3.1

[8] AEN et RAE : African ethnobotany network ; Bulletin AJTCAM.v8i5S.5. PMCID ; PP 5-75 , 2000. 2.2.4, 6.2

[9] R AHLUWALIA et B MECHIN : La médecine traditionnelle au Zaïre : fonctionnement et contribution potentielle aux services de santé ; Centre de recherches pour le développement international(CRDI) ; Canada ; ISBN : 0-88936-222-X ; archiv ; 615.89 A 4F. PP 1-66 , 1979. 2.2.2, 5.5.2

[10] AKE A : *Abrégé de Médecine et pharmacopée africaines ; Abidjan RCI ; SIPPI-NEI-CEDA ; PP 1-150*, volume 1-150. 2011. 1.1, 1.3, 2.4.2, 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[11] ALAN G : Thesauri, taxonomies and ontologies - an etymological note ; emeraldinsight.com/0022-0418.htm ; vol 59 -1 ; PP. 7 - 18, 2003. 3.2, 3.2.2, 3.2.3

[12] C ALEXANDER P, R PATRICK L, J MARK et D ALEXANDER D : Defining sign and symptom ; http ://ceur-ws.org/Vol-1309/paper4.pdf ; ICBO-WS 2014. DIKR 2014 - IWOOD 2014 - OBIB 2014 - Workshops of ICBO 2014 co-located with 5th International ; PP 1-7, 2014. 2.2.12

[13] AMARI A : Adaptabilité des conditions d'enregistrement des médicaments génériques en RCI aux médicaments traditionnels améliorés ; J. sci., Lab. de galénique et législation pharma Univ Cocody (UFHB) ; PP 1-4, 2006. 2.2.7, 2.4.2

[14] ANDERSON C F M A : Contribution à l'étude de la pharmacopée ivoirienne : enquête ethnopharmacologique dans le district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire) ; Thèse en pharmarcie à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Sénégal ; PP 97-121 , 2015. 2.2.1, 2.2.2, 2.5.4.1, 2.5.4.2

[15] ANSAY M : Les animaux médecins d'eux-mêmes ; Institut de la Vie 50, avenue Franklin Roosevelt ; http ://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins$_textes/divers09 - 03/010030480.pdf; PP1 - 4, 2002.$ 2.5.1

[16] K APPOH, M BROU K, M LO et B LAMY J : Vers un système iconique d'aide à la décision pour les praticiens de la médecine traditionnelle ; CARI 2016 ; PP 1-12, 2016. 3, 6.3.6

[17] K APPOH, B LAMY J, M BROU K et M LO : Modelization of recipe in african traditional medicine with visual ontology approach, iconic sketch ; Proceedings of e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries, LNICST, Springer, Africomm 2016 ; PP 304-312, 2016. 4, 6.6.2

[18] K APPOH, M LO, M BROU K et M BABRI : Modélisation conceptuelle d'une ontologie de la médecine traditionnelle (ontoMEDTRAD) ; CNRIA ; PP 1-5, 2015. 2, 5.7.3

[19] K APPOH, M LO, M KONAN B et M BABRI : Architecture d'un système de gestion des connaissances de la médecine traditionnelle : sysMEDTRAD ; CARI 2014 ; PP 1-12, 2014. 1, 5.1.2, 5.1.1, 5.4.1

[20] ARBONNIER M : Arbres arbustes et lianes de zones sèche de l'Afrique de l'Ouest ; 3 ème Edition QUAE 2009 ; ISBN MNHN 978-2-85653-626-1 ; PP 1-579, 2009. 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[21] G ATEMEZING A., L P FOTSO, M TCHOTSOUA et A CARDON : Modélisation multi agent massif d'un système d'aide à la décision en médecine traditionnelle ; pp 1-12 , 2009. 2.2.2, 2.2.2, 3.4.1

[22] G ATEMEZING A et P JUAN : An Ontology for African Traditional Medicine ; Springer ; DOI 10.1007/978-3-540-85863-8$_3$9$.ISSN1615 - 3871; pp329 - 337, 2009.$ 2.4.2, 2.5.4.1, 3.4.1

[23] A AYIMDJI, S KOUSSOUBE, L P FOTSO et K BALIRA O : Towards a "Deep" Ontology for African Traditional Medicine ; Intelligent Information Management Volume 3, Issue 6 ; ISSN Online : 2160-5920 ; PP 244-251, 2011. 3.4.1

[24] A AYIMDJI, S KOUSSOUBE, L P FOTSO et K BALIRA O : Using METHONTOLOGY to Build a Deep Ontology for African Traditional Medicine, First Steps ; ARIMA ; PP1-12, 2012. 3.4.1

[25] F BAADER et B HOLLUNDER : A Terminological Knowledge Representation System with Complete Inference Algorithms ; First International Workshop on Processing Declarative Knowledge ; ISBN :3-540-55033-X ; pp 67-86, 1991. 3.2.9.1

[26] F BAADER, L MCGUINNESS D, D NARDI, S PETER F P, W NUTT, D CALVANESE et R MOLITOR : The description logic ; in handbook , Theory, implementation, and applications ; ISBN : 0-521-78176-0 ; pp 1-138, 184-222, 226-269, 495-504, 2003. 3.2, 3.2.7, 3.2.9, 3.2.9.1

[27] BACHIMONT B : Engagement sémantique et engagement ontologique : conception et réalisation d'ontologies en Ingénierie des connaissances ; https ://www.utc.fr/ bachimon/dokuwiki/$_media/fr/ontologie - icbook.pdf; pp1 - 16, 2000.$ 3.2, 3.2.11.1, 3.2.11.1

[28] BANU I U D : Otto Neurath, ISOTYPE Picture Language and Its Reflections on Recent Design ; ITICAM - International Trend and Issues in Communication and Media, At Dubai, Istanbul University ,Turkey, pp 1-6, 2014. 4.1, 4.5

[29] BARRY S : The Evaluation of Ontologies :Editorial Review vs. Democratic Ranking ; Proceedings of InterOntology 2008 , Japan, 26-27 February 2008, pp 127-138. , 2008. 5.7.2.1

[30] BARTHELEMY S H : L'HERMENEIA, Traité de la proposition Aristote ; Paris : Ladrange ; http ://www.documentacatholicaomnia.eu/03d/-384_322,$_A ristoteles,_L a_p roposition_H ermeneia,_F R.pdf consult2016;;pp1 - 70, 1866. 3.2, 3.2.7, 3.2.11.2

[31] BARTHES R : Eléments de sémiologie ; Persée ; vol 4, pp. 91-135, 1964. 4.4.1

[32] J BASQUE et B PUDELKO : La modélisation des connaissances à l'aide d'un outil informatisé à des fins de transfert d'expertise, resencion d'écrits ; Ph.D ; Centre de recherche LICEF ; LICEF ; pp 1-27, 63-82, 2004. 3.2.8

[33] J BASQUE et B PUDELKO : Comodélisation de connaissances par objets typés ? : une stratégie pour favoriser le transfert d'expertise dans les organisations ; Centre de recherche LICEF ; LICEF ; pp 1-19, 2010. 3.2.8

[34] R BAUMANN, F LOEBE et H HERRE : Ontology of time in GFO. In M. Donnelly G. Guizzardi (Eds.), Formal Ontology in Information Systems : Proceedings of the 7th International Conference, FOIS 2012, Graz, Austria, Jul 24-27 (pp. 293-306). Amsterdam : IOS Press, 2012. 3.3.2.3

[35] BEAL A : *L'ethnopharmacologie à travers l'exemple de l'iboga : la conservation des savoirs thérapeutiques ethniques et leur transfert en médecine occidentale ; Université de Nantes Faculté de pharmacie ; pp 1-26.* Thèse de doctorat, 2014. 2.2.3

[36] S BECHHOFER et C GOBLE : thesaurus construction through knowledge representation ; Elsvier sciences ; data and knowledge Engineering 37 pp 25-45, 2001. 3.2, 3.2.3

[37] BEHOU G N : Propositions de méthodologies pour la valorisation de la médecine traditionnelle fondées sur une ontologie ; Thèse de doctorat UFR-SFA de l'Université Nangui-Abrogoua ; pp 12-50, 2016. 3.4.1

[38] K BENE, D CAMARA, Y FOFIE N B, Y KANGA, B YAPI A, C YAPO Y, A AMBE S et N ZIRIHI G : Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le Département de Transua, District du Zanzan (Côte d'Ivoire) ; Journal of Animal Plant Sciences, ISSN 2071-7024 , Vol.27, Issue 2 : pp 4230-4250 , 2016. 2.2.9

[39] T BERNERS-LEE, J HENDLER et O LASSILA : The Semantic Web , A New form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities ; http ://www.citeulike.org/user/kajakbent/article/2841498 ; pp 1-4, 2001. 3.2.10

[40] BERY L M : Conception physique des bases de données à base ontologique : le cas des vues matérialisées ; Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique (ENSMA), LIAS ; France ; pp 12-30, 2014. 3.3.2.1

[41] BESSE H : Signes iconiques, signes linguistiques ; Persée vol 24 pp. 27-54, 1974. 4.4.1

[42] K BHASKAR et S SAVITA : A comparative study ontology building tools in semantic Web applications ISSN : 2333-9721 ; journal of software Engineering and applications ; pp 1-13, 2010. 5.7.1

[43] BORDRON JF : Les objets en parties, esquisse d'ontologie matérielle ; Persée ; volume 25, nº 103 L'objet, sens et réalité ; 103 pp. 51-65, 1991. 3.3.2.6, 6.3.3

[44] F BOURDARIAS, J P DOZON et F OBRINGER : La médecine chinoise au Mali. Les économies d'un patrimoine culturel ; Fondation Maison des sciences de l'homme - 190 avenue de France - 75013 Paris - France http ://www.fmsh.fr - FMSH-WP-2014-64 ; pp 1-25, 2014. 2.3.1, 2.7

[45] R BRACHMAN et J G SCHMOLZE : An Overview of the KL-ONE , Knowledge Representation System ; Cognitive science 9, pp 171-216, 1985. 3.2, 3.2.7

[46] E BRANGIER et G GRONIER : Conception d'un langage iconique pour grands handicapés moteurs aphasiques ; Laboratoire de Psychologie. Equipe Psychologie du Travail et Ergonomie. Université de Metz ; pp 1-8, 2001. 4.3, 4.5, 4.5

[47] J BRANK, M GROBELNIK et D MLADENIC : A survey of ontology evaluation techniques ; Proc. of 8th Int. multi-conf. Information Society, pp 166-169., 2005. 5.7.2

[48] M BROU K, C BOGUI N, B GOORE T et I LOKPO : VetoMed , un système expert à base d'icônes pour la médecine vétérinaire traditionnelle ; Afrique Science, Vol.10, http ://www.afriquescience.info/document.php ?id=3105. ISSN 1813-548X. ; pp 39-46, 2014. 3.4.1

[49] CABALION P : Ethnopharmacologie sous les tropiques : l'exemple de Vanuatu ; In Waast Roland (ed.), Moulin A.M. (ed.) Les sciences hors d'Occident au 20ème siècle ; Paris : ORSTOM, pp 211-221, 1986. 1.1, 2.1, 2.2.3, 2.4.2, 2.5.4.1

[50] CAMARA G : Conception d'un système de veille épidemiologique à base d'ontologies, Application à la schistosomiase au Sénégal, Thèse de doctorat Université Gaston berger UGB Saint Louis Sénégal, UFR SAT ; pp 22-94, 2013. 3.2.11.2, 3.3.2.3, 5.7.3

[51] CARILLON A : Place de la phytothérapie dans les systèmes de santé au 21 siècle ; Conférence SIPAM -Djerba Mars 2009 ; pp 1-7, 2009. 1.1, 1.3, 2.4.1, 2.5.4.2

[52] N CARLOS et Z T QINZ : A Taxonomy of Representation Strategies in Iconic Communication ; ScienceDirect Volume 70, Issue 8, August 2012, pp 535-551, 2012. 4.4.2, 6.8

[53] F CARMEN M S, P GOMEZ A et L FERNANDEZ M : The NeOn Methodology for Ontology Engineering ; Springer Ontology Engineering in a Networked World ; pp 9-34, 2012. (document), 3.3.1, 3.7, 5.5

[54] A CAROLINE et B KOFI : An Exploratory Ethnobotanical Study of the Practice of Herbal Medicine by the Akan Peoples of Ghana ; Alternative Medicine Review , Volume 10, Number 2 ; pp 112-122, 2005. 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[55] CARON S : Ancrage symbolique dans des catégorisations sensorimotrices, une simulation ; Présentation du projet de thèse DIC9411, Canada ; pp 1-30, 2006. 5.5.1

[56] CEDEAO-ECOWAS : Les dynamiques démographiques, https ://www.oecd.org/fr/csao/publications/39803778 2015. 1.3

[57] CHABRIER JY : Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie ; thèse de doctorat en pharmacie ; Université Henri Poincare - Nancy 1 ; pp1-51, 2010. 2.2.6, 2.2.6.2, 2.2.8, 2.2.11

[58] CHARLET J : L'ingénierie des connaissances : développements, résultats et perspectives pour la gestion des connaissances médicales ; thèse ; Hdr de l'Université Pierre et Marie Curie Paris ; pp 1-50, 2002. 3, 3.2.11.1

[59] J CHIWUZIE, F UKOLI, O OKOJIE, E ISAH et I ERIATOR : Traditional medicine, Traditional practitioners are here to stay ; USAID ; https ://www.popline.org/node/348606 ; pp 1-5, 1987. 2.5.4.2

[60] K CHOUDHARY, M SINGH et U PILLAI : Ethnobotanical Survey of Rajasthan - An Update ; American-Eurasian Journal of Botany, ISSN 1995-8951 IDOSI ; pp 38-45, 2008. 2.2.5

[61] C CIEUR et A CARILLON : La plante médicinale - notion de totum - implication en phytothérapie clinique intégrative ; Société Internationale de Médecine Endobiogénique et de Physiologie Intégrative (SEMPI) ; https ://www.simepi.info/spip.php ?article57 ; pp 1-11, 2012. 2.2.8

[62] CLENET J : Le concept de représentation ; http ://daimon.free.fr/mediactrices/representations.html, 2016. 3, 3.2

[63] M COLLINS A et E LOFTUS F : A Spreading Activation Theory of Semantic Processing ; http ://psycnet.apa.org/record/1976-03421-001 ; DOI : 10.1037//0033-295X.82.6.407 ; vol 82 ; 6 ; pp 407-428, 1975. 3.2, 3.2, 3.2.7

[64] M COLLINS A et R QUILLIAN M : Retrieval time from semantic memory in Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 8 : pp. 240-247, 1969. 3.2, 3.2.7

[65] CORAZZON R : Theory and History of Ontology ;www.ontology.co ; pp 1-12, 48-102, 2016. 3.2.11.1

[66] O CORCHO, L FERNANDEZ M et P GOMEZ A : Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point ? ; Elsevier Data
Knowledge Engineering 46 (2003) 41-64 ; http ://oa.upm.es/2637/1/JCR02.pdf ; pp 41-64, 2003. 3.3.1, 5.7.1

[67] C CORREA M, F DEUS H, T VASCONCELOS A, Y HAYASHI, A AJANI J, P SRIKRISHNA V et S ALMEIDA J : AGUIA , autonomous graphical user interface assembly for clinical trials semantic data services ; PMCID : PMC2987967 ; doi : 10.1186/1472-6947-10-65 ; https ://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2987967/ ; pp1-13, 2010. 3.4.2

[68] COSSETTE C : Vers une grammaire de l'image publicitaire ; In : Communication et langages ; DOI : 10.3406/colan.1973.4035 ; Persée 19 ; www.persee.fr/doc/colan$_0336 - 1500_1973_n um_1 9_{14} 035; pp. 93 - 105, 1973.$ 4.4.1

[69] COTE A : Le nombre des catégories aristotéliciennes ; DOI : 10.7202/1020059ar ; ISSN 0023-9054 (imprimé) 1703-8804 (numérique) ; Erudit Université de LAVAL ; pp 1-11, 1964. 3.2, 3.2.7, 3.2.11.2, 5

[70] CROLL P R : An Overview of IEEE Software Engineering Standards and Knowledge Products ; IEEE SESC Computer Sciences Corporation ; http ://www.asq509.org/ht/a/GetDocumentAction/i/490 ; pp 1-46, 2000. 3.3.1.1

[71] DARKO I N : Ghanaian indigenous health practices : the use of herbs ; Ontario Institute for Studies in Education of the University of Toronto ; pp 1-97, 2009. 5.5, 6.3.1

[72] DASYLVA B : Contribution à l'étude de l'herboristerie traditionnelle sénégalaise : Inventaire des plantes médicinales vendues dans les marchés de Dakar et contrôle de qualité sur 170 échantillons ; thèse de doctorat à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) ; pp 40-44, 2001. 2.2.2, 2.5.1, 5.5, 5.5.2, 6.2, 6.3.1

[73] DAUCOURT V : Genèse de la médecine ; http ://vdaucourt.free.fr/Histmed/ (consulté en 2016). 2001. 1.1

[74] R DAVE, C THOMPSON, J MUKERJI et D COLEMAN : An assessment of RDF-OWL modelling ; Digital Media Systems Laboratory Bristol. HPL-2005-189 ; pp 1-24, 2005. 3.2.11.3

[75] G DECLERCK, A BANEYX, A XAVIER et J CHARLET : A quoi servent les ontologies fondationnelles ? 23 èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2012) ; Paris, France ; pp 67-82, 2012. 3.2.11.1, 3.2.11.2, 3.2.11.2

[76] DELAPORTE G F : Guide de lecture de la métaphysique d'aristote, commentaire de Thomas d'Aquin 1 à 4 du tome 1 ; L'harmattan. http ://www.thomas-d-aquin.com/documents/files/Metaphysique$_1.pdf; pp 5 - 32, 53 - 58. 1 - 481, 2012.$ 3.2, 3.2.7, 3.2.11.2

[77] V DENNY, S PINTO, S YORK et C TEMPICH : The DILIGENT Knowledge Processes ; Journal of Knowledge Management , Vol. 9 Issue : 5, https ://doi.org/10.1108/13673270510622474 ; pp.85-96, 2005. (document), 3.3.1, 3.6, 5.5

[78] D DIBONG S, E MPONDO E, A NGOYE, F KWIN M et L BETTI J : Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala, Cameroun ; Journal of Applied Biosciences 37 : 2496 - 2507 ISSN ; pp 1997-5902 , 2011. 5.5.2

[79] DICK S : The Relationship between Information and Knowledge ; in Proceedings of IRIS 24, Ulvik, Norway, August 11-14. http ://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary ?doi=10.1.1.21.965, pp 11-14, 2001. 3.1, 3.1.3

[80] DIENG R K : Le web sémantique pour la gestion des connaissances ; Projet ACACIA. INRIA, Sophia-Antipolis http ://www.inria.fr/acacia. pp 1-75. 2005. 1.1, 5.1.2

[81] R DOS S J et J FLEURENTIN : L'ethnopharmacologie : une approche pluridisciplinaire ; In : Fleurentin J. et al. (Ed.) Ethnopharmacologie. Sources, méthodes, objectifs, Actes du Premier colloque européen d'ethnopharmacologie, Metz, 23-25 mars 1990. Paris, ORSTOM, Metz, Société française d'ethnopharmacologie : 26. Colloques et séminaires. pp 26-39, 1990. 2.2.3

[82] V DOUGNON T, E ATTAKPA, H BANKOLE, G HOUNMANOU Y M, R DEHOU, J AGBANKPE, M DESOUZA, K FABIYI, F GBAGUIDI et L BABA M : Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées contre une maladie cutanée contagieuse : La gale humaine au Sud-Bénin ; - Série Pharm. Méd. Trad. Afr., 2016. 18(1) ; http ://publication.lecames.org/index.php/pharm/article/viewFile/924/626 ; pp 16-22, 2016. 2.2.9

[83] P DOZON J et N SINDZINGRE : Pluralisme thérapeutique et médecine traditionnelle en Afrique contemporaine ; La base de ressources documentaires de l'IRD ; Horizon ; 056SOCSAN, (12)p ; pp 43-52., 1996. 2.4.2

[84] DOZON J P : Ce que valoriser la médecine traditionnelle veut dire ; In, Politiques de santé. Source, Politique Africaine, ISSN 0244-7827. Plan de classement, Politiques de la santé [056POLSAN] ; pp (28)p. 9-20., 1987. 5.4.2

[85] H EKEOPARA C et A UGOHA : The Contributions of African Traditional Medicine to Nigeria's Health Care Delivery System ; IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS) Volume 22, Issue 5, Ver. 4 (May 2017) ; e-ISSN : 2279-0837, p-ISSN : 2279-0845 ; pp 32-43, 2017. 2.2.2

[86] EMHIMED A : Comparison some of ontology editors ; Management Information Systems, Vol. 8 (2013), No. 2, ; pp. 018-024 , 2013. 5.7.1

[87] M ENGLER, V DENNY et S YORK : A tool for Diligent argumentation, Experiences, requirements and design ; Institute of applied Informatics and formal Description methode (AIFB) ; University of Karlsruhe. Karlsruhe, Germany ; 1st International Workshop on Semantic Technologies in Collaborative Applications STICA ; Manchester, UK 2006 ; PP 1-6 , 2006. 3.3.1

[88] ESPINASSE B : Introduction aux Ontologies ; http ://www.lsis.org/espinasseb/Supports/ONTOWS/IntroOnto pp 1-12, 2010. 3.2.11.2

[89] FARID N : Ontology Development ; https ://users.informatik.haw-hamburg.de/ schmidt/it/presentations/OntoDev-naimi-06.pdf ; pp 1-24, 2006. 3

[90] G FAUSTO, D BISWANATH et V MALTESE : From knowledge organization to knowledge representation ; University of Trento, Trento, Italy ; pp 1-21, 2013. 3.2.1

[91] FERNANDEZ L M : Overview Of Methodologies For Building Ontologies ; Proceedings of the IJCAI99 Workshop on Ontologies and Problem Solving Methods Lessons Learned and Future Trends ; http ://www.lsi.upc.es/ bejar/aia/aia-web/4-fernandez.pdf ; pp 1-13, 1999. 3.3.1.1

[92] FLEURENTIN J : L'ethnopharmacologie au service de la thérapeutique ; sources et méthodes ; DOI : 10.4267/2042/47400 ; Société Française d'Ethnopharmacologie ; Hegel Vol. 2 nº 2 - 2012, 2012. 2.2.3

[93] FORTINEAU V : Contribution à une modélisation ontologique des informations tout au long du cycle de vie du produit ; Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers ; pp 66-86, 2013. 3.1.1

[94] FRIEDER N : Data, information and knowledge : a semiotic view of phenomena of organization ; IFIP TC8 / WG8.1 Working Conference on Organizational Semiotics ; volume 94 ; pp 1-10, 2002. 3.1.1, 3.3.1.4

[95] C FUCHS, C GIMMLER, G SIMON, L HOLTHOL et R BERGMANN : Cooking Cake ; University of Trier, Germany ; http ://www.wi2.uni-trier.de/shared/publications/2009$_{c}ookingcake.pdf; doi = 10.1.1.459.7457; pp1 - 10, 2009.$ 3

[96] A GALTON et M RIICHIRO : The Water Falls but the Waterfall does not Fall : New perspectives on Objects, Processes and Events ; IOS Press Amsterdam ; Volume 4 Issue 2, April 2009 ; pp 71-107 , 2009. 3.2.11.2, 3.3.2.3

[97] GALTON A : On What Goes On : The Ontology of Processes and Events ; IOS Press Amsterdam, The Netherlands ; Proceedings of the 4e International Conference on on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2006) ; ISBN :1-58603-685-8 ; pp 4-11 , 2006. 3.2.11.2, 3.3.2.3

[98] GALTON A : Processes as Continuants (abstract) ; Proceedings of the Thirteenth International Symposium on Temporal Representation and Reasoning (TIME 06) 1530-1311/06 ; Budapest IEEE ; DOI : 10.1109/TIME.2006.23 ; p ISSN :1530-1311 ; pp 187-187, 2006. 3.3.2.3

[99] GALTON A : The Ontology of Time and Process ; Third Interdisciplinary School on Applied Ontology (ISAO 2016), Bozen-Bolzano, June 27-July 1, 2016 ; pp 15-28, 2016. 3.2.11.2, 3.3.2.3, 3.3.2.4

[100] GANDON L F : Graphes RDF et leur manipulation pour la gestion de connaissances ; INRIA Sophia Antipolis - Méditerranée , Université de Nice ; thèse Hdr ; http ://www-sop.inria.fr/dias/Theses/hdr-gandon.pdf ; pp 33-97, 2008. 1.1, 1.3, 2.1

[101] GASTON B : Le nouvel esprit scientifique ; Paris , Les Presses universitaires de France ; pp 1-40, 1968. 3

[102] F GLANNESINI, H KANOUI, R PASERO et M VAN C : Prolog ; Inter Editions , 1985. 3.2.5

[103] GODFRAIND T : A propos des médecines traditionnelles en Afrique Centrale ; Revue des Questions Scientifiques, 2010, 181 (3) ; pp 341-371 , 2010. 2.1

[104] P GOMEZ A, L MARIANO F et O CORCHO : Advanced Information and Knowledge Processing with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web in : Ontological engineering ; Springer 2004, ISBN 978-1-85233-551-9, pp. 1-362, 2004. 3.2.11.1, 3.3.1, 3

[105] A GOMEZ P et F CARMEN M S : NeOn Methodology for building ontology Networks , a scenario based methodology ; Ontology Engineering Group. Departamento de Inteligencia Artificial. Facultad de. Informtica. Universidad Politécnica de Madrid ; DOI 10.1007/978-3-642-24794-1$_2; http : //oa.upm.es/5475/1/INVE_MEM_2009_64399.pdf; pp1 - 8, 2009.$ 3.3.1, 5.7.2.1

[106] B N GROSOF, I HORROCKS, R VOLS et S DECKER : Description Logic Programs : Combining Logic Programs with Description Logic ; WWW2003, May 20-24, 2003, Budapest, Hungary. ACM 1-58113-680-3/03/0005.xxx. ; Proceeding WWW '03 Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web ; ISBN :1-58113-680-3. 48-57 , 2003. 3.2.9

[107] GRUBER T R : A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Acquisition,vol 5, pp199-220, 1993. 3.2.11.1

[108] GRUNDSTEIN M : Distinguishing knowledge from information, a prerequisite for Elaborating KM Initiative Strategy ; Proceedings of the International Conference on Knowledge Management and Information Sharing ; ISBN 978-989-674-013-9. volume 135-140, 2009. 3.1

[109] N GUARINO, D OBERLE et S STAAB : What Is an Ontology ? In : Staab S., Studer R. (eds) Handbook on Ontologies. International Handbooks on Information Systems. Springer, Berlin, Heidelberg ; pISBN 978-3-540-70999-2, pp 1-17. 1-17, 2009. 3.2.11.1

[110] GUARINO N : Formal Ontology and Information Systems ; Proceedings of FOIS'98, Trento, Italy, 6-8 June 1998. Amsterdam, IOS Press, pp 3-15. 3-15, 1998. 3.2.11.1

[111] J GUASTELLO S et M TRAUT : Verbal versus pictorial representation of objects human computer interface, https ://doi.org/10.1016/0020-7373(89)90034-5, Vol. 31. pp 99-120, 1989. 6.8

[112] F GUENTHNER et P SABATIER : Sémantique formelle et représentation des connaissances ; in : Langages, 22 ? année, nº87, 1987, Sémantique et intelligence artificielle ; 87 pp. 103-122, 1987. 3.2.5

[113] L GUISSOU K M, E SANON, P SANKARA et S GUINKO : La mycothérapie au Burkina Faso : état des lieux et perspectives ; ISSN 1997-5902. ; Jourrnal of Applied Biosciences 79 :68. 96. -. 6. 908. ; http ://dx.doi.org/10.4314/jab.v79i1.14 ; vol 79 ; pp 1-13. 1-13, 2014. 2.2.6

[114] H HARYANI et M HAMIZ : An Ontological Model for Indigenous Knowledge of Malay Confinement Dietary ; Journal of software, vol. 9, no. 5, may 2014 ; doi :10.4304/jsw.9.5.1302-1312 ; pp 1302-1312, 2014. 2.4.2

[115] HEATHER H : Taxonomies and controlled vocabularies best practices for metadata ; ISSN 1743-6559 ; https ://doi.org/10.1057/dam.2010.29 ; Volume 6, Issue 5, pp 279-284. 1-6, 2010. 3.2.1

[116] HEATHER H : *The Accidental Taxonomist ; Information Today Inc ; 469p ; ISBN 978-1-57387-499-1 ; 2nd edition, pp 1-40.* Information Today Inc, 2016. 3.2, 3.2.1, 3.2.3

[117] HEATHER H : Taxonomy Types and Definitions, https ://www.hedden-information.com/taxonomies.htmdefinitions, 2017. 3.2.1, 3.2.2

[118] HEON M : *Web sémantique et modélisation ontologique (avec G-OWL) ; dition Epsilon ; ISBN 978-2-7460-8955-6 ; pp 53-78.* 2014. (document), 4.4, 4.4.2

[119] HORRIDGE M : A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protege 4 and CO-ODE Tools ; The University Of Manchester ; http ://mowl-power.cs.man.ac.uk/protegeowltutorial/resources/ProtegeOWLTutorialP4$_v1_3.pdf; pp1-100, 2011.3$

[120] I HORROCKS et P SCHNEIDER P F : Knowledge Representation and Reasoning on he Semantic Web , OWL ; http ://www.cs.ox.ac.uk/ian.horrocks/Publications/download/2010/HoPa10a.pdf, 2016. 3.2.9.1

[121] HORROCKS I : Reasoning with Expressive Description Logics : Theory and Practice ; In : Voronkov A. (eds) Automated Deduction ?CADE-18. CADE 2002. Lecture Notes in Computer Science, vol 2392. Springer, Berlin, Heidelberg ; ISBN 978-3-540-43931-8 ; pp 1-15. 1-15, 2002. 3.2, 3.2.9

[122] HORROCKS I : Description Logic : A Formal Foundation for Ontology Languages and Tools ; https ://www.cs.ox.ac.uk/ian.horrocks/Seminars/download/Horrocks$_{I}an_{p}t1.pdfandhttps$: $//www.cs.ox.ac.uk/ian.horrocks/Seminars/download/Horrocks_{I}an_{p}t2.pdf$, 2003. 3.2, 3.2.9

[123] HUFFMAN M A : Animal origins of herbal medicine ; In : Fleurentin J. (ed.), Pelt J.M. (ed.), Mazars G. (ed.), Lejosne J.C. (trad.), Cabalion Pierre (collab.) ; http ://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins$_{t}extes/divers09 - 03/010030476.pdf; IRDEditions; pp31 - 42$, 2002. 2.3.1, 2.5.1

[124] O IGOLI J, G OGAJI O, A TORANYIIN T et P IGOLI N : Traditional medicinal practices among the Igede people of Nigeria (part II). AJTCAM (Afri. J. Tradit. Compliment Altern. Med.) 2(2) ; pp 134-152, 2005. 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[125] O JANSEN, M FREDERICH, M TITS, L ANGENOT, S COUSINEAU, L BESSOT, C CRUNET et P NICOLAS J : Ethnopharmacologie et paludisme au Burkina Faso : sélection de 13 espèces à potentialités antiplasmodiales méconnues, vol 41, Société Française d'ethnopharmacologie, PP74-81, 2008. 6.2

[126] D B JUHE et A LAINE : Processus d'acquisition et de transmission des ressources thérapeutiques africaines dans les sources européennes du XVIIe au XIXe siècle ; In : Outre-mers, tome 92, nº346-347, 1er semestre 2005. La santé et ses pratiques en Afrique, sous la direction de Karine Delaunay. *Outre Mer*, 47-78, 2005. 1.1, 2.1

[127] N KAMSU B F A, B GAYO D et C C FOGUEM : Conceptual graph based knowledge representation for supporting reasoning in African traditional medicine ; Engineering Applications of Artificial Intelligence ; Volume 26, Issue 4, April 2013, pp 1348-1365. 1348-1365, 2013. 3.4.1

[128] J KERHARO et G ADAM J : *La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. plantes médicinales et toxiques ; Ed : Paris, Vigot frères, DL 1973 ; ISBN : 2-7114-0646-6 ; pp 1-200.* 1974. 2.3.1

[129] KERHARO J : La médecine et la pharmacopée traditionnelles sénégalaises ; In : Kerharo J., Bouquet Armand, Debray Maurice ; source : Etudes Médicales ; documentation.ird.fr/hor/fdi :21758 ; pp 7-54. 1975. 2.2.2, 2.2.4, 2.3.1

[130] KERZAZI N : Exigences et spécifications du logiciel ; Ecole Polytechnique de Montréal ; pp1-30, 2010. 5.4

[131] KESRAOUI D : Test et recette dans un projet Logiciel, Evolution des méthodes et outils ; le CNAM, Chef de projet en ingénierie documentaire" INTD, Promotion 43, pp 1-104, 2014. 2.2.10

[132] K KIGEN G, K RONOH H, K KIPKORE W et K ROTICH J : Current trends of Traditional Herbal Medicine Practice in Kenya : A review ; African Journal of Pharmacology and Therapeutics Vol. 2 No. 1 ; pp 32-37, 2013. 2.2.9, 2.5.4.1

[133] KONAN A : La place de la médecine traditionnelle dans les soins de santé primaires à Abidjan (Côte d'Ivoire) ; Thèse de doctorat en médecine de l'Université de Toulouse (France) : pp 10-47, 59-69, 2012. 1.1, 2.2.2, 2.2.6.2, 2.4.2, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.4.1, 2.5.4.2, 6.2

[134] B KOUE M T, K YAOKOKORE H B, B KASSE K et K KOUASSI P : Données ethnozoologiques sur l'utilisation des oiseaux dans la médecine traditionnelle chez le peuple Gouro de la Marahoué de Côte d'Ivoire ; https ://vertigo.hypotheses.org/author/hyaokokore, pp 1-13, 2015. 2.2.10, 2.5.2

[135] E KROA, B DIABY, A NIARE, Y TRAORE, E M AHOUSSOU, A YAO G H, S COULIBALY G et D KOUASSI : Analyse de la collaboration entre médecines traditionnelle et moderne

dans la région du Sud Bandama (Côte d'Ivoire) ; Revue CAMES - Série Pharm. Méd. Trad. Afr., vol 1 : pp 21-27, 2014. 1.1, 1.3

[136] KROA E : Evaluation de l'efficacité du traitement traditionnel de l'accès simple du paludisme à Plasmodium falciparum à Agnanfoutou, Département d'Agnibilékrou ; Thèse de doctorat en médecine de l'Université Félix Houphouet Boigny Abidjan ; pp 51-68, 2005. 1.3, 2.2.1, 2.2.2, 2.2.2, 2.4.2, 2.5.1, 2.5.2, 2.5.3, 2.5.4.1, 2.5.4.2, 6.2

[137] KRUK S : Semiotics of visual iconicity in Leninist 'monumental propaganda ; . Visual Communication, 7, 27-56., 2008. 4.1

[138] N C KUICHEU, N WANG, G N FANZOU T, F SIEWE et D XU : Description Logic Based Icons Semantics : An Ontology for Icons. *In Proceedings of International Conference on Signal Processing (ICSP)*, volume pp 1260-1263, 2012. 3.4.1, 4.6, 7.1.1

[139] LAINE A : Médecins africains et français à la Côte d'Afrique. Les raisons d'une non-rencontre (1815-1874) ; in : Outre-Mers. Revue d'histoire Année 2003 338-339 ; pp. 199-224 , 2003. 1.1, 2.1

[140] J B LAMY, F SOUALMIA L, A VENOT et C DUCLOS : Validation de la sémantique d'un langage iconique médical à l'aide d'une ontologie : méthodes et applications (OWLready) ; ic2014, pp 1-12, 2014. 3.4.2

[141] B LAMY J, C DUCLOS, H AVNER B, P OUVRARD et A VENOT : An iconic language for the graphical representation of medical concepts ; BMC Med Inform Decis Mak ; PMID : 18435838 PMCID : PMC2413217 DOI : 10.1186/1472-6947-8-16 ; pp 8-16, 2008. 4.5

[142] B LAMY J, C DUCLOS, H AVNER B, P OUVRARD et A VENOT : Design of a graphical and interactive interface for facilitating access to drug contraindications, cautions for use, interactions and adverse effects ; BMC Med Inform Decis Makv.8 ; 2008 PMC2442832 ; doi : 10.1186/1472-6947-8-21, 2008. 4.5

[143] B LAMY J et S LINA F : Formalization of the semantics of iconic languages : An ontology-based method and four semantic-powered applications ; Knowledge-Based Systems, Elsevier, 2017, 135, pp 159 - 179, 2017. 3.4.2, 4.6, 7.1.2

[144] LAMY JB : Ontology-Oriented Programming for Biomedical Informatics. *revue SHTI PubMEd*, 221:64–68, 2016. 3.4.2, 6.4.2, 6.8, 7.2

[145] LASSUEUR S A : Les propriétés des remèdes simples selon Avicenne (980-1037), analyse de quelques passages du Canon ; Gesnerus 69/2 (2012) 207-246, 2012. 2.2.8

[146] LE MOIGNE J L : Qu'est-ce qu'un modèle ? Paris : MCX, Ateliers. Disponible sur http ://www.mcxapc.org/docs/ateliers/lemoign2.pdf , 1987. 2.4.2

[147] LECOCQ P : Réflexions théoriques sur un moyen de communication substitutif pour IMC, le septième Bliss ; Persée vol 4, pp. 345-365, 1985. 4.5

[148] P LEWIS, S GARY F et D FENNIG C : Ethnologue : Languages of the world ; https ://www.ethnologue.com/, 19th edition , 2016. 1.1, 3.3.2.6

[149] M LOICK et W MENVIE : Le tourisme médical, une nouvelle façon de voyager ; TéOROS, vol. 29, no 1, pp109-119, 2010. 2.2.6.2

[150] LOLKE J V D V : Maladies, remèdes et langues en Afrique centrale ; ouvrage collectif ; Gênes (Italie). Chapitres 1 à 3, 5 et 9 (453p), 1996. 1.1, 2.1, 2.2.2, 2.2.10, 2.2.11, 2.3.2, 2.5.2

[151] LUONG P H : Gestion de l'évolution du web sémantique d'entreprise ; Thèse de doctorat de Mines de Paris, 2007 ; pp 35-71, 2007. 1.1

[152] MAGDELEINE M : Problèmes posés par la structure d'un thésaurus : Exemple d'un système à facettes ; Bulletin des bibliothèques de France (BBF), 1968, nº 5, p. 201-210. Disponible en ligne : http ://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-1968-05-0201-001>. ISSN 1292-8399. , 1968. 3.2, 3.2.3

[153] MAGDELEINE M : Principe et développement d'un thésaurus Exemple d'application : Le Thésaurus pétrole ; in : Bulletin des bibliothèques de France (BBF), vol 10, 1973, ., 1973. 3.2, 3.2.3

[154] MARCUS S : Mathématique et linguistique, dans mathématique et sciences humaines, Faculté de mathématique de l'Université de Bucarest (Roumanie), tome 103, pp 7-21, 1988. 4

[155] K MARIA C, F CARMEN M C S et V MARIA P : The current landscape of pitfalls in ontologies ; In Proceedings of the 5th International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development KEOD 2013, Vilamoura, Portugal, 2013. ; 132-139, 2013. 5.7.2, 5.7.2.1

[156] V MARIA P, F CARMEN M S et P GOMEZ A : A double classification of common pitfalls in Ontologies ; in Proc. of Workshop on Ontology Quality (OntoQual 2010), Co-located with EKAW 2010, 2014. 5.7.2.1

[157] V MARIA P et F MARI C S : OOPS OntOlogy Pitfalls Scanner ; http ://dx.doi.org/10.4018/ijswis.2014040102. Int J Semant Web Inf Syst. 2014 ; 10(2) : pp 7-34. , 2014. 5.7.2, 5.7.2.1, 5.7.2.2

[158] K MARKUS, F SIMANCIK et I HORROCKS : A Description Logic Primer ; CoRR abs/1201.4089. arxiv.org , 2013. 3.2.9

[159] P MCDOUGALL S J, B CURRY M et B OSCAR D : Measuring symbol and icon characteristics : Norms for concreteness, complexity, meaningfulness, familiarity, and semantic distance for 239 symbols ; Behavior Research Methods, Instruments,
Computers (1999). https ://doi.org/10.3758/BF03200730, 31 : 487-519, 1999. 4.1, 4.3, 4.4.4

[160] M MENDONCA F et B ALMEIDA M : Ontoforinfoscience : A detailed methodology for construction of ontologies and its application in the blood domain ; DOI : http ://dx.doi.org/10.5016/brajis.v10i1.5426 , 2016. (document), 3.3.1, 3.9, 5.5

[161] MICHEL P : Les trois dimensions de l'espace et les quatre dimensions de l'espace-temps ; In : Flament, D. (Ed.). Dimensions, dimensions I. Paris : Fondation Maison des Sciences de l'Homme, 1998. pp. 87-112, 2007. 3.2.11.2

[162] G MIRKO D, B FANTINI et A SHUGAAR : Western Medical Thought from Antiquity to the Middle Ages (review) ; ISBN-13 : 978-0674007956 , ISBN-10 : 0674007956 ; Published May 3rd 2002 by Harvard University Press ; Bulletin of the History of Medicine (2000), pp 351-352, 2000. 2.3.2

[163] M MOENS et M STEEDMAN : Temporal ontolgy and temporal reference ; Computational Linguistics ; MIT Press Cambridge, MA, USA ; Volume 14 Issue 2, pp 15-28, 1988. 3.3.2.4

[164] MOURELATOS A P D : Events, processes and states ; Volume 2, Issue 3, pp 415-434 ; DOI https ://doi.org/10.1007/BF00149015 ; Kluwer Academic Publishers ; pISSN 0165-0157, e1573-0549. 1978. 3.3.2.4

[165] MSLS : Plan stratégique de développement des ressources humaines du secteur de la santé en Côte d'Ivoire 2009-2013, Mnistère de la santé et de la lutte contre le sida (MSLS), 2009. 1.3

[166] NAKUMA S : Perceptions of the role traditional medical system in national development : the case study of Ghana ; doi :10.5539/gjhs.v3n2p40 ; p-ISSN 1916-9736 e-ISSN 1916-9744, 1994. 5.5, 6.3.1

[167] D NARDI et R J BRACHMAN : *An Introduction to Description Logics , In the Description Logic Handbook, edited by F. Baader, D. Calvanese, D.L. McGuinness, D. Nardi, P.F. Patel-Schneider, Cambridge University Press, pp 5-44.* 2002. 3.2.7, 3.2.9

[168] N NATALYA F et L MCCGUINNESS D : Ontology Development 101 : A Guide to Creating Your First Ontology, Available from http ://protege.stanford.edu/publications/ontology$_{d}evelopment/ontology101 - noy - mcguinness.html, 2001.3, 5.7.2$

[169] NEBEL B : Reasoning and Revision in Hybrid Representation Systems. Vol. 422 of Lecture Notes In Artificial Intelligence. Springer-Verlag. Heidelberg, Berlin, New York as LNAI reprinted 1995, PP 10-30, 34-70, 1990. 3.2.9.1

[170] K NGUESSAN, K BEUGRE, Z GUEDE N., T DASSAHOUA et A L AKE : Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire) ; Sciences et Nature Vol. 6 nº1 : 1 - 15 , pp 1-15, 2009. 2.2.9, 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[171] K NGUESSAN, H TRA B F et W KONE M : Etude ethnopharmacologique de plantes antipaludiques utilisées en médecine traditionnelle chez les Abbey et Krobou d'Agboville (Côte d'Ivoire) ; Ethnopharmacologia, vol 44 pp 42-50, 2009. 2.2.9, 2.2.10, 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[172] O OMOTOSHO L, A ADEYEMO O, A AYENI O et O BABALOLA G : Practical application of an ontology based diagnostic and therapeutic system for Yoruba traditional ; STEAMS 2014 in Nigeria, 2014. 2.2.2, 3.4.1

[173] OMS/WHO : Stratégie de l'OMS pour la Médecine traditionnelle pour 2002-2005, pp 1-12, 2002. 2.1, 2.2.1

[174] OMS/WHO : Une réglementation pharmaceutique efficace , http ://apps.who.int/medicinedocs/pdf/s4960f/s4960f.pdf (consulté en 2016), 2003. 2.2.7

[175] OMS/WHO : Stratégie de l'OMS pour la Médecine traditionnelle pour 2014-2023, pp 1-53. 2013. 1.3, 2.1, 2.2.1, 2.7

[176] OOAS : Pharmacopée d'Afrique de l'ouest , Ed KS PrintKraft GH LTD, Ghana ; ISBN : 978-9988-1-8014-0, pp 1-253, 2013. 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[177] H OUMAROU, I DAHIRATOU, B MOUSSA, A BASSIROU et D PABLO P : Utilisations de quelques espèces de Macromycètes dans la pharmacopée traditionnelle au Niger occidental (Afrique de l'Ouest) ; J. Appl. Biosci., SSN 1997-5902, vol 57 : pp 4159-4167, 2012. 2.2.6

[178] PANU-MBENDELE C W M : La " membralité" : Clé de compréhension des systèmes thérapeutiques africains, Thèse de doctorat de l'Université de Fribourg, en Suisse, pp 1-100, 2005. 2.2.2, 2.4.1, 2.5.4.1, 5.4.2

[179] PAQUETTE G : La modélisation par objets typés - une méthode de représentation pour les systèmes d'apprentissage et d'aide à la tâche ; Sciences et Techniques Educatives, Hermes, 3 (1), pp 9-42, 1996. 3.2.8

[180] PAQUETTE G : Modélisation des connaissances et des compétences ; http ://inf6070.teluq.ca/teluqDownload.php ?file=2013/07/INF6070$_{M}1_{a}3_{M}odelistationConnaissances.pdf; , pp$ $23, 2002.$ 3.2.8

[181] PARVEEN, S DHEERAJ K, K DHIRAJ et N RAINU : Ontology development tools and languages, a review ; International Journal of Enhanced Research in Management Computer Applications , ISSN : 2319-7471, Vol. 5 Issue 6, pp 92-96, Impact Factor : 1.544, 2016. 5.7.1

[182] PASHTIWAN Q R : Semantic Network and Frame Knowledge Representation Formalisms in Artificial Intelligence ; Eastern Mediterranean University, Gazima ?usa, North Cyprus ; http ://i-rep.emu.edu.tr :8080/xmlui/handle/11129/1783 consulté en 2016 ; pp 1-44, 2015. 3.2, 3.2.7

[183] PATTON P : Neurath, Bliss and the Language of the Pictogram ; https ://www.aiga.org/neurath-bliss-and-the-language-of-the-pictogram ; pp 1-4, 2009. 4.5

[184] G PEIQIN, C HUAJUN et Y TONG : Ontology-Oriented Diagnostic System for Traditional Chinese Medicine Based on Relation Refinement ; doi : 10.1155/2013/317803 ; http ://dx.doi.org/10.1155/2013/317803 ; https ://www.hindawi.com/journals/cmmm/2013/317803/ consulté en 2016 ; pp 1-11, 2013. 3.4.1

[185] S C PIBA, B F H TRA, D KONAN, B G A BITIGNON et A BAKAYOKO : Inventaire et disponibilité des plantes médicinales dans la forêt classée de Yapo-abbé, en Côte d'Ivoire ; European Scientific Journal August 2015 edition vol.11, No.24 ISSN : 1857 - 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431 ; pp 161-181, 2015. 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[186] PIDCOCK W : What are the differences between a vocabulary, a taxonomy, a thesaurus, an ontology, and a meta-model ? in The Web Graph Database, http ://infogrid.org/trac/wiki/Reference/PidcockArticle, 2010. 3.2.1, 3.2.2

[187] G PIERRA, D HONDJACK, A YAMINE A et B LADJEL : Base de données à base ontologique : principe et mise en oeuvre ; Journal Ingénierie des systèmes d'information (J ISI) ; hermès, VOL 10/2 - 2005 ; doi :10.3166/isi.10.2.91-115 ; pp 91-115 , 2005. 3.3.1.1

[188] PIERRA G : Context-Explication in Conceptual Ontologies : The PLIB Approach, in : Proceedings of CE'2003, Special track on Data Integration in Engineering, Madeira, Portugal, 26-30/07/2003 ; 243-254, 2003. 3.3.2.1

[189] V PIETERSE et G KOURIE D : Lists, Taxonomies, Lattices, Thesauri and Ontologies : Paving a pathway through a terminological jungle ; Knowledge Organization . 2014, Vol. 41 Issue 3, pp 217-229., 2014. 3.2, 3.2.1, 3.2.3

[190] S PINTO, S STAAB, S YORK et C TAMPICH : OntoEdit Empowering SWAP : a Case Study in Supporting DIstributed, Loosely-Controlled and evolvInG Engineering of oNTologies (DILIGENT) ; In : Bussler C.J., Davies J., Fensel D., Studer R. (eds) The Semantic Web : Research and Applications. ESWS 2004. Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, Heidelberg ; DOI : 10.1007/978-3-540-25956-$5_2, Vol3053, pp16 - 30, 2004.$ 3.3.1

[191] S PINTO H, C TEMPICH et S STAAB : DILIGENT, Towards a fine-grained methodology for DIstributed, Loosely-controlled and evolvInG Engingeering of oNTologies ; In R. L. de Mntaras and L. Saitta, editors, Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2004), pp 393-397 ; Valencia, Spain, August 2004. IOS Press, Amsterdam, pp 93-397, 2004. 3.3.1, 5.1.2

[192] PNPMTB : Manuel d'initiation des professionnels de la santé aux systèmes d'éducation et de transmission du savoir en Médecine Traditionnelle au Bénin, pp 4-50, 2013. 2.2.2

[193] POC Plant Ontology Consortium : The Plant Ontology Consortium and Plant Ontologies ; Comp Funct Genom 2002 ; 3 : 137-142. Published online 15 March 2002 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). 10.1002/cfg.154 ; PMC2447263 ; pp 137-142, 2002. 5.3

[194] POLANYI M : Personal Knowledge , Towards a Post-Critical Philosophy ; ISBN, 0710076916, 9780710076915, eISBN 0-203-44215-6 , Length, 428 P ; pp 1-150 , 1962. 3.1.3

[195] Y POLITY, G HENNERON et R PALERMITI : L'organisation des connaissances, approches conceptuelles ; ISBN : 2-7475-8274-4 ? 272P ; pp1-71, 2005. 3.2, 5

[196] S PRASAD et T AMIT K : Traditional Medicine : The Goldmine for Modern Drugs ; Adv Tech Biol Med 3 :e108. doi :10.4172/2379-1764.1000e108 ; ISSN : 2379-1764 ; pp 1-2. volume 1-2, 2015. 1.1, 2.4.2

[197] J PRATHEEBA, A CHARLES E Y et S ATUKORALE D A : Towards an expert system to Sri Lankan indigenous medicinal plants ; Poster accepted by Student Workshop on Computer Science 2015 ; of University of Colombo School of Computing ; pp1, 2015. 3.4.1

[198] PROTA : Plant Resources of Tropical Africa (PROTA), World Agroforestry Centre (ICRAF),Nairobi in Africa, Department of Plant Sciences of Wageningen University in Europe ; https ://www.prota4u.org/database/, 2000. 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[199] N RAJESWARI P V et V PRASAD T : Hybrid Systems for Knowledge Representation in Artificial Intelligence ; (IJARAI) International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence, Vol. 1, No. 8 ; pp 31-36, 2012. 3.1.3, 3.1.3

[200] RAMEAU : Guide d'indexation RAMEAU, http ://rameau.bnf.fr/formation/pdf/guide$_r ameau_2 017.pdf, , 2016.3$

[201] REINBERG O : Des Dieux et des Hommes : approches de la maladie en Afrique et en Europe , Académie nationale de chirurgie, vol 13(4), pp 75-84, 2014. 1.3, 2.4.2

[202] R RIBEIRO, F BASTITA, P PARDAL J, J MAMEDE N et S PINTO H : Cooking an Ontology ; In : Euzenat J., Domingue J. (eds) Artificial Intelligence : Methodology, Systems, and Applications. AIMSA 2006. Lecture Notes in Computer Science, vol 4183. Springer, Berlin, Heidelberg ; ISBN 978-3-540-40930-4 ; https ://doi.org/10.1007/$11861461_2 3, 2006. 3$

[203] M RIICHIRO, K KOUJI, S TOSHINOBU et K YOSHINOBU : Construction and Deployment of a Plant Ontology ; EKAW 2000 : Knowledge Engineering and Knowledge Management Methods, Models, and Tools ; Computer Science,, vol 1937 ; Springer, Berlin, Heidelberg ; pp 113-128, 2002. 5.3, 5.5.1

[204] RIICHIRO M : Part 2 Ontology development, tools and languages ; New Generation Computing March 2004, Volume 22, Issue 1 ; https ://doi.org/10.1007/BF03037281 ; ISSN 0288-3635 ; pp 61-96, 2004. 5.7.1

[205] RIICHIRO M : Part 3 Advanced course of ontological engineering ; New Generation Computing June 2004, Volume 22, Issue 2 ; Springer-Verlag ; ISSN 0288-3635 ; pp 193-220, 2004. 3

[206] RIICHIRO M : YAMATO : Yet Another More Advanced Top-level Ontology ; y. Proceedings of the Sixth Australasian Ontology Workshop Adelaide (AOW2010) (pp. 1-16). Retrieved July 18, 2013 ; from http ://www.ei.sanken.osakau.ac.jp/hozo/onto$_l ibrary/YAMATO 101216.pdf, pp 1 - 15, 2010. 3.3.2.3, 5.7.2$

[207] I RIZWAN, M MASRAH A A, M AIDA et S NURFADHLINA M : An Analysis of Ontology Engineering Methodologies, A Literature Review ; Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 6(16) : 2993-3000 ; ISSN : 2040-7459 ; e-ISSN : 2040-7467 ; pp 2993-3000 ;, 2013. 3.3.1

[208] Roger F : Medicine before science, the business of medicine from the middle age to the enlightenment (extrait) ; Cambridge University Press ; https ://doi.org/10.1017/CBO9780511614989 ; eISBN isbn 0 521 80977 0 ; pISBN 9780511614989, 2003. 2.3.2

[209] ROLAND P : L'ethnobotanique : Place - Objet - Méthode - Philosophie ; in : Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée , 10.3406/jatba.1961.6902 ; vol 8-4-5 ; pp 102-109, 1961. 2.2.5

[210] RUKANGIRA E : Medicinal plants and traditional medicine in Africa : constraints and challenges, infohouse.p2ric.org/ref/40/39776.pdf, Conserve Africa International, Nairobi, Kenya. Suitable development international pp 179 -184, 2001. 1.1, 1.3, 2.7

[211] SADOK G : La phytothérapie, http ://www.planetthalasso.com/annexes/medecine$_{d}ouce/la_{p}hytotherapie.pdf$, ,

[212] M SAM, A KRISNADHI A, W CONG, J GALLAHGHER et P HITZLER : An Ontology Design Pattern for cooking recipes - Classroom Created ; Proceeding WOP'14 of the 5th International Conference on Ontology and Semantic Web Patterns - Volume 1302 ; pp 49-60 , 2014. 3, 5.6

[213] SAMBARE Y P A : Collaboration entre médecine traditionnelle et médecine moderne au Burkina Faso : entre discours et pratiques ; CODESRIA de Dakar - Bibliothèque ; pp 1-32, 2011. 2.5.4.2

[214] SANOGO R : Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle, Université de Bamako ; Pharmacognosie, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-. Stomatologie, Université de Bamako (Mali), 2006. 2.2.7, 2.2.8, 2.4.2, 5.8

[215] SANOU M : Développement d'une méthode de communication entre la médecine traditionnelle et la médecine conventionnelle dans la prise en charge de la douleur en Odontologie ; Thèse de doctorat faculté des sciences et des techniques, Université de Nantes ; pp 57-62 ;72, 2012. 1.4, 2.5.4.2, 5.4.3.1

[216] N SASSI et W JAZIRI : Types de changements et leurs effets sur l'évolution de l'ontologie ; JFO 2007 ; http ://liris.cnrs.fr/gom/JFO$_{2}$007/5.$pdf; 1-19, 2007.$ 3.2.11.1, 3.3.1.4

[217] U SATTLER, D CALVANESE et R MOLITOR : Relationships with other Formalisms ; In the Description Logic Handbook, edited by F. Baader, D. Calvanese, D.L. McGuinness, D. Nardi, P.F. Patel-Schneider, Cambridge University Press, 2002, pp 142-166, 2003. 3.2.6

[218] SOWA J F : Conceptual Structures– Information processing in mind and machine ; Addison- Wesley, Reading, MA. ISBN 0-201-14472-7 , 1984. 3.2.6

[219] SOWA J F : Conceptual Graphs ; in P. Bernus et al., eds., Handbook on Architectures of Information Systems, Springer, Berlin, pp. 287-311, 1992. 3.2.6

[220] SOWA J F : Conceptual Graphs For Representing Conceptual Structures ; http ://www.jfsowa.com/pubs/cg4cs.pdf. ; Conceptual Structures in Practice, pp. 101-136, 2009., 2009. 3.2.6

[221] SOWA J F : From existential graphs to conceptual graphs , vol 1 issue 1 in International Journal of Conceptual Structures and Smart Applications archive, IGI Publishing Hershey, PA, USA, pp 39-72, 2013. 3.2.6

[222] S STAAB, M ERDMANN, A MAEDCHE et S DECKER : An extensible approach for modeling ontologies ins RDF(S) ; In First ECDL'2000 Semantic Web Workshop, Lisbon, Portugal, 2000. 3.2.10, 3

[223] B STADLHOFER, P SALHOFER et A DURLACHER : An overview of ontology engineering methodologies in the context of public administration ; SEMAPRO 2013 : The 7th International Conference on Advances in Semantic Processing ; IARIA, 2013. ISBN : 978-1-61208-293-6 ; pp 36-42, 2013. 3.3.1

[224] J STEYVERS M et B TANENBAUM J : The Large-Scale Structure of Semantic Networks : Statistical Analyses and a Model of Semantic Growth ; PMID : 21702767 ; DOI : 10.1207/s15516709cog2901$_{3}; CognitiveScience; pp41-78, 2005.$ 3.2, 3.2.7

[225] R STUART et N PETER : Intelligence artificielle ; Pearson Education Edition III ; ISBN-13 : 978-2744074554 ; pp 249-499, 2010. 3.2, 3.2.2, 3.3.2.3, 3.3.2.5, 3.3.2.6

[226] L SURYANI, H YULAN et C HUI S : Computational methods for Traditional Chinese Medicine, A survey ; Elsevier ; Volume 88, Issue 3, pp 283-294, 2008. 3.4.1

[227] S SWAPNA et K RAGINI : A comparative study of inference engines ; 2010 7 th International Conference on Information Technology ; IEEE ; DOI 10.1109/ITNG.2010.198 ; pp 53-57, 2010. 5.7.1

[228] C TIJUS, J BARCENILLA, B CAMBON et G MEUNIER J : The design, understanding and usage of pictograms ; E-ISBN : 9789004253254 ; DOI : 10.1163/9789004253254$_0$03; $Workplace, pp17-31, 2007.$ 4.1

[229] TROCHAIN J L : Types biologiques chez les végétaux intertropicaux (Angiospermes) ; Bulletin de la Société Botanique de France ; 113 :sup2, 187-196, DOI : 10.1080/00378941.1966.10838486 ; P 189, 1966. 6.3.4

[230] TSUCHIYA S : Improving knowledge creation ability through organizational learning ; International Symposium on the Management of Industrial et Corporate Knowledge. Compiègne, France : UTC-IIIA, ISMICK'93 Proceedings ; pp 87-95, 1993. 3.1.1, 3.1.3

[231] UNESCO : Rapport du CIB sur les systèmes de la médecine traditionnelle et leurs implications éthiques ; http ://unesdoc.unesco.org/images/0021/002174/217457f.pdf, 2013. 2.2.1

[232] Universite Gaston Berger UFR SAT : Projet de Mise en place d'une infrastructure socio-économique distribuée pour une approche de développement par la connaissance . 2012. 1.2

[233] VAILLANT P : Interaction entre modalités sémiotiques : de l'icôone à la langue ; Thèse de doctorat de l'Université Paris XI Orsay ; pp 9-50, 135-182, 1997. 4.1, 4.2.1, 4.3, 4.4.1, 4.5

[234] VALADEAU C : De l'ethnobotanique à l'articulation du soin : une approche anthropologique du système nosologique chez les Yanesha de Haute Amazonie péruvienne ; Thèse de Doctorat d'Anthropologie
Ethnobotanique ; Université de Toulouse ; pp 8-18,58, 2010. 2.2.5

[235] H VAN G, T SCHREIBER A et J IELINGA B : Using explicit ontologies in KBS development ; International Journal of Human-Computer Studies Volume 46, Issues 2-3, pp 183-292, 1997. 2

[236] VANMALDEREN L : Un glossaire de la sémiologie de l'image ; Persée ; In : Communication et langages, nº54, 4ème trimestre 1982. pp 10-24., 1982. 4.4.2, 4.4.3

[237] VATANT B : Porting library vocabularies to the Semantic Web, and back , A win-win round trip ; 76 th IFLA congress ; pp 1-11, 2010. 3.2, 3.2.1

[238] L VIDAL, A S FALL et D GADOU : Les professionnels de santé en Afrique de l'Ouest, entre savoirs et pratiques, Paris : L'Harmattan ; Paris : L'Harmattan ; p 328., 2005. 2.5.4.1

[239] J WHITESIDE, S JONES, P S LEVY et D WIXON : User performance with command, menu, and iconic interfaces ; Proceeding CHI '85 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems ; ISBN :0-89791-149-0 doi :10.1145/317456.317490 ; pp 185-191 , 1985. 4.3, 6.8

[240] WHO/OMS : Conférence internationale d'Alma-Ata sur les soins de santé primaires : vingt-cinquième anniversaire ; http ://apps.who.int/gb/archive/pdf$_files/WHA56/fa5627.pdf; pp1 - 6.1 - 6, 2003.$ 1.1

[241] Z XIANG, C MUNGAL, A RUTTENBERG et Y HE : ontobee, a linked data server and browser for ontology terms ; ICBO ; Buffalo ; pp 1-3, 2011. 5.3

[242] A YAMINE A, M BARON, B LADJEL et S J E SARDET : Ontologies in engineering : The OntoDB/OntoQL platform ; springer Volume 21, Issue 2 ; https ://doi.org/10.1007/s00500-015-1633-5 ; pp 369-389, 2017. 5.7.2.1

[243] YULIA L : Closed World Reasoning ; in Non-classical Logics and Applications Seminar, Tel Aviv University, 2008. 3.3.2.1

[244] YUWANUCH T : Modern science and native knowledge : collaborative process that opens new perspective for PCST (Public Communication of Science and Technology) ; http ://www.raco.cat/index.php/quark/article/viewFile/55038/63353 ; Vol 32, pp 70-74. 2004. 1.1, 2.4.1, 2.4.1

[245] YUWANUCH T : Opening dialogue between tradition and science : ?science and society ? in the traditional asian ways ; 9th International Conference on Public Communication of Science and Technology (PCST) , Seoul, South Korea ; pp 1-7, 2006. 1.1

[246] P ZERBO, J MILLOGO R, O O G NACOULMA et P VAN D : Plantes médicinales et pratiques médicales au Burkina Faso : cas des Sanan ; Plantes médicinales ; Bois et forêts des tropicales, 2011, nº307(1) ; pp 41-53, 2011. 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[247] P ZERBO, J MILLOGO R, O NACOULMA O et O VANE D : Contribution à la connaissance des plantes médicinales utilisées dans les soins infantiles en pays San, au Burkina Faso ; ISSN 1991-8631 ; Int. J. Biol. Chem. Sci. 1(3) ; pp 262-274, 2007. 2.2.11, 5.5, 5.5.2, 6.3.1

[248] T ZOHOUN et J FLENON : La médecine traditionnelle et la pharmacopée africaines peuvent-elles constituer une alternative de soins face aux coûts prohibitifs actuels de la médecine moderne ? ; Pharm. Méd. Trad. Afr. 1997, Vo1.9, pp 3-16, 1997. 2.2.4

[249] S ZULAZEZE et H HARYANI : Malaysia Indigenous Herbs Knowledge Representation ; Knowledge Management International Conference (KMICe) 2012, Johor Bahru, Malaysia, pp 253-259, 2012. 3.4.1, 3

Annexe 1

Formulaire succinct

ENQUETE EN VUE DE LA CONCETPTUALISATION ET DE LA CONSTRUCTION D'ONTOLOGIES RELATIVES A LA MEDECINE TRADITIONNELLE

Contact +225 07930589, kgerappoh@gmail.com (mars. 2013)

I-DONNEES SIGNALETIQUES DE L'EXPERT DE LA MT (PMT)
II-PATHOLOGIES (MALADIES) TRAITEES
III-SOURCES DE MEDICAMENTS RELATIFS AUX PATHOLOGIES : Végétal, Animal, Minéral et autres
IV-RAPPORT ENTRE SYMPTOMES, SIGNES ET PATHOLOGIES

I-DONNEES SIGNALETIQUES DU PMT

Numéro d'identification :.....
Nom :..... .....
Prénoms :..... ....
Age :.....
Sexe :.....
Nationalité :.....
Année de début d'exercice : .....
Commune ou quartier d'exercice : .....

Niveaux d'étude		Cochez
1. Analphabète	:	
2. Primaire	:	
3. Secondaire	:	
4. Supérieur	:	
5. Doctorat	:	
6. Post doctorat	:	
7. Coranique	:	
8. Autre	:	

Remarque :
.....
.....

SPECIALITES		cochez
1-Accoucheuse traditionnelle	:	
2-Diététicien	:	
3-Herboriste	:	
4-Naturothérapeute	:	
5-Phytothérapeute	:	
6-Psychothérapeute	:	
7-Rebouteur	:	
8-Ophtalmologue traditionnel	:	
9-Médico droguiste	:	
10-Kinésithérapeute	:	
11-Acupuncteur	:	

Annexe 1 (suite)

Nombre de consultations dans le mois : .....

Remarque :

.....

.....

.....:.....

	Si Oui alors précisez le nom	Si Non, cochez ici	Nom(s) de cabinet(s) ou de centre(s) de collaboration (3 au maximum)
Centre de soins de santé existant :	....		....

Remarque : .....:.....

II-PATHOLOGIES TRAITEES (Précisez en cinq (5) au plus)

A .....
B .....
C .....
D .....
E .....

III-SOURCES DE MEDICAMENTS (végétale, animale, minérale et autres) RELATIFS AUX PATHOLOGIES

Remplir les trois tableaux pour chacune des cinq pathologies A, B, C, D, E

-Pathologie A

Végétal : nom de la **plante**	**Parties utilisées :** feuille, tronc, écorce, racine, graine, fruits, bourgeon, sève	état sec ou frais	Période/Horaire de cueillette	observation
.....				

Animal : nom	**Parties utilisées :** (Graisse, peau, excrément....)	observations
.....		

Minéral : nom	observations
.....	

IV- RAPPORT ENTRE SYMPTOMES, SIGNES ET PATHOLOGIES

Symptômes, signes	Pathologie
	A
	B
	C
	D
	E

Remarque :

.....

.....

Annexe 2

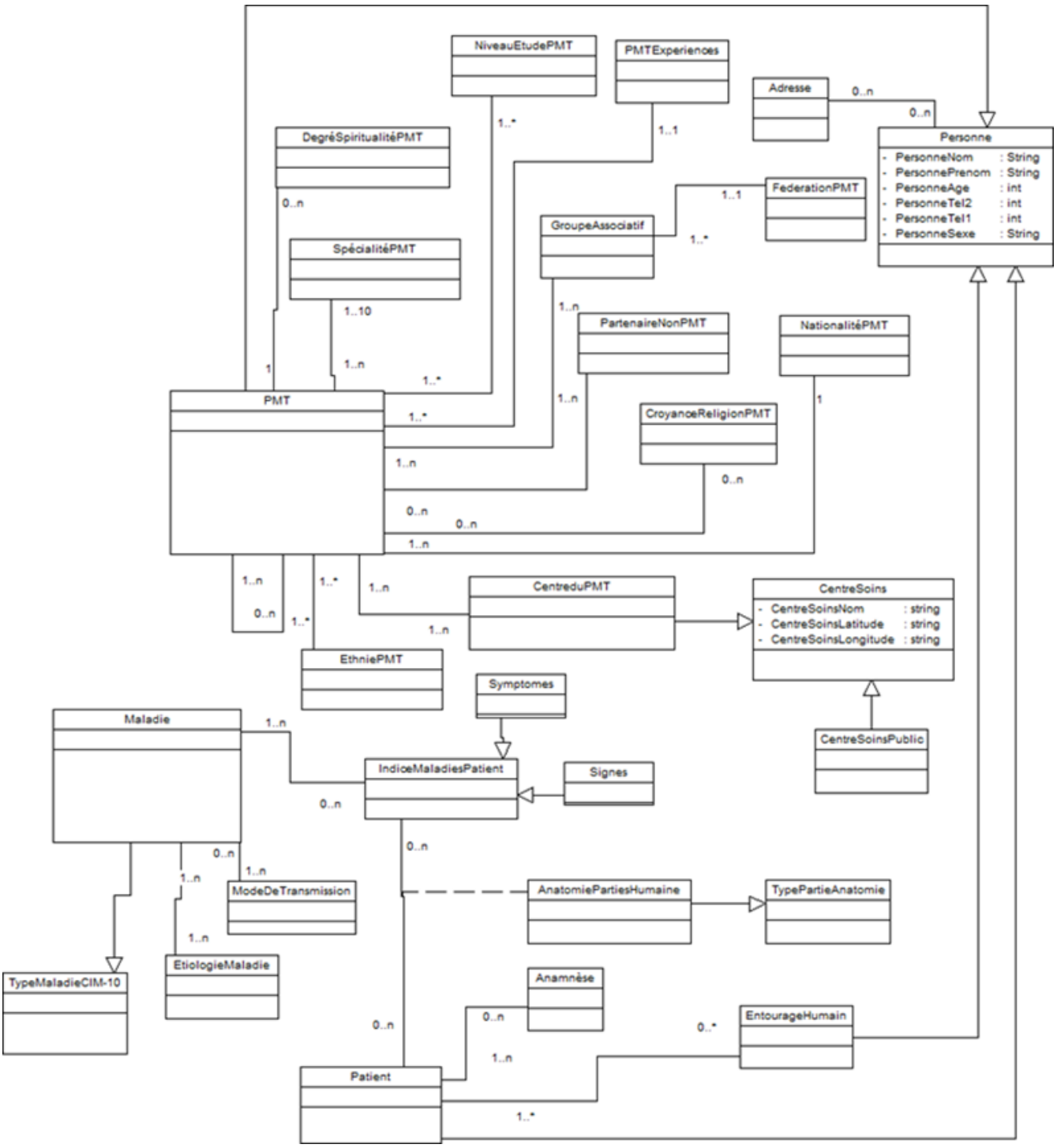


Diagramme de classes (Suite et fin)