

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

L'Université des Sciences et de la Technologie
« Houari Boumediene »



Faculté d'Electronique & Informatique
Département Informatique
Laboratoire de Recherche en Intelligence Artificielle

THÈSE

Présentée pour l'obtention

du grade de: DOCTEUR d'ÉTAT en INFORMATIQUE

par

Fatma Zohra BELKREDIM

Formalisation de la Langue Arabe **Application à la Causalité**

Soutenue publiquement le : 23/ 12 / 2010 devant le jury composé de :

Mme. Malika BOUKALA	Prof. à l'U.S.T.H.B	Présidente,
Mme. Aïcha MOKHTARI-AISSANI	Prof. à l'U.S.T.H.B	Directrice de thèse,
Mme. Faiza Hadja KHELLAF	M.C. /A à l'U.S.T.H.B	Examinatrice,
M. Ahmed GUESSOUM	M.C. /A à l'U.S.T.H.B	Examineur,
M. Omar NOUALI	M.R. au CERIST	Examineur,
M. Farid MEZIANE	Reader à Salford University	Invité.

Remerciements

Je tiens à remercier ma directrice de thèse Mme Aicha Aissani-Mokhtari pour ses précieux conseils, pour sa rigueur scientifique, la formation qu'elle m'a donnée, son soutien et surtout pour sa patience.

Egalement je tiens à exprimer ma reconnaissance à Mr Farid Meziane mon codirecteur de thèse. Je le remercie pour son accueil chaleureux pendant une année dans son équipe de recherche à l'université de Salford, ses suggestions pertinentes, ses explications précieuses, et surtout pour la formation qu'il m'a donnée. Jamais je ne le remercierai assez.

Je remercie Mme Malika Boukala de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de soutenance.

Je remercie Mme Faiza Hadja Khellaf et Mr Ahmed Guessoum de m'avoir fait l'honneur d'expertiser ma thèse, malgré leurs responsabilités et leur emploi du temps chargé, ainsi que pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.

Je remercie Mr Ahmed Guessoum et Mr Omar Nouali d'avoir juger mon travail et d'avoir participer à mon jury de soutenance.

Mes remerciements vont aussi à Mme Adeline Nazarenko et Mr. Daniel Kayser pour leur accueil à LIPN

Des remerciements inconditionnels à mon frère Si Mohammed qui m'a toujours soutenue et encouragée.

A mes parents, beaux parents qui ne sont plus de ce monde.

Je remercie mon mari Abderrahim pour son soutien, sa patience et d'être toujours à mes cotés

Je remercie toute ma famille : frères, sœurs, nièces, neveux, mes belles sœurs, beaux frères ...

A mes enseignants et collègues des universités USTHB, de l'Université d'Alger, UHB Chlef, mes étudiants et tous ceux qui m'ont aidée, à tous mes Amis la liste serait trop longue : Un Grand Merci.

Résumé

Dans la présente thèse, nous nous intéressons à la formalisation de la causalité dans le langage naturel (langue arabe : L.A.) dans le cadre du traitement automatique du langage naturel (TALN). La causalité est toujours un objet d'étude et de recherche dans plusieurs disciplines depuis l'antiquité jusqu'à nos jours. La causalité et le raisonnement causal sont à la base de toute connaissance. Cette notion a envahi tous les domaines tels que philosophie, sciences cognitives, psychologie.... linguistique, informatique (Intelligence Artificielle). Actuellement, ce concept est un réel défi pour les chercheurs en Intelligence Artificielle qui veulent implémenter les relations causales et le raisonnement causal pour rendre les machines plus 'intelligentes'.

La causalité et raisonnement causal ont fait l'objet de plusieurs travaux de conception et de modélisation dans le cadre du (TALN) et en intelligence artificielle en général. Dans le cadre du TALN, nous retenons les travaux sur la causalité de [Nazarenko, A., 1993], [Nazarenko, A., 2000] pour la langue française, [Girgu, R. 2002], [Girju. R., 2003] pour la langue anglaise. Egalement en intelligence artificielle, les travaux de [Schoam, Y., 1988] et [Mokhtari, A., 1997] et les sciences cognitives [Wolf, P., 2003], [El Kassas, D., 2005].

Nous nous intéressons à la causalité dans la (L.A.) dans le cadre du TALN. Il semble que L.A. se prête à la formalisation par les théories mathématiques (théorie de groupes, prégroupes,) et aux théories informatiques [Bargelli, D., & all, 2003], [Belkredim, F.Z., 2004], [Belkredim, F.Z., 2010a]. Le traitement automatique de L.A. n'est qu'à ces débuts et il est très peu développé par rapport à la langue Anglaise et Française. Les efforts de formalisation de la L.A. n'ont pas donné un cadre formel admis par tous. Certaines formalisations d'ordre morphologique ou morpho-syntaxique sont construites par rapport aux applications, d'autres plus générales comme celles des prégroupes sont d'ordre syntaxique [Bargelli, D., & all, 2003] et la Néokhalilienne [Hadj Salah, A. 2003] se classe dans un niveau lexico-syntaxique. Comme notre recherche est d'ordre sémantique, nous avons été contraint de réaliser un cadre formel. Ainsi, nous avons formalisé la L.A. à l'aide des ontologies et des mathématiques (théorie des ensembles). C'est une MétaOntologie appelée DeArOntology (Derivational Arabic Ontology) qui structure la L.A. sous forme de classes d'équivalence. DeArontology est basée sur les verbes [Belkredim, F.Z. & all, 2008], [Belkredim, F.Z. & all, 2009] et l'étude de la causalité se fera dans ce cadre.

Pour notre étude de la causalité dans la L.A. dans le cadre du TALN, nous avons utilisé deux approches celle de [Nazarenko, A., 1993], [Nazarenko, A., 2000] et [Mokhtari, A., 1997]. De même que [Nazarenko, A., 2000], nous présentons la causalité dans la L.A. dans la linguistique selon les connecteurs causaux, les tournures syntaxiques, le lexique. Comme la langue française, la relation de causalité s'interprète avec d'autres relations comme la condition, la consécution et la temporalité et elle est surtout lexicale. Avec la DeArontology, la langue arabe s'est catégorisée en classes basées sur les verbes qui sont porteurs de causalité. En effet, la théorie causale de [Mokhtari, A., 1997], est basée sur la 'normalité' et les actions 'interventionnistes' qui peuvent être assimilées aux verbes. Pour cela, nous utilisons les logiques non monotones et temporelles qui sont applicables au raisonnement causal et les relations de causalité. Cette approche formalise la causalité lexicale de la langue arabe. La DeArontology a été implémentée et validée et se trouve en Open source <http://sarf.sourceforge.net/>

Mots clés : Ontologie, Causalité, Morphologie, Arabe Moderne standard, Racine, Schème, TALN, Intelligence Artificielle.

Abstract

In this thesis, we focus on the causality formalization of the natural language (Arabic Language A.L) on natural language processing (NLP). Causation is always an object study of several disciplines research from antiquity to Nowadays. Causation and causal reasoning are the basis of all knowledge. This concept has pervaded all fields such as philosophy, cognitive science, psychology.... Linguistics and computer science (Artificial Intelligence). Currently, this concept is a real challenge for artificial intelligence researchers who seek to implement causal relations and causal reasoning to make machines more 'intelligent'.

Causation and causal reasoning have been object of several conception and modeling studies on (NLP) and Artificial Intelligence generally. In NLP, we consider research on causality [Nazarenko, A., 1993], [Nazarenko, A., 2000] for French language, [Girgu, R. 2003] for the English language also in Artificial Intelligence, [Schoam, Y.1988], [Mokhtari, A., 1997] researches and cognitive sciences [Wolf, P., 2003], [El Kassas, D., 2005].

We are interested on NLP (A. L.) causality. It seems that A.L. is giving a good formalization by mathematical theories (theory of groups, prégroupes,) and computing [Bargelli, D., & all, 2003], [Belkredim, F.Z., 2004], [Belkredim, F.Z., 2010a]. The automatic processing of A.L. is in its infancy and it is very underdeveloped compared to the English and French. Formalization efforts of A.L. did not give a formal framework accepted by all. Some formalizations of morphological or morpho-syntactic are based on applications, other more general like the prégroupes [Bargelli, D., & all, 2003] are syntactic and Néokhalilienne [Hadj Salah, A. 2003] is on lexico-syntactic level. As our research is semantic, it is a necessary to realize formal framework. Thus, we have formalized A.L. thanks to ontologies and mathematics (set theory). This construction is called DeArOntology (Arabic Derivational Ontology) that structures AL to equivalence classes. DeArOntology is based on verbs [Belkredim, FZ & All, 2008], [Belkredim, F.Z. & All, 2009] and the study of causation will be in this framework.

For our study of causality in the AL on NLP, we used two approaches of [Nazarenko, A., 1993] [Nazarenko, A., 2000], [Mokhtari, A., 1997]. As [Nazarenko, A., 2000], we present the causality in A.L. in linguistics, as causal connectors, the syntactic sentences, vocabulary. As the French language, the causality is interpreted as relations with other condition relations, the consequent relations and temporality. Causality is mostly lexical. With DeArOntology, the

Arabic language was categorized into classes based on verbs that carried causality. Indeed, the causal theory [Mokhtari, A., 1997] is based on the 'normality' and actions 'interventionist' that can be treated as verbs. We applied nonmonotonic temporal logic to causal reasoning and causal relationships. This approach is formalizing A.L. causality.

The DeArOntology was implemented and validated and is on Open source <http://sarf.sourceforge.net/>

Keywords: Ontology, Causality, Morphology, Modern Standard Arabic, Racine, Scheme, NLP Artificial Intelligence.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	VI
LISTE DES FIGURES.....	XI
CHAPITRE 1.....	1
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
1. INTRODUCTION.....	2
2. CAUSALITE ET LANGAGE NATUREL.....	3
2.1. <i>Causalité et représentation des connaissances</i>	4
2.2. <i>Causalité et langue arabe</i>	6
2.2.1 Système linguistique de la langue arabe.....	6
2.2.2. Traitement automatique de la langue arabe.....	7
2.2.3. Causalité dans la langue arabe.....	8
3. PROBLEMATIQUE DE LA THESE.....	8
3.1. <i>Le choix du cadre théorique</i>	9
4. APPROCHES ET CONTRIBUTIONS DE LA THESE.....	9
5. APPLICATION DE CETTE RECHERCHE :.....	10
6. ORGANISATION DE LA THESE :.....	10
CHAPITRE 2.....	13
UNE ÉTUDE DE LA CAUSALITÉ.....	13
1. INTRODUCTION.....	14
2. DEFINITION DE LA CAUSALITE.....	14
3. CARACTERISTIQUES DE LA CAUSALITE.....	15
3.1 <i>Existence de la causalité</i>	15
3.2. <i>Lien avec le changement et le temps</i>	16
3.3. <i>Contrefactivité : [Nazarenko, A., 2000]</i>	16
3.4. <i>Exemples</i>	16
3.5 <i>Approximation</i>	17
3.6. <i>Subjectivité</i>	18
3.7. <i>Loi causale</i>	18
4. CLASSIFICATION QUI RELEVE DE L'ORDRE PHILOSOPHIQUE OU PSYCHOLOGIQUE.....	18
4.1. <i>Immanence et transcience</i>	18
4.2. <i>Cause intérieure ou extérieure à l'objet</i>	19
4.3. <i>Cause et agentivité</i>	19
4.4. <i>Stable ou transitoire</i>	19
4.5. <i>Cause normale</i>	19
4.6. <i>Chaînes causales</i>	19
4.7. <i>Cause première et causes secondes</i>	20
4.8. <i>Cause directe ou indirecte</i>	20
5. LA CAUSALITE ET LA PHILOSOPHIE :.....	20
5.1. <i>Définition philosophique de cause et d'effet</i>	21
5.2. <i>Causalité chez Ibn Rushd (1126-1198) :.....</i>	22
5.3. <i>Causalité chez Abou Hamed Elghazali (1059-1111) et Hume (1739-1740) :.....</i>	23
5.4. <i>Causalité après Hume :.....</i>	23
6. CAUSALITE DANS LES SCIENCES PHYSIQUES.....	24
7. CAUSALITE PSYCHOLOGIE ET SCIENCES COGNITIVES :.....	26
8. CAUSALITE ET LINGUISTIQUE :.....	28
9. CAUSALITE DANS LA LANGUE FRANÇAISE :.....	28
9.1. <i>Les connecteurs causaux</i> :.....	29
9.2. <i>Les tournures syntaxiques</i> :.....	31
9.2.1. La subordination.....	32

9.2.2. Formes syntaxiques	33
9.2.3. Participes gérondifs et infinitifs	33
9.2.4. Groupes prépositionnels à tête verbale	33
9.2.5. Groupes nominaux	34
9.3. <i>Le lexique de la cause</i>	34
9.3.1 Substantif.....	35
9.3.2 Adjectifs et adverbes	36
9.3.3 Verbes.....	36
10. CAUSALITE DANS L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE :	40
10.1. <i>Logiques</i>	41
10.1.1. Logiques propositionnelles.....	41
10.1.2 Les logiques modales.....	41
10.3. <i>Approches de formalisation de la causalité</i>	42
10.3.1 Quelques observations sur les relations causales :.....	42
10.3.2. Logiques non monotones temporelles	44
10.3.3. Logiques non monotones	45
11. CONCLUSION.....	46
CHAPITRE 3.....	48
TALN ET FORMALISME DE LA LANGUE ARABE	48
1. INTRODUCTION.....	49
2. TRAITEMENT AUTOMATIQUE DU LANGAGE NATUREL	49
2.1. <i>Représentation des connaissances et Langage naturel</i>	50
3. SYSTEME LINGUISTIQUE DE LA LANGUE ARABE	51
3.1. <i>Système morphologique de la langue arabe</i>	51
3.2. <i>Catégories des mots de la langue arabe</i>	52
3.3 <i>Notions linguistiques : affixe, base, racine, radical et schème</i>	53
3.3.1. Affixe	53
3.3.2. Racine	53
3.3.3. Radical	53
3.3.4. Base	53
3.3.5. Thème ou schème	55
3.4. <i>Structure morphologique du mot de la langue arabe</i>	56
3.4.1. Morphologie dérivationnelle.....	56
3.4.2 Morphologie flexionnelle	56
3.5. <i>La classe des noms</i>	57
3.6. <i>La classe des verbes</i>	57
3.6.1. Verbe, temps et action	57
4. TRAITEMENT DU LANGAGE NATUREL DE LA LANGUE ARABE : (FORMALISATION)	61
4.1. <i>Formalisation par les Grammaires catégorielles de J. Lambek</i>	61
4.2. <i>Théorie Néo-khalilienne (TNK)</i>	62
4.3. <i>Les différentes approches de modélisation</i>	66
5. CONCLUSION:	70
CHAPITRE 4.....	71
DEARONTOLOGY ET CAUSALITÉ DANS LA LANGUE ARABE.....	71
1. INTRODUCTION.....	72
1. INTRODUCTION.....	72
2. CHOIX DU FORMALISME.....	72
3. ONTOLOGIE DEFINITION ET GENERALITES	73
3.1. <i>Ontologie en philosophie</i>	73
3.2. <i>Ontologie en informatique</i>	74
3.3. <i>Ontologie et ingénierie des connaissances</i>	75
4. UNE ONTOLOGIE SEMANTIQUE POUR LA LANGUE ARABE	76
4.1. <i>DEAR-ONTO une Ontologie Sémantique pour la Langue Arabe</i>	77
4.1.1. Formalisation et classification	77
4.2. <i>DEAR-ONTO Meta Ontologie</i>	78
4.2.1. Dérivation des verbes.....	79

4.2.2. Dérivation des noms.....	84
5. CAUSALITE DANS LA LANGUE ARABE.....	88
5.1. Définition de la causalité par la TGA.....	88
5.2. D'autres définitions de (السبب \ cause).....	89
5.3. D'autres définitions (العلة \ cause).....	89
6. EXPRESSION DE LA CAUSALITE DANS LA LANGUE ARABE.....	90
6.1. Les connecteurs causaux :.....	90
6.1.1. Propriétés des connecteurs.....	91
6.1.2. Les mots outils :.....	91
6.1.3. Complexes prépositionnels (أدوات الجر).....	95
6.2. L'emploi des mots outils dans les phrases.....	97
6.3. Le Lexique.....	99
7. CONCLUSION.....	100
CHAPITRE 5.....	102
APPLICATION ET EVALUATION.....	102
1. INTRODUCTION.....	103
2. PRESENTATION DE L'APPROCHE CAUSALE.....	103
2.1 Action et causalité.....	103
2.2. La représentation du temps dans la causalité.....	103
2.3. Langage.....	105
2.3.1. Syntaxe.....	105
2.3.2. Sémantique.....	106
2.3.3. Lignes de temps préférés.....	108
2.4. Raisonnement non monotone de la causalité.....	108
2.4.1. Implications et actions.....	109
2.4.2. La persistance normale.....	110
2.4.3. Rôle de l'agent.....	111
2.4.4. Algorithme et Application.....	113
3. VALIDATION DE LA DEAR ONTOLOGIE.....	118
4. DEAR-ONTO AVANTAGES PRATIQUES ET APPLICATIONS.....	125
5. CONCLUSION.....	126
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	127
1. CONCLUSION GENERALE.....	128
2. PERSPECTIVES.....	129
RÉFÉRENCES.....	132
ANNEXE 1.....	141
1. CONTENU DE L'ANNEXE.....	142
2. LA FORME SIMPLE DU VERBE TRILITERE PRIMITIF FORME 1.....	142
2.1. Caractéristiques des verbes de forme 1.....	142
2.1.1. Conjugaison.....	142
2.1.2. Les différents 'sous schèmes' de conjugaison de cette forme.....	144
2.2. Forme passive (المبنى للمفعول / المبنى للمجهول).....	146
2.3. Nom verbal du verbe trilitère (المصدر).....	147
2.4. Nom verbal commençant par 'm / م' (المصدر الميمي).....	148
2.5. Nom verbal de manière (مصدر الهيئة).....	149
2.6. Nom verbal d'une fois ou du nombre (مصدر المرة).....	149
2.7. Participe actif (اسم الفاعل).....	149
2.8. Participe passif (اسم المفعول).....	149
2.9. Adjectifs ou qualificatif assimilés (الصفة المشبهة).....	150
2.10. Adjectif de thèmes semblables à ceux du participe actif ou passif.....	150
2.11. Adjectifs d'intensité.....	151
2.12. Nom de temps et de lieu du verbe trilitère.....	151
2.13. Adjectives élatifs (اسم التقضيل).....	153

2.14. Adjectifs de relation (المنسوب)	153
2.15. Nom de l'instrument du verbe trilitère.....	154
2.16. Diminutifs (المصغَّر).....	154
3. LES FORMES DERIVEES DU VERBE TRILITERE (DERIVATION PRIMAIRE) :	155
3.1. Forme 2 (ا يُفَعِّلُ فَعَّلَ)	155
3.2. Forme 3 : (فَاعَلَ يُفَاعِلُ)	156
3.3. Forme 4 (اُفْعَلُ يُفْعِلُ)	157
3.4. Forme 5 : تَفَعَّلَ يَتَفَعَّلُ	158
3.5. Forme 6 (تَفَاعَلَ يَتَفَاعَلُ)	159
3.6. Forme 7 (ا يُفَعِّلُ اِنْفَعَلَ)	160
3.7. Forme 8 : (ا يُفَعِّلُ اِقْتَعَلَ)	161
3.8. Forme 9 (ا فَعَّلَ يُفَعِّلُ)	162
3.9. Forme 10: يَسْتَفَعِّلُ اسْتَفَعَّلَ	163
3.10. Forme 11: (يُفَعِّلُ اِفْعَلَّ)	164
3.11. Forme 12 : (يُفَعْوَعَلُ اِفْعَوَعَلَ)	165
3.12. Forme 13: (يُفَعْوَعَلُ اِفْعَوَعَلَ)	165
4. DERIVATION PRIMAIRE DU VERBE PRIMITIF QUADRILATERE (الرابعي المجرد) (فَعَّلَ يُفَعِّلُ)	166
4.1. Forme 1.....	166
4.2. Les formes dérivés du verbe quadrilatère.....	167
4.2.1. Forme 2 (يُفَعِّلُ تَفَعَّلَ)	167
4.2.2. Forme 3 (يُفَعِّلُ اِفْعَلَّلَ)	168
4.2.3. Forme 4 (يُفَعِّلُ اِفْعَلَّلَ)	168
5. DERIVATION SECONDAIRE DU VERBE TRILITERE PRIMITIF	169
5.1. Dérivation secondaire de schème (فَعَّلَ يُفَعِّلُ)	169
5.1.1. Schème 1 (يُفَعْوَعَلُ اِفْوَعَلَ)	169
5.1.2. Schème 2 (فَعَّلَ يُفَعِّلُ)	170
5.1.3. Schème 3 (فَعَّلَ يُفَعِّلُ)	170
5.1.4. Schème 4 (فَعْوَعَلَ يُفَعْوَعَلُ)	171
5.1.5. Schème 5 (فَعَّلَ يُفَعِّلُ)	171
5.1.6. Schème 6 (فَعَّلَى يُفَعِّلَى)	172
5.1.7. Schème 7 (فَعَّلَ يُفَعِّلُ)	172
5.2. Dérivation secondaire de schème (ا يُفَعِّلُ تَفَعَّلَ)	173
5.2.1. Schème 1 (تَفَعَّلَ يُفَعِّلُ)	173
5.2.2. Schème 2 : (تَفَوَعَلَ يُتَفَوَعَلُ)	173
5.2.3. Schème 3 (تَفَعَّلَ يُتَفَعَّلُ)	174
5.2.4. Schème 4 (تَفَعْوَعَلَ يُتَفَعْوَعَلُ)	174
5.2.5. Schème 5 (تَفَعَّلَى يُتَفَعَّلَى)	175
5.2.6. Schème 6 (يُتَفَعَّلُ فَعَّلَى)	175
6. DERIVATION SECONDAIRE A PARTIR DU VERBE TRILITERE ET DE SCHEME QUADRILATERE AUGMENTE	175
6.1. Schème 1 (يُفَعِّلُ اِفْعَلَّلَ)	176
6.2. Schème 2 (ا يُفَعِّلُ اِفْعَلَّى)	176
6.3. Schème 3 (ا يُفَعِّلُ اِقْتَعَلَّى)	176
7. LES ADJECTIFS ET NOMS DERIVES DES VERBES DONT LA RACINE CONSONANTIQUE EST SUPERIEURE A TROIS :	177
8. CONCLUSION.....	177

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 3.1 : FORME DE MOT ET LES RELATIONS SEMANTIQUES ENGENDREES PAR LA RACINE.....	69
TABLEAU 5.1 : ENTREE LEXICALE	119
TABLEAU 5.2 : LES FORMES VERBALES (FORME 1 ET SES FORMES DERIVEES.....	119
TABLEAU 5.3 : CONJUGAISON DU VERBE كَتَّبَ (الماضي).....	120
TABLEAU 5.4 : CONJUGAISON DU VERBE كَتَّبَ (VOIX PASSIVE).....	121
TABLEAU 5.5 : LE PARTICIPE ACTIF DU VERBE كَتَّبَ (اسم الفاعل).....	121
TABLEAU 5.6 : LE PARTICIPE PASSIF (اسم المفعول) DU VERBE كَتَّبَ.....	122
TABLEAU 5.7 : LE NOM D'INSTRUMENT (اسم الآلة) DU VERBE كَتَّبَ.....	122
TABLEAU 5.8 : LE NOM DE TEMPS ET DE LIEU (اسما الزمان و المكان).....	123
TABLEAU 5.9 : NOM VERBAL.....	124
TABLEAU 5.10 : NOM VERBAL.....	124
TABLEAU 1.1: CONJUGAISON DU SCHEME فَعَلَ A L'ACCOMPLI.....	143
TABLEAU 1.2: CONJUGAISON DU SCHEME كَتَّبَ A L'ACCOMPLI.....	143
TABLEAU 1.3: CONJUGAISON DU SCHEME فَعَلَ A L'INACCOMPLI.....	144
TABLEAU 1.4: CONJUGAISON DU VERBE كَتَّبَ A L'INACCOMPLI.....	145
TABLEAU 1.5 : CONJUGAISON DU SCHEME فَعَلَ A L'IMPERATIF.....	146
TABLEAU 1.6 : CONJUGAISON DU VERBE كَتَّبَ A L'IMPERATIF.....	146
TABLEAU 1.7 : FORME PASSIVE/ FORME ACTIVE.....	147
TABLEAU 1.8 : SCHEME ET EXEMPLE DES ADJECTIFS D'INTENSITE	152
TABLEAU 1.9 : ADJECTIF D'INTENSITE NOM D'ARTISANTS ET NOMS D'INSTRUMENT.....	152
TABLEAU 1.10 : SCHEME DES NOMS DE LIEU ET DE TEMPS	153

LISTE DES FIGURES

FIGURE 3.1 : STRUCTURE DE LA LANGUE ARABE.....	52
FIGURE 3.2 : SCHÈME GÉNÉRATEUR DE LA LEXIE NOMINALE.....	64
FIGURE 3.3 : SCHÈME GÉNÉRATEUR DE LA LEXIE VERBALE CAS DE L'ACCOMPLI.....	65
FIGURE 3.4 : CLASSIFICATION DES MOTS PROPOSÉS PAR [KHODJA, S., 2001].....	66
FIGURE 3.5 : CLASSIFICATION DES MOTS DE LA LANGUE ARABE [ELKASSAS, M., 2005].....	67
FIGURE 3.6 : HIÉRARCHIE DE CONCEPT DANS LE DOMAINE LÉGAL [ZAIDI, S. & ALL, 2005].....	68
FIGURE 3.7 : APPLICATION DE SUMO AUX WORDNETS. [EL KATEB, S. & ALL 2005].....	69
FIGURE 4.1 : UNE PARTIE DE LA DEAR-ONTO META ONTOLOGIE.....	81
FIGURE 4.2 : UNE PARTIE DE L'ONTOLOGIE REPRÉSENTANT LES VERBES DÉRIVÉS.....	81
FIGURE 4.3 : PARTIE DE L'ONTOLOGIE REPRÉSENTANT LES NOMS DÉRIVÉS.....	87
FIGURE 5.1 : STRUCTURE DE BRANCHEMENT.....	105

CHAPITRE 1

Introduction Générale

1. Introduction

La causalité et le raisonnement causal font partie de l'entendement humain et le bon sens. Intégrée à la vie de tous les jours, la causalité est liée à la compréhension de l'environnement et des actions à entreprendre. En effet l'être humain réfléchit, spéculé et raisonne avant d'agir même avec des connaissances imparfaites. Le raisonnement causal est simple et approximatif. Par exemple si un automobiliste ne marque pas de stop au feu rouge et qu'il y ait un accident, le constat sera : la cause de l'accident est le non arrêt au feu rouge qui est une cause parmi d'autres. Nous pouvons donner d'autres causes et mais nous ne pouvons affirmer avec précision la cause ou les causes. Dire à priori que le non arrêt au stop est la cause de l'accident n'est pas exact, car parfois le non stop ne donne pas nécessairement un accident. Ainsi la connaissance de *la cause* demeure imprécise. Si nous avons une connaissance assez complète i.e. un inventaire complet des causes avec leurs effets, la description serait lourde et l'action en serait ressentie. Néanmoins, l'être humain a besoin d'interagir rapidement. Ce qui fait la force de ce concept : avec peu d'informations, l'être humain peut comprendre son environnement et agir. À l'aide de la causalité et avec les connaissances qu'il a en sa possession i.e. des informations imparfaites, imprécises et incertaines [Mazlack, L. J., 2003], l'être humain peut agir.

Les psychologues ont remarqué qu'il existe un parallèle entre l'enfant au stade opératoire placé en face d'un phénomène physique simple et le physicien cherchant à résoudre un problème de physique supérieure. Le lien qui unit le raisonnement de l'enfant est le rapport de causalité [Kuhn, Th. S., 1971]. La recherche d'une réponse à une question pourquoi ? La réponse à la demande des explications et de compréhension est d'ordre causale. Ainsi, la causalité est utilisée dans le raisonnement, le bon sens et la vie de tous les jours pour comprendre, expliquer, décrire une situation ...L'être humain a besoin de poser des causalités [Mokhtari, A., 1997]. Avoir un contrôle parfait de la causalité donnera plus de précision et de rigueur dans la prédiction et le raisonnement avant toute action. Ainsi maîtriser la causalité permettra une planification optimale de toute action.

Des spéculations théoriques avec des avis partagés n'ont pas donné une définition rigoureuse malgré la facilité de sa compréhension et son utilisation dans le sens commun. Des efforts considérables ont été mis pour l'étude de la causalité. Cette notion aisément comprise est difficile à définir. Ce concept a traversé les âges et les civilisations indoue, grecque, arabe, moyen âge et l'époque moderne. Liée à la pensée et à la réflexion, la causalité a préoccupé les

chercheurs de différents domaines par exemple en philosophie, mathématiques, métaphysique, droit, sociologie, linguistique, théologie, psychologie, sciences cognitives médecine, sciences physiques, informatique, robotique et intelligence artificielle...

Depuis longtemps jusqu'à nos jours les chercheurs de plusieurs disciplines s'interrogent sur la nature de la causalité et du raisonnement causal. S'il est difficile d'appréhender la causalité, les philosophes ont d'abord essayé de la définir. La lecture des écrits d'Aristote nous conduit à voir le rôle de la causalité dans la construction de la connaissance [Ziki, A., 1992]. La connaissance est basée sur la causalité. La connaissance scientifique d'un fait repose sur l'existence de la cause 'de ce fait 'et 'que ce fait' ne peut être confondu avec un autre fait [Tricot, J. . 1966]. En effet, le cadre fondamental de toute connaissance scientifique repose sur la causalité [Halbwachs, F. 1971]. Aristote définit le fondement de la connaissance scientifique sur des preuves. Depuis sa naissance l'être humain n'admet pas *qu'une chose arrive sans cause*. Pour Aristote, la conception de la causalité d'un objet est la connaissance de l'essence d'un objet (sa raison d'être). La raison d'être des objets donne une explication sur leur existence. Les quatre causes (cause matérielle, cause formelle, cause efficiente et cause finale) sont retenues que dans le but de démontrer l'existence des objets. Aristote admet que la connaissance est basée sur la causalité et pour avoir la connaissance, il y a lieu de démontrer l'existence d'un objet. C'est pour cela qu'Aristote a catégorisé les mots en ontologie et en démontrant l'existence des objets il s'est intéressé à la causalité [Maedche, A., 2003]. Connaître la causalité liée à un objet c'est poser la question : pourquoi l'objet est-il comme cela et pas autre chose. Sur le plan théorique, la définition de la causalité n'ayant pas donné un consensus, on se tourne vers l'expression de la causalité dans le langage naturel

2. Causalité et langage naturel

Le langage offre un moyen d'expression de la causalité. En langue française, la cause s'exprime par des marqueurs telle que ' parce que', 'à cause de', 'puisque', 'car', des tournures syntaxiques mais néanmoins le lexique est le moyen privilégié. Les noms, les adjectifs, les adverbes et surtout les verbes offrent aux locuteurs des moyens qui lui permettent d'émettre des causalités explicites comme 'renforcer, renforcement, à force de',et implicites qui peuvent être détectées en posant la question 'pourquoi'. En plus, la causalité en tant que relation, se superpose à d'autres relations comme les relations temporelles, consécutives, de condition. Ainsi la causalité est une notion linguistique complexe qui a un lien avec le lexique [Nazarenko, A., 2000], la morphologie, la syntaxe, la

sémantique et la pragmatique. Aussi, elle peut être considérée comme une notion cognitive et logique ‘si ...alors’.

Le langage naturel est un moyen de communication entre les humains et c’est un aspect fondamental du comportement humain. Sous forme orale et surtout écrite, le langage naturel préserve la culture et les connaissances de génération en génération. La société actuelle, basée sur la connaissance demande un effort important d’études approfondies du langage naturel en vue du traitement informatique. Liée aux domaines de base de la linguistique, la causalité joue un rôle très important dans la compréhension et les interactions de différents aspects du langage naturel. Le concept de causalité a fait l’objet d’études dans le cadre du traitement du langage naturel pour plusieurs langues telles l’anglais [Girju. R., 2003], [Wolf, P., 2003], le français [Nazarenko, A., 2000]. La langue est étudiée par plusieurs disciplines académiques avec chacune sa problématique et ses méthodes d’approches. Par exemple, les sciences cognitives étudient l’intelligence, les états mentaux à travers le langage. La linguistique étudie la structure du langage du point de vue phonologique, morphologique, syntaxique, sémantique et pragmatique. La psycholinguistique étudie les processus de la production et de compréhension humaines du langage. La philosophie étudie tout ce qui est lié au langage (croyance, les buts, et les intentions, et comment ces possibilités cognitives) et entre autre les mots et leurs identification aux objets existants dans le monde [Allen, J. 1995]. La causalité est liée d’une part à la connaissance et d’autre part au langage naturel qui se trouve au cœur de plusieurs disciplines.

Ainsi, le traitement automatique de la causalité dans la langue doit tenir compte de toutes les disciplines pour une bonne représentation.

2.1. Causalité et représentation des connaissances

Les interactions entre l’homme et le monde physique font surgir dans l’esprit de l’être humain une représentation du monde physique. Cette représentation s’exprime entre autres par le langage naturel et le raisonnement causal. . La modélisation et la formalisation de la causalité et du raisonnement causal dans le langage naturel sont un réel défi pour les chercheurs en intelligence artificielle.

L’information causale se formalise avec le langage naturel [Nazarenko, A., 2000]. La compréhension de la causalité, une bonne représentation et sa formalisation permettra des

applications dans plusieurs domaines tels que extraction de connaissances, raisonnement, web sémantique...

Notre société est passée à une société de la connaissance basée sur l'information. L'adaptation de l'individu à la société nouvelle demande un traitement informatique du langage naturel qui permettra de mettre un pont entre le passé et l'avenir. D'autant plus que ces dernières décades ont vu l'information virtuelle augmenter considérablement et toujours en expansion. Le traitement automatique du langage naturel est devenu un véritable défi et la causalité peut aider à une solution car sa simplicité permet la possibilité de donner et d'extraire des informations. Ainsi, la théorisation de la compréhension et le traitement automatique basée sur le langage naturel a un impact socioculturel et économique décisif.

Le problème de la représentation sémantique du langage naturel est le thème central de ce travail de recherche. La causalité a donné naissance à des travaux de recherche en I.A. Les logiques classiques ne la modélisent pas. Pour résoudre les problèmes posés par les logiques propositionnelles et du premier ordre, les logiques modales, les logiques non monotones, la logique contrefactuelle ont tenté de formaliser entre autre la causalité. Nous citons :

- Y. Shoam [Shoam, Y., 1988] formalise la causalité en utilisant les logiques temporelles non monotones chronologiques d'ignorance. l'approche de Y.Shoram paraît insuffisante pour formaliser la causalité et le raisonnement causal (problème du vol de voiture).
- A. Mokhtari [Mokhtari, A., 1997] formalise la causalité en résolvant les problèmes de persistance, de qualification et la temporalité en présentant une théorie causale basée sur les logiques non monotones temporelles. Son système formel a une syntaxe (munie de deux implications stricte et normale) et une sémantique.

Notre approche pour la modélisation de la causalité dans le langage naturel est basée sur cette théorie.

La causalité est une relation sémantique. Sa représentation repose principalement sur le sens. La représentation sémantique des connaissances- formalisée originellement par le langage naturel- joue un rôle central dans le traitement automatique. Elle lie toutes les composantes du système de traitement automatique du langage naturel (comme par exemple la compréhension automatique du langage naturel, le raisonnement rationnel sur les bases de connaissances, génération des expressions du langage naturel par des représentations formelles [Allen, J. 1995]). Qu'en est-il si le langage naturel choisi est la langue arabe ?

2.2. Causalité et langue arabe

Modéliser une notion aussi générale que la causalité dans le langage naturel consiste tout d'abord à choisir la langue, le cadre formel de cette langue est de savoir comment les entités s'articulent pour se former en connaissance. La première idée est de connaître le système linguistique de la langue, son cadre formel. Qu'en est-il pour la langue arabe ?

2.2.1 Système linguistique de la langue arabe

La langue arabe L.A. est une langue parlée par plus de 200 millions de personnes. Elle est la langue officielle d'au moins 22 pays dont l'Algérie. C'est aussi une langue de référence pour plus d'un milliard de musulmans comme langue religieuse. La langue arabe comprend l'arabe classique (الفصحاء), l'arabe moderne standard (A.M.S.) et les dialectes. L'arabe classique est la langue du coran, des hadiths (tradition musulmane), des poèmes avant l'islam et du parlé collecté auprès des natives au 7^{ème} siècle. Cette langue a été utilisée d'une façon formelle jusqu'au 19^{ème} siècle. A cette époque est apparu l'Arabe Moderne Standard (l'A.S.M.), qui est une évolution de l'arabe classique avec l'utilisation de l'imprimerie (édition des journaux). L'A.S.M est actuellement la langue de la communication écrite, celle des médias officiels. C'est la langue formelle dans les réunions et les discours officiels, les media (journaux et télévision), la littérature, les journaux et les écrits administratifs des pays arabes. Les dialectes sont des langues parlées au quotidien, informelles et ont des particularités (phonétiques, une différence de certains mots du langage, introduction des mots de langues étrangère comme le français, l'anglais, l'espagnol) pour chaque région dans les pays arabes. [El Kassas, D., 2005].

L'origine de la langue arabe remonte au 2^{ème} siècle A.C et les premières traces de l'écriture arabe au 4^{ème} siècle A.C. C'est à partir 7^{ème} siècle A.C. que les arabes se sont intéressés à l'étude de leur langue pour garder sa pureté dans le but de *comprendre* les textes sacrés. Dès cette période, des efforts de théorisation de la part des penseurs arabes anciens, durant des siècles et jusqu'à nos jours, nous assistons à une production énorme d'ouvrages traitant des différents aspects de cette langue. A partir du IX^{ème} siècle, la recherche linguistique va donner naissance à des écoles de philologie et de grammaire à Baṣra, Koufa et les écoles d'Egypte, d'Andalousie et du Maghreb. Ces écoles vont établir une science du Langage basée sur la L.A. telles que sciences du langage 'علم اللغة' (lexicographie), النحو (grammaire) etc.... La lexicographie a pour objet essentiellement une étude sémantique lexicale i.e. c'est

une discipline ayant pour objet de décrire le contenu sémantique des mots (المُفْرَدَات). النَحْو renfermait الصَّرْف dont l'objet est l'étude 'morphologique' des phénomènes puis s'est distingué de lui. Certains linguistes élargissent son champ à la syntaxe et à la morphologie [Moutaouakil, A. 1982]. Les premiers grammairiens appelée (TGA : Tradition Grammaticale Arabe) a posé et justifié son système linguistique par la causalité et des jugements causaux¹ [Attia, A. M., 1999].

L'A.S.M a un système grammatical qu'il partage avec l'arabe classique, même s'il existe des constructions fréquentes dans l'un et qui sont considérées comme inusitées par l'autre. Le système grammatical de la langue arabe classique n'a pas changé depuis sa conception par la tradition grammaticale. Ainsi l'A.S.M. a la même grammaire et le même système qui sont présentés presque sous le même angle dans les manuels de l'arabe classique ou les manuels de l'A.S.M. Actuellement, à notre connaissance, il n'existe pas de grammaire formelle assez développée de la langue arabe pour servir de référence aux études approfondies, bien que cela soit une nécessité pour un traitement automatique de l'A.S.M. [El Kassas, D. ,2005].

2.2.2. Traitement automatique de la langue arabe

Le traitement automatique de la L.A. n'est qu'à ces débuts et très peu développé par rapport à la langue anglaise et française. Malgré une conceptualisation précise par les La TGA (Tradition Grammaticale Arabe), la L.A. n'a pas de cadre formel ayant un consensus. Les modélisations et formalisations existantes sont construites pour des applications précises (modélisation à base de morphologie ou bien morphologie et syntaxe). Les formalisations existantes de la L.A. sont dues à Bargelli, D. J. Lambek [Bargelli, D., & all, 2003] et Hadj Salah Abderahmane [Hadj Salah A., 2003]. La première concerne une formalisation syntaxique et la deuxième un niveau entre le lexique et la syntaxe. La L.A. repose sur un système morphologique riche et il y a lieu d'en tenir compte en premier lieu pour tout traitement automatique. Ainsi, il nous est apparu judicieux et nécessaire de procéder à la réalisation d'un cadre formel basé sur les caractéristiques morphologiques, lexicales et sémantiques basiques de la langue arabe [Belkredim, F.Z. & all, 2008.], [Belkredim, F.Z. & all, 2009a] avant d'entamer la représentation de la causalité proprement dite.

¹ Une étude sur l'utilisation de la causalité dans la langue Arabe utilisant les jugements causaux et les logiques non monotones a été entreprise et a donné lieu à une communication à SOPHA 09[Belkredim, F.Z. 2009b].

2.2.3. Causalité dans la langue arabe

Notre travail de recherche avait pour objet la formalisation de la causalité dans la Langue Arabe. Il n'y a pas d'étude propre à la causalité. Il est fait référence à la causalité dans les livres de grammaires et de Droit Musulman (fiqh). La causalité a été étudiée avec des notions de grammaire et la théologie mais pas une étude dans un cadre linguistique de la langue arabe. Les études faites sur la causalité en L.A. se trouvent éparées à côté d'autres notions dans les travaux de la TGA ou des exégètes (les religieux musulmans). La TGA a utilisé la causalité pour expliquer la syntaxe et les exégètes l'ont utilisé dans le domaine religieux tel que la compréhension des textes et faire des raisonnements bien que cela n'a pas fait l'unanimité jusqu'à nos jours.

3. Problématique de la thèse

Dans cette thèse, nous nous intéressons à la formalisation de la causalité dans le langage naturel. Ainsi, cette recherche s'inscrit dans le cadre du traitement automatique du langage naturel (TALN). Faire une formalisation de la causalité dans langue consiste à repérer les objets linguistiques 'causaux' avec ses interactions. Le langage naturel choisi est la langue arabe, langue qui connaît un essor dans la recherche ces dernières décennies et un intérêt grandissant dans la recherche. La plupart de ces études ont montré la dérivation et la flexion comme étant un handicap pour le TALN mais reste un défi à relever. Les approches du traitement automatique de la langue réussies aux autres langues telles que le français et l'anglais, ont peu utilisé la spécificité de la langue arabe à notre connaissance.

La modélisation de la causalité dans la L.A. a fait ressortir la problématique de la connaissance de son système linguistique dans le cadre du TALN. En plus la causalité est éparse dans les écrits soit de la TGA soit des exégètes. Du point de vue linguistique, il n'y a point d'étude unique bien définie.

Modéliser la causalité dans la L.A. a demandé l'utilisation de ses spécificités linguistiques. Ainsi, la compréhension de ce concept dans ce langage permettra sa représentation et sa modélisation formelle. Nous avons fait entrer dans notre étude des spécificités connues de la L.A. à savoir la flexion et la dérivation. Comme la causalité est entre autre lexicale, nous avons préféré asseoir notre étude sur la catégorisation des mots basée sur la morphologie, le lexique ayant un lien avec la sémantique. Ce qui a donné une construction basée sur les mathématiques et des caractéristiques spécifiques de la L.A.

Ensuite la causalité a été étudiée à travers les classes lexicales [Nazarenko, A., 2000]. L'idée que nous avons de la causalité semble être la même sur le plan philosophique de Ibn Ruth [Mendès H. 2009] et sur le plan informatique de [Mokhtari, A., 1997] i.e. Une causalité basée sur l'action (interventionniste).

3.1. Le choix du cadre théorique

Le problème du cadre formel s'est posé pour [El Kassas, D., 2005]. Dans son approche, elle insiste sur ce point : 'Décrire les langues naturelles nécessite un formalisme qui soit d'une part assez flexible pour représenter les caractéristiques diversifiées de celles-ci, puisque les contraintes qu'affiche une langue ne doivent pas être nécessairement respectées par toutes les autres, et qui soit d'autre part basé sur un dispositif formel assez 'rigoureux'. Pour cela nous avons commencé par établir un cadre formel et structurer ce langage.

4. Approches et contributions de la thèse

Une analyse Morpho-lexicale des mots s'est imposée. Heureusement la TGA a conceptualisé cette langue depuis le 7^{ème} siècle [Kouroughli, D., 1994] et a établi des règles et paradigmes qui sont toujours utilisées dans le M.S.A. et qui s'apprêtent au traitement automatique [Bargelli, D., 2003].

Notre premier travail de recherche a donc débuté par une modélisation formelle de la L.A. Ce langage a des spécificités de dérivabilité et d'inflexion qui permet de définir et classer les racines. Nous avons considéré des éléments irréductibles tels que la racine d'un mot qui est un élément primitif comme concept. Ces racines considérées comme concepts sont classifiées par une relation d'équivalence se situant à un niveau sémantique et inférentiel. Elle repose sur une description formelle liée à la sémantique et aux spécificités de cette langue (dérivabilité et flexion). Notre apport est d'une part celui d'associer une construction mathématique à l'aide de la théorie des ensembles et d'une ontologie basée sur les verbes [Belkredim, F.Z. & all, 2008], [Belkredim, F.Z. & all, 2009]. Ce cadre formel est un système sous forme d'ontologie appelée DeArOntology (Derivational Arabic Ontology). En effet la DeArOntology n'est qu'une construction d'un système de base qui se complètera dans le futur. Cette approche a été validée et le logiciel se trouve en Open Source <http://sarf.sourceforge.net/> . D'autre part, les verbes sont une formalisation linguistique de l'action et la causalité selon la théorie causale de [Mokhtari, A., 1997] repose sur cette notion,

point de vue que nous partageons. D' autre part, pour valider leur système linguistique en particulier la syntaxique, la TGA a entrepris des règles basées sur la causalité pour justifier les différentes constructions. Une communication 'application de la causalité sur la langue arabe' a été entreprise avec des outils de logiques non monotones [Belkredim, F.Z. 2009b]. Un autre terrain d'application de la causalité dans des recherches didactiques mathématiques ont été entreprises et se compléteront dans le futur.

5. Application de cette recherche :

Cette recherche est importante et rentre dans plusieurs disciplines scientifiques :

- Description formelle du langage naturel de la L.A. en liaison avec la linguistique (phonétique, morphologie, syntaxe, sémantique et pragmatique) et sa formalisation.
- Les théories fondamentales de l'intelligence artificielle concernant le problème de la représentation des connaissances liées à la psychologie cognitive et la modélisation des structures conceptuelles et du processus de raisonnement.
- Développement des systèmes à base de connaissance avec un large lexique en extension. En fait, nous pensons que cette recherche une fois complétée peut être à la base de tout système de traitement automatique du langage naturel.

6. Organisation de la thèse :

Cette thèse est organisée en six chapitres dont l'introduction générale constitue le premier chapitre. Le second chapitre présente une étude de la causalité, le troisième chapitre la langue arabe 'LA' et les différentes formalisations existantes. Le quatrième chapitre présente la causalité dans la langue arabe et DeArOntology. Le cinquième chapitre application, le sixième chapitre conclusion et perspectives. Une annexe enrichie des exemples a été ajoutée.

- Le présent chapitre introduit l'objet de notre recherche la causalité dans la L.A. Nous présentons la causalité (dans le langage naturel puis dans la L.A.) et la nécessité de procéder à l'élaboration d'un cadre formel afin d'étudier la causalité.

- Le chapitre deux : présente la causalité et les disciplines qui peuvent nous aider à sa modélisation. La philosophie, la psychologie et les sciences cognitives ont fait des études qui sont toujours d'actualité. Egalement nous donnons une présentation de l'évolution de la causalité dans les sciences physiques classiques. Une étude de la causalité dans la langue

française est présentée qui se base sur les connecteurs, les tournures syntaxiques, le lexique et l'interprétation causale. Récemment l'Intelligence Artificielle a vu l'importance de son implémentation dans les machines par les logiques. Les logiques classiques ne modélisent pas la causalité car ne tiennent pas seulement compte du temps et de la non monotonie. Nous avons présenté les logiques non classiques, les logiques modales, temporelles. Ces recherches sont à la base de la théorie causale de [Mokhtari, A., 1997] à laquelle nous allons appliquer notre modélisation de la causalité.

- Le chapitre trois a pour but la présentation des caractéristiques de la L.A. et son traitement automatique qui est au cœur de notre thème de recherche. La TGA a simplifié la conception de cette langue en posant que tout mot est de trois sortes (nom, verbe et particule) et en lui attribuant des caractéristiques basées sur les concepts morphologiques de racine, de schème, de dérivation et de flexion. Le traitement automatique de la L.A. n'est qu'à ses débuts et il n'existe pas de cadre formel ayant un consensus. Il existe des formalisations sur la L.A. telle que celle de [Bargelli, D., & all, 2003] basée sur les prégroupes et celle de [Hadj Salah A., 2003] basée sur les concepts de lexie....Les modélisations de [Bargelli, D. & all, 2003] ont pour but le traitement sur le niveau syntaxique, et celle de Hadj Salah A. sur un niveau lexical et syntaxique. D'autres formalisations reposant sur la morphologie et la syntaxe ont été entreprises dans le cadre d'une application spécifique. Très peu de modélisations ont utilisé les ontologies.

- Le chapitre quatre présente les ontologies (en philosophie, en informatique, dans l'ingénierie de connaissances qui sont à la base de notre formalisation de la langue arabe) puis nous présentons la DeArOntology qui est une métaontologie basée sur les verbes et les caractéristiques (racine, schème, dérivation et flexion) de la L.A. telle que conçue par la T.G.A. (voir chapitre précédent). Nous exposons ensuite la causalité dans la langue sur le modèle d'étude de la langue française par A. Nazarenko [Nazarenko, A., 2000] à savoir, les connecteurs, les tournures syntaxique puis le lexique. De même que la langue française, la causalité dans la L.A. est surtout lexique mais en plus morphologique. (certaines formes de verbe sont causatives). En langue française, des groupes de mots de la même famille formée de verbe et leurs dérivées sont parfois porteurs de notion de causalité. Egalement la diathèse (catégorie de la voie) est reconnue pour véhiculer la causalité. Or dans la L.A., ce fait est remarqué. En introduisant une relation d'équivalence dans l'ensemble des mots de la L.A., le lexique se catégorise sous forme de classes formées de verbes et leurs dérivés. Chaque classe est représentée par un verbe. Par suite, nous considérons les verbes comme des actions.

- Dans le chapitre cinq, nous exposons la théorie causale de [Mokhtari, A., 1997] basée sur la non monotonie, la temporalité, la normalité et les actions (interventionniste). Cette théorie repose sur un système logique ayant une syntaxe avec deux règles (stricte et normale) et une sémantique. Nous donnons une application en nous basant sur la DeArOntology et aussi la validation de la DeArOntology.
- En fin dans le chapitre six, nous concluons en donnant les perspectives.
- En annexe 1, nous montrons les caractéristiques de la langue arabe qui est à la base de la contribution de la thèse présentées dans le sens de notre application : le verbe trilitère et ses dérivations ainsi que le verbe quadrilatère. Les exemples donnés ont été choisis par exemple sur la base de la simplicité et ont été vérifiés dans de nombreux livres. Nous citons [Jerwan s, 1972], [Saraqusti A., 1978], [Ezzamakhchari, A., 1990] et [Dictionnaire, Mounjed de poche : Arabe Français - Français Arabe, 1991]¹.

¹ Cette référence élémentaire montre la simplicité des exemples qui sont à la portée des locuteurs

CHAPITRE 2

Une Étude de la Causalité

1. Introduction

La causalité et le raisonnement causal font partie intégrante de l'être humain et occupent un rôle central dans le raisonnement humain et la prise de décision. Piaget a mis expérimentalement en évidence dès le premier âge la forme primitive du rapport de causalité comme invariant formé au stade sensorimoteur [Halbwachs, Th /S .1971]

Des efforts considérables ont été effectués pour l'étude de la causalité durant des siècles jusqu'à nos jours. Liée à la pensée et à la réflexion, elle touche tous les domaines et elle est l'objet d'étude d'un grand nombre de disciplines telle que la philosophie, métaphysique, sociologie, linguistique, médecine, droit, sciences physiques, intelligence artificielle...

Ce concept est si évident, utilisable dans le raisonnement de tous les jours et le langage naturel mais pose des difficultés de la connaissance de sa nature, définition etc . Des travaux de [Shoam, Y. 1988] et [Mokhtari, A., 1997] ont montré que la causalité est liée à un raisonnement non monotone et temporel.

Pour comprendre ce concept nous nous intéressons aux définitions et aux points de vue en philosophie, en psychologie et en sciences cognitives. Egalement comment la causalité a été utilisée dans les approches d'études des sciences physiques, son expression dans la langue française et enfin en Intelligence Artificielle. En premier lieu, le réflexe naturel est de revenir aux définitions de la causalité dans les dictionnaires et les caractéristiques qui nous aident à la cerner (son existence, son approximation, ses lien avec le changement et le temps,), sa compréhension par la contrefactivité, catégorisation philosophique (cause directe ou indirecte, cause première et causes secondes, chaînes causales, cause normale).

2. Définition de la causalité

2.2.1. Dans le dictionnaire 'Le petit Larousse 1991' nous trouvons les définitions du concept cause suivantes :

-Causalité : n.f. rapport qui unit la *cause* à l'effet. Philosophie : principe de *causalité* selon lequel tout fait a une *cause*, les mêmes *causes* produisent les mêmes *effets*.

-Cause : n.f. (lat. *causa*) 1.1Ce par quoi une **chose** existe. Ce qui produit **quelque chose**. Origine. Principe. *Connaître la cause d'un phénomène*. Il n'y a pas d'*effet sans cause*.- être

cause de, la *cause* de : être responsable de être la raison de, *causer* occasionner. Ce pourquoi on fait quelque chose ; motif, raison.

-**Causer** : être la *cause* de **quelque chose**.

-**Effet** n.m. (latin effectus, influence). Résultat, ce qui est produit par **quelque chose**.

Causation¹ : Il n'existe pas le mot causation dans ce dictionnaire. C'est un mot anglais qui a le sens de causalité

Dans ce dictionnaire, la *cause*, la *causalité*, *causation* et l'effet se retrouvent dans les définitions des uns et des autres. De même la causalité ne se définit que par quelque chose, évènement. Également les définitions du dictionnaire Robert sont circulaires donc peu exploitables et la cause est une relation, une qualité ou une essence. [Mokhtari, A. 1997], [Nazarenko, A. 2000]. [Mackie, J.L., 1974] cité dans [Guha, A., 2007] affirme qu'il y a trois formes d'analyse de la causalité : factuelle (dans les objets), conceptuelle (la notion de la causalité que nous avons), et épistémique (ce qu'est la causalité dans les objets pour ce que nous en savons, et comment savons-nous ce que nous en savons).

Finalement on peut approcher la compréhension de la causalité par ses propriétés.

3. Caractéristiques de la causalité

La causalité nous est familière par ses propriétés et nous savons qu'elle est évidente dans nos pensées mais la démontrer reste un défi.

3.1 Existence de la causalité

La causalité existe-elle réellement ou c'est une vue de l'esprit. A. Nazarenko [Nazarenko, A., 2000] pense 'qu'il n'existe pas une causalité en soi et qu'une relation causale n'est pas une relation entre des faits réels mais une lecture de la réalité, une interprétation des faits'. De même [Wright, G.H. von, 1973] conçoit la causalité non pas comme une relation ontologique mais une relation épistémologique. [Guha, A. 2007] ne démontre pas l'existence mais confirme : 'Il n'est toutefois question pour personne de nier l'existence et l'importance de la causalité, et à défaut de savoir ce qu'est la causalité... et définit la causalité comme le fondement de l'intelligibilité du monde'. L'expression de la causalité se voit à travers les entités. Les causes sont des entités de nature très diverses : objets, faits (naturels ou autres),

¹ En anglais le terme causation est : 1.le processus qui produit un autre évènement (the process of one event causing or producing another event).2. Causality (causalité).

événements, situations, intentions, etc. Cette notion englobe des entités statiques aussi bien que dynamiques. Un fait peut être une situation, un événement ou un processus [Nazarenko, A., 2000] mais la connaissance de la causalité demeure imprécise. Pour démontrer l'existence des objets en catégories et l'ontologie, Aristote a fait appel à la causalité [Maedche, A. 2003]. Il est indéniable de nier l'*existence* de la causalité. Il y a seulement difficulté de la cerner et d'extraire de tous les phénomènes, un seul ou plusieurs faits et dire c'est la *cause*. Nous comprenons qu'il y a une relation de cause à effet mais on ne peut désigner exactement la cause. La causalité est une notion compréhensible liée au changement et au temps.

3.2. Lien avec le changement et le temps

Les entités sont sujettes à l'action et au changement. Y. Shoam [Shoam, Y., 1988] a mis en évidence la causation et le temps. C'est pour comprendre que nous essayons de démêler les situations avec des questions qui ? Pourquoi ? qui sont directement liées à la causalité et l'explication causale. Ainsi l'effet est directement lié au changement et le changement se fait dans le temps. Pour un être humain, la causalité est liée au changement et à l'action dans le temps, il est impossible qu'un objet ne change pas dans le temps. Il existe un large consensus pour reconnaître l'aspect temporel de la causalité et que la cause précède l'effet [Nazarenko, A., 2000], [Mokhari, A., 1997].

3.3. Contrefactivité : [Nazarenko, A., 2000]

Supposons qu'un fait F_1 est la cause d'un fait F_2 . On peut déduire que F_2 n'aurait probablement plus lieu si F_1 ne s'est pas produit. Comprendre la causalité par l'ordre inverse des faits nous permet de voir le lien entre la cause et l'effet.

Pour approfondir ces idées, prenons des exemples

3.4. Exemples

Exemple 1 [Mazlack, L. J. 2003]

Si un automobiliste ne marque pas de stop au feu rouge et qu'il y ait un accident, le constat sera : la cause de l'accident est le non arrêt au feu rouge mais on peut donner d'autres causes et on ne peut pas dire d'une façon précise que c'est le non arrêt car parfois le non stop ne donne pas nécessairement un accident.

Exemple 2

Ténès est une (daira) de la (wilaya) de Chlef (wilaya). Entre les deux, il y a un virage qui donne sur un ravin. Monsieur Saïd habite Ténès avec sa famille. Sa fille est réveillée en pleine nuit par des douleurs. A l'hôpital, par manque de moyens le médecin de garde lui conseille d'emmener sa fille à un hôpital de Chlef. Monsieur Saïd dans sa précipitation rate le virage et tombe dans le ravin : accident. A qui incombe la cause :

- monsieur Saïd
- sa fille,
- au médecin de garde,
- manque de moyens de l'hôpital,
- virage,
- ceux qui ont construit la route,
- la non construction d'un mur solide au lieu de piquets,
- la malchance,
- el maktoub
-

En plus dire que F_1 s'est produit et que F_1 est cause de F_2 laisse généralement un certain nombre de conditions qui rendent possible le processus de causalité. Par exemple que monsieur Saïd, sa fille, le médecin sont des êtres humains, que monsieur Saïd est véhiculé... et que si ces conditions ne sont pas satisfaites, elles empêcheraient la causation. Dire que F_1 est la cause est un jugement simplificateur. Un effet peut avoir plusieurs causes. Faire un raisonnement causal ou émettre une causalité et d'isoler un fait parmi une multitude de facteurs rend la connaissance de la causalité approximative et subjective.

3.5 Approximation

La caractéristique d'approximation de la causalité peut être vu comme un avantage car il permet de faire des actions et prendre des décisions même avec des informations incomplètes et incertaines. Il est privilégié les causes contingentes ou celles sur lesquelles on peut agir par rapport aux faits durablement établis.

3.6. Subjectivité

La causalité et le raisonnement causal dépendent du point de vue donc de la culture et de l'expérience individuelle ou sociale. Elle peut paraître objective mais néanmoins reste subjective par ses caractéristiques et son mécanisme [Nazarenko, A., 2000].

Malgré ces caractéristiques non rigoureux, par un raisonnement d'induction, la relation de causalité nous renvoie à une relation générale.

3.7. Loi causale

Si les faits se repètent, l'être humain a besoin de catégoriser pour se repérer dans son environnement. Nous parlons de causalité que s'il y a répétition. Un évènement particulier qui se répète est tenu pour causal et ainsi généralisable en 'loi causale' bien que non précise ni rigoureuse. Pratiquement, le raisonnement et jugement causal ne peuvent se passer de l'expérience et de la connaissance de la loi. L'inférence causale est possible à partir d'un cas particulier, sans connaissance à priori de la loi [Guha, A, 2007].

Pour pallier aux manquements de la compréhension de la causalité, certains auteurs ont essayé d'approcher la causalité selon des types.

4. Classification qui relève de l'ordre philosophique ou psychologique

Nous ne donnons pas tous les types ni les discussions et expériences qui ont fait l'objet d'études. Cependant certaines descriptions nous paraissent importantes pour la compréhension de la causalité. Nous nous référons à [Guha, A, 2007].

4.1. Immanence et transcience

La modification d'un objet nous renvoie à la causalité, le résultat ou l'effet sont des caractéristiques intrinsèques de l'objet modifié qui subit des modifications lors du processus causal [Hare, P. H., & all., 1975] cité dans [Guha, A, 2007] recourent à la notion de pouvoir causal.

Exemple :

Une allumette soufrée s'enflamme au contact sur une surface rugueuse. La cause immanente de la flamme est la propriété qu'à cette allumette de s'enflammer à la suite d'un

frottement. C'est l'inflammabilité de cette allumette qui est nommée le pouvoir causal d'une cause transcrite (friction). La première est un pouvoir causal "enfermé" dans l'objet, et la seconde est la circonstance qui permet la libération du pouvoir causal. Certains auteurs font état de :

4.2. Cause intérieure ou extérieure à l'objet

Le choix d'un objet s'impose :

Exemples : l'acide qui est corrosif ou le fer qui est corrodable ?

4.3. Cause et agentivité

L'agentivité a un rapport avec les objets animés et objets inanimés, entités naturelles et artificielles. La personne est privilégiée comme cause dans certaines situations. La distinction entre les objets naturels et artificiels repose sur l'idée de manipulabilité¹.

4.4. Stable ou transitoire

Pour l'explication des comportements humains, certaines approches proposent les causes stables aux causes transitoires [Serlin, E. & all, 1991] cité dans [Guha, A, 2007].

4.5. Cause normale

La cause est définie comme l'élément (événement, état, propriété, fait, etc...). de la situation initiale sans lequel tout se serait déroulé normalement [Mokhtari, A., 1997] [Guha, A, 2007].

4.6. Chaînes causales

Les chaînes causales subsistent et la multiplicité des causes d'un effet ne correspond pas uniquement à leurs conjonctions. On peut difficilement nier la transitivité de certaines causalités. D'où l'idée de l'ordre des causes.

¹ Une interaction causale est manipulable si j'ai la possibilité de modifier, de produire ou d'empêcher la cause de façon à éprouver la nécessité du lien causal. Si la relation causale est manipulable, il y a la possibilité de l'action qui est la cause virtuelle de l'effet.

4.7. Cause première et causes secondes

La recherche de cause première relève de la métaphysique

4.8. Cause directe ou indirecte

La cause directe a été approchée dans [Wolf, P., 2003] et [Hobbs J. R., 2005], par exemple : the wind opened the door (le vent a ouvert la fenêtre), le vent est une cause directe. Ces auteurs définissent les causes complexes. Nous sommes alors conduit, si l'on cherche la cause prochaine d'un événement, à s'interroger sur la notion de la distance entre la cause et l'effet. [Guha, A, 2007], [Nazarenko, A., 2000].

Malgré la difficulté de cerner la causalité, nous ne pouvons nous passer de cette notion. Nous avons besoin de poser des 'causalités' pour nous diriger dans notre environnement. La causalité et le raisonnement causal font partie intégrante de l'être humain et occupent un rôle central dans le raisonnement humain et la prise de décision pour l'action. Cette notion importante se doit d'être comprise et étudiée. Elle a fait l'objet d'étude en philosophie. Nous en donnons un aperçu.

5. La causalité et la philosophie :

Il y a une quantité de recherche sur la causalité en philosophie. Il s'agit de relever les positions qui ont trait aux principes fondamentaux. La causalité a une grande importance dans l'histoire de la philosophie et la théorie de la connaissance. Nous ne présentons qu'un aperçu de la causalité dans la philosophie en rapport avec la connaissance. Les études sur la causalité posent le problème de la relation entre l'esprit et le réel, de l'expérience, du rôle de l'esprit, de l'homme dans la connaissance du réel et son changement. [Mendes H., 2009], [Guha, A, 2007] remarquent que la question de la nature de la causalité dans la réalité demeure l'un des problèmes fondamentaux de la philosophie. Depuis Platon (427-348 av. J.C), qui énonce dans le Timée le principe de causalité, jusqu'au philosophe américain D.Davidson [Davidson, D. 1993] qui au XXIème siècle, fonde sa conception de la causalité comme une preuve de l'identité du corps et de l'esprit.

De même la question de la valeur ontologique de la relation entre cause et effet est au cœur de la réflexion sur la nature, car la causalité est l'un des principaux aspects de notre intelligence du monde environnant. L'évolution des idées sur la causalité a été principalement

marquée par les arguments métaphysiques opposant réalistes et idéalistes, tout autant que par l'élaboration progressive de la méthode scientifique.

L'être humain a toujours été en prise avec son environnement. Pour comprendre le monde et ce qui l'entoure il a remarqué une relation permanente et souvent 'qui peut se répéter' entre les éléments. Cette relation s'est imposée dans tous les domaines et la vie de tous les jours. La transformation de l'élément a été appelée effet et le phénomène qui l'a transformé a été appelé cause. Ceci a été posé comme étant un principe de causalité [Ziki, A. 1992].

Le concept philosophique de la causalité, les principes des causes, ou causation et le fonctionnement des causes, se rapportent à l'ensemble de relations " causales " ou de 'cause et effet'. Généralement la causation est perçue comme un rapport qui se tient entre les événements, objets, variables. L'existence d'un rapport causal suggère que la cause précède chronologiquement l'effet et que si la cause se produit, l'effet suit ou il existe une probabilité pour qu'il se produise et que le reste soit égal à lui-même. [Mendes H., 2009] lie la causalité à l'existence : 'tout ce qui existe et quelque soit l'existence de sa forme existe par nécessité d'une cause' d'où aucun objet n'existe sans cause.

5.1. Définition philosophique de cause et d'effet

Les philosophes distinguent la cause de l'effet : le concept cause diffère du concept effet. Toute analyse peut les différencier : si (A cause B) on ne peut pas dire que (B cause A).

L'être humain ne peut concevoir d'effet sans cause et on dira que la cause et l'effet entretiennent une relation de causalité. On a également que la cause précède l'effet et ainsi la causalité est liée au temps. Certains philosophes ont nommé la cause, un moyen et l'effet un but ou ont distingué d'autres formes de causes que celles d'Aristote. Selon M.Espinoza [Espinoza, M., 1992] cité dans [Mokhtari, A., 1997] : 'Aristote a distingué quatre types de causes : matérielle, formelle, efficiente et finale'. La cause matérielle (matière), formelle (structure ou forme), efficiente (l'agent et les actions donnant un changement) et finale (le but, la fin). Autrement expliqué : 'Les deux premières sont internes ou intrinsèques, les deux autres, externes ou extrinsèques. La matière est le flux adéquat et passif sur lequel agissent les autres causes. La cause formelle est la qualité, l'essence de la chose, l'idée qui la définit. La cause efficiente est la force, le pouvoir qui produit quelque chose. La cause finale est le but vers lequel la chose est orientée'. Bunge cité dans [Mokhtari, A., 1997] est de ceux qui pensent que 'les causes formelles et finales font partie d'une métaphysique spirituelle et sont

pseudo-scientifique dont les explications sont illusoire. La science moderne a montré que les causes formelles et finales ne sont ni empiriquement vérifiables, ni mathématiquement exprimable...'. A.Mokhtari [Mokhtari, A., 1997] observe que 'Espinosa se demande, s'il est vrai, comme le pense Bunge, que les causes efficientes sont les seules clairement concevables et de ce fait les seules capables d'expression mathématique? En tant que forces inobservables, elles sont aussi spéculatives que les autres causes. Et il n'est pas vrai non plus que les causes formelles et finales soient incapables d'être exprimées mathématiquement. Cela peut paraître ambitieux de vouloir traiter de la causalité vu ces grands débats et controverses'.

Aristote en catégorisant les objets sous forme d'ontologie a relié l'existence des entités à leur cause et la connaissance scientifique passe par la connaissance de la cause. Avec le développement des sciences physiques (avec la mécanique) la cause est généralement considérée comme la cause efficiente.

5.2. Causalité chez Ibn Rushd (1126-1198) :

Celui qui a traduit, expliqué et poursuivi l'oeuvre d'Aristote est Ibn Rushd. Il a posé une base à la connaissance et même renversé le raisonnement de son époque. Pour Ibn Rushd, l'objet a une nature, une action, un nom et une définition propre à lui. Pour avoir la connaissance, il y a lieu de comprendre l'inconnu à partir du connu. Il n'y a pas de théories à priori mais des hypothèses à vérifier. Pour lui l'existence est un objet indépendamment de l'existant et son existence est une cause pour notre connaissance. La compréhension d'un objet et son existence passe par les causes propres (essentiels ou personnels) de cet objet. La connaissance de la cause ne doit pas se limiter à sa forme et à la découverte des relations causales et leur déduction mais découvrir la cause et l'utiliser. Il y a une relation nécessaire et constante entre la cause et l'effet. Par exemple le feu produit de la chaleur et pas le froid. Si l'effet ne se produit pas cela s'explique par l'existence des circonstances qui l'ont empêché de paraître. La démonstration de Ibn Rushd repose sur les notions d'acte et d'actants (الفعل\fa'l, الفاعل\fa'l et المفعول\maf'ul)¹. Ibn Rushd a utilisé la notion de causalité dans l'explication d'un terme du langage. Donner une signification au mot en utilisant sa signification réelle et en nommant l'objet par son synonyme ou sa cause sans porter préjudice à la langue arabe [Mendes H., 2009]. La compréhension passe par la catégorisation des mots en ontologie et en leur associant leur cause. Ce qui pourrait expliquer ces termes. D'ailleurs il différencie

¹ Notre conception de la causalité repose sur ce point de vue.

l'explication mot à mot avec le sens global [Mendes, H., 2009]. Les idées de Ibn Rushd sur la causalité [Ibn Rushd, A 1965] sont une réponse aux allégations d'Abou Hamed Elghazali A.H. (1059-1111) [Elghazali, A. 1962].

5.3. Causalité chez Abou Hamed Elghazali (1059-1111) et Hume (1739-1740) :

Abou Hamed Elghazali reconnaît la causalité mais en tant qu'associations d'idées et habitude de l'esprit [Ziki, A., 1992]. De même Hume a réfuté la nécessité de la causalité. Le point de vue de D.Hume [Stanfort Encyclopedia of Philosophy, 2001] décrit une relation causale quelconque comme une succession temporelle invariable de deux événements et que cette relation est liée à l'expérience. Hume et avant lui Abou Hamed Elghazali, bien qu'ils reconnaissent l'existence de la causalité, ont essayé de donner un aperçu sur ce concept. Abou Hamed Elghazali appuie ses idées sur des arguments théologiques tels les miracles et réfute la nécessité. Par contre D. Hume critique la cause efficiente et montre que le raisonnement causal repose sur l'observation répétée, l'expérience et l'association d'idées. La causalité pour lui est un phénomène psychologique et non réel. La causalité est un fait de l'entendement. Le raisonnement ou l'observation ne nous apprendront rien de sa nature et l'inférence causale n'est pas fondée rationnellement car sa validité n'est pas démontrable. [Guha, A, 2007]

5.4. Causalité après Hume :

Les bases sur laquelle repose la connaissance ont été ébranlées par la philosophie de Hume. Pour résoudre ce problème philosophique des critères logiques précis ont été établis au 19^{ième} siècle par John Stuart Mill (1806-1873) et le cercle de vienne (Lalande, 2002) cité dans [Guha, A, 2007]. Kant tout en reconnaissant que notre connaissance des relations causales relève de l'expérience propose que la causalité soit une structure de notre entendement et que notre expérience du monde s'insère dans le cadre des relations causales. Ainsi le monde réel qui nous est accessible est un monde gouverné par les relations causales. Néanmoins, en faisant de la causalité une structure à priori, Kant n'a pas rendu sa nature plus intelligible à celui qui veut connaître la causalité pour elle même, pas plus qu'il n'a contribué à donner à la science les outils lui permettant de distinguer le causal du non-causal [Guha, A, 2007]. Pour le non causal D.McDermott [McCarthy, J., 1982b] cité dans [Mokhtari, A., 1997] donne l'exemple de l'ombre d'un objet **a**. L'arrivée de l'ombre de **a** est suivie de l'arrivée de **a** en

s'éloignant du soleil. Signifie-t-il que l'arrivée de l'ombre de **a** est la cause de l'arrivée de **a** ? De même est-ce que le jour est la cause de la nuit, parce que le jour est suivi de la nuit ?

En conclusion [Guha, A. 2007] : 'Toutefois, si la plupart des théoriciens admettent avec Hume que la causalité n'est pas directement observable « de l'avis général » avec raison, nous dit [Russell, B. 1989]. Les tenants d'une causalité connaissable (par exemple Bunge) insistent sur le fait que la notion de production seule permet de différencier les régularités causales qui relèvent d'une loi causale) des régularités non causales « le jour succède à la nuit »'.

Afin de comprendre ce concept, on sait que la physique classique est fondée sur la causalité aristotélicienne et il y a lieu de voir où cette notion a été utilisée. La causalité est liée à la réalité et le domaine qui étudie et explique les phénomènes naturels est les sciences physiques.

6. Causalité dans les sciences physiques

Un des objectifs de la physique est la compréhension et l'explication de la nature. Les phénomènes physiques étaient expliqués par la causalité aristotélicienne jusqu'au 19^{ème} siècle. Les thèses d'Aristote en physique ont longtemps influencé la philosophie et la science occidentale. Aristote a lié la causalité au changement. Les réponses aux questions ou aux explications sur le changement n'excèdent pas les quatre causes : matérielle, efficiente, formelle et finale. Pour une statue, la cause matérielle de son existence est le marbre ou le bronze, la cause efficiente est la force exercée sur son matériau par les instruments de l'artiste, la cause formelle est la forme de l'objet final et la cause finale est d'obtenir un objet d'art [Kuhn, Th. S, 1971].

Jusqu'au 16^{ème} siècle, la principale tradition était aristotélicienne. Guha dans [Guha, A, 2007] écrit: 'Imprégnée d'aristotélisme, la philosophie naturelle d'avant Descartes donne peu d'importance à la cause efficiente. C'est la révolution mécaniste qui permet de renverser ce rapport en faisant avec Descartes l'hypothèse que la matière est homogène (ce qui rend moins pertinente la cause formelle) et que ses lois sont stables (ce qui réduit l'efficace et la finalité divines à l'institution originelle de ces lois). Les mécanistes prétendent n'expliquer les phénomènes que d'après les lois des mouvements matériels. Il ne peut y avoir pour eux de mouvement que par contact et impulsion'.

De la définition de la cause chez Aristote, les savants aristotéliens n'en utilisaient que la forme formelle et finale et parfois les deux en même temps, la cause efficiente réduite à -

pousser, tirer- était laissée en dehors de la physique. A cette époque, il était question de maintenir l'ordre naturel et ceci dépendait uniquement des causes formelles. Par exemple les astres réalisent leur nature en tournant régulièrement et éternellement.

Durant le 17^{ième} – 18^{ième} siècle, le type d'explication basée sur des tautologies sans valeur démonstrative apparaît insuffisante. Galilée et Kepler expliquaient la cause formelle par de simples régularités mathématiques. D'ailleurs les seules formes admissibles étaient les formes et les positions de particules. Guha argumente: 'Dans le contexte intellectuel de l'époque, dominé par la conception cartésienne de la physique, les seules explications causales acceptables des phénomènes naturels devaient recourir exclusivement à des mécanismes faits de mouvements et contacts entre corps matériels' [Guha, A, 2007].

Tout changement (position de couleur ou de température) devaient être expliqué comme résultat d'un impact. Par exemple, Descartes expliquait le poids d'un corps comme résultant d'un impact. Newton (1642-1727) a écrit qu'il y a proportionnalité entre la force motrice (la cause) et les changements du mouvement (l'effet). Il fut attaqué pour son explication non standard (cause formelle) de la gravitation. La théorie de la gravitation n'était pas admise parce qu'elle n'était pas tenue pour une explication causale des phénomènes qu'elle permettait pourtant de prédire. ' Les lois de la gravitation sont un principe mathématique qui permet de rendre compte des mouvements célestes de façon plus simple que les théories cartésiennes des tourbillons... Il aura fallu plus d'un siècle pour que ces lois, dont l'exactitude opérationnelle était indiscutable, soient finalement tenues pour des explications causales. Aussi surprenant que cela puisse sembler aujourd'hui, aucun savant contemporain de Newton ne jugeait intelligible le principe de la gravité' [Guha, A, 2007].

Durant tout le 18^{ième} siècle, l'électricité, le magnétisme, l'étude de la chaleur était expliquée par la cause efficiente.

Durant le 19^{ième} siècle les mathématiques ont envahi le domaine de la physique et l'explication des phénomènes dépendait de leurs formes appropriées et de la dérivation de leurs conséquences. Par exemple un phénomène pouvait être expliqué par une équation différentielle (forme) dans des conditions spécifiques du phénomène en question.

Le 20^{ième} siècle a vu le déclin et même l'expulsion de la notion de causalité dans les écrits scientifiques des physiciens malgré son utilisation de leur langage courant. JB Grice : 'le terme cause apparaît en premier lieu dans le vocabulaire métaphysique et non scientifique du physicien'.

Les physiciens ne parlent que rarement des causes, il n'observe que des lois même s'ils cherchent à les expliquer causalement. Bien souvent la recherche de l'explication causale conduit à la découverte de ces lois.

Le développement de la science a permis l'explication des phénomènes physiques de plus en plus raffinée. Ainsi Seuls les phénomènes et non les explications qui sont clarifiés !

Au 20^{ième} siècle, il reste quelques exceptions d'explication causales par exemple les phénomènes qui ne sont pas conformes aux explications de la physique actuelle. Ceux-ci sont expliqués en isolant l'anomalie [Kuhn, Th. S, 1971].

La physique classique a utilisé le principe de causalité. Les causes sont les forces et le changement du système l'effet. Dans toutes les théories de la physique il est établi une cause doit précéder l'effet et c'est le principe de causalité qui est une des contraintes « réalistes » imposées à toute théorie mathématiquement cohérente afin qu'elle soit physiquement admissible. Si un phénomène (nommé cause) produit un autre phénomène (nommé effet), alors l'effet ne peut précéder la cause. Ce principe n'a pas été mis en défaut par l'expérience même dans la physique quantique.

En conclusion, parmi les quatre causes définies par Aristote, la cause matérielle semble avoir quitté le champ de l'explication à celui de la description. Les trois autres causes gardent leur statut. Le mode d'explication en physique avait évolué vers l'explication formelle. Le sens commun privilégie la cause efficiente et la cause finale. Il semble qu'au plan psychologique du moins, le tournant cartésien est définitif : une explication n'est satisfaisante que si elle est comprise comme l'action d'une cause efficiente. Par exemple la gravité est d'être une relation mathématique en physique et son statut psychologique est celui d'une entité agissant sur d'autres [Guha, A, 2007].

7. Causalité psychologie et sciences cognitives :

La psychologie en tant que science naturelle s'est emparée de la causalité. C'est dans la seconde moitié du 19^{ième} siècle, époque de la naissance de la psychologie scientifique, que la nature de la causalité en relation avec les événements mentaux et d'une manière générale la nature de l'interaction entre l'esprit et le corps ou entre les événements mentaux et les événements physiques a vu le jour. Dans la perception de la causalité [Michotte, A., 1953] considère que « certains événements physiques donnent une impression immédiate de causalité ». Cette impression ou perception est directe, indécomposable. Michotte affirme que

le monde phénoménal n'est pas une juxtaposition de « pièces détachées ». C'est les relations fonctionnelles qui « donnent leur signification aux choses qui nous entourent, car c'est en constatant ce que les choses font qu'on apprend ce qu'elles sont ». Ainsi c'est par les actions des éléments ou sur eux qu'on apprend... Michotte illustre cette distinction entre les relations causales et les relations fonctionnelles par l'exemple d'un enfant, pour qui un chapeau sera longtemps un objet « qu'on place sur sa tête » (relation fonctionnelle), sans songer à son rôle de protection (relation causale) [Michotte, A., 1953].

La causalité est une notion centrale dans la représentation de l'action et qui gouverne le comportement observé chez de nombreuses espèces. La causalité lie les éventualités et prédit les conséquences des actions. C'est l'origine des comportements qui permettent aux animaux, et notamment aux êtres humains, d'agir sur leur environnement et de le modifier. Le comportement peut être l'indice d'un raisonnement causal chez les animaux. De plus la causalité est aussi la base cognitive de l'acquisition et de l'usage des catégories et des concepts chez l'enfant. Piaget montre la convergence entre la psychogenèse des opérations mentales chez l'enfant et celle des explications causales : la causalité « apparaît donc à son tour comme un système d'opérations, mais attribuées aux objets, c'est-à-dire situées dans le réel et tendant à exprimer ce que produisent ces objets lorsqu'ils agissent les uns sur les autres en se comportant en tant qu'opérateurs » [Guha, A, 2007].

Les travaux de Jean Piaget sur les notions d'espace, de vitesse, de temps ou de la réalité chez l'enfant ont montré de frappantes parallèles avec les hommes de sciences (par exemple les sciences physiques) d'époques précédentes. La causalité chez l'enfant a été étudiée en psychologie dont voici une définition [Kuhn, Th. S, 1971].

1. Définition de la causalité par Piaget

Cette notion a envahie tous les domaines et a des composantes logique, linguistique et psychologique.

Piaget a insisté en présentant la causalité sous deux aspects :

- un concept cause au sens restreint lié à la notion d'agent actif proche de la cause efficiente d'Aristote et
- un concept cause au sens large lié à la notion d'explication causale.

Décrire les causes ou la cause d'un événement c'est expliquer le pourquoi de l'évènement. Les deux sens du concept de cause peuvent s'interférer. Le concept large fournit des

explications causales avec un agent et un patient. Certains phénomènes sont décrits sans événement antérieur et aucun agent actif ne ressort comme cause car donnée avec des artefacts linguistiques.

Décrire la causalité dans une structure logique ne la définit pas. Une structure déductive peut être une condition nécessaire mais non suffisante pour l'adéquation d'une explication causale car elle ne met pas fin à une régression de questions causales [Kuhn, Th. S, 1971].

Il est notoirement difficile d'avoir une théorie de la causalité rigoureuse et fournir une définition puisque chaque aspect de la causation a reçu la discussion substantielle. De toutes ces études, nous percevons que la causalité existe et sa compréhension passe par ses caractéristiques. Dans ce qui suit nous présentons son expression en linguistique à travers le langage naturel : la langue française.

8. Causalité et linguistique :

La causalité et le raisonnement ont un lien avec le langage naturel. D'ailleurs elle s'exprime par des mots du langage naturel. Les langues naturelles ont différentes ressources linguistiques pour exprimer la causalité telles que les constructions syntaxiques, les ressources lexicales (lexique verbal) [Moeschler, J., 2003]. Linguistiquement et dans le cadre du (TALN), la causalité a été étudiée dans plusieurs langues telles que l'anglais par exemple [Girju. R., 2002], [Girju. R., 2003], [Wolf, P., 2003], le français [Nazarenko, A., 2000]. A notre connaissance, ce concept n'a pas fait l'objet d'études dans le cadre du TALN de la langue Arabe. Les études linguistiques de la causalité dans la L.A. sont éparses à côté d'autres notions grammaticales ou théologiques. Nous donnons un aperçu de la causalité en tant que concept linguistique présenté par [Nazarenko, A., 1993]. [Nazarenko, A., 2000] dans le but de l'étudier dans la langue arabe .

9. Causalité dans la langue française :

La notion de cause est présente dans les grammaires de la langue française sous l'angle de la description syntaxique. En effet, la cause est une catégorie présente dans la plupart des grammaires qui l'étudie dans les propositions de subordination introduites par les conjonctions, « parce que, puisque, c'est parce que, c'est que, comme », les propositions « à cause de, grâce à, faute à, par suite de, voir », par des « locutions adverbiales : c'est pourquoi, d'où, ainsi, d'ailleurs ». L'expression de la cause dans les textes de la langue française

présente un contraste entre la rareté des marques linguistiques de la causalité et l'omniprésence de l'information causale.

Réduire l'expression de la cause comme le font les grammaires aux compléments circonstanciels de la cause « subordonnées ou groupe nominaux et à quelques marqueurs causaux, « parce que, puisque, car, à cause de... » ne rend pas compte de la causalité qui s'exprime par des moyens très diverses, d'infinis variations stylistiques et indirectement par d'autres relations. Du point de vue linguistique, les causes peuvent être de nature très variée et emprunte des sentiers très diverses qui peuvent être de quatre ordre : les connecteurs causaux, les tournures syntaxiques, le lexique de la cause et l'interprétation causale.

9.1. Les connecteurs causaux :

Les connecteurs causaux sont des mots de liaison qui assurent l'enchaînement des propositions ou des phrases. Au sens strict, il s'agit de conjonctions ou de locutions conjonctives de coordination ou de subordination « parce que, puisque, car ». On attache à cette classe de connecteurs un ensemble d'adverbes « en effet, effectivement, par conséquent, c'est pourquoi, d'où... » qui peuvent être considérés comme des connecteurs ainsi que dans une large mesure « à cause de, notamment ». On peut nuancer « parce que » par certaines locutions en introduisant un substantif « Pour cette raison que, pour ce motif que, du fait que », de même pour « à cause de » en introduisant un substantif complété par un groupe prépositionnel en de : « sans peine de, en raison de, en vertu de, par suite de... »

Propriétés des connecteurs causaux

Afin de comprendre la causalité, nous citons les propriétés des connecteurs « parce que, puisque, car et en effet ».

1. « **Parce que** » est le marqueur causal excellence. Il est avec 'à cause de' un connecteur fondamental de l'expression de la cause. Ils introduisent toujours prioritairement la cause.

« P_2 **parce que** P_1 » ou « P_2 **à cause de** N_1 , P_1 et N_1 sont des causes de P_2 »

1. « **Parce que** et **à cause de** » sont des connecteurs causaux polyvalents ils peuvent se substituer aux locutions « grâce à, du fait de ou en raison de » (l'inverse n'est pas vrai).

- « **Parce que** » introduit la très grande majorité des réponses aux questions « pourquoi » (ce connecteur constitue une réponse à elle seule lorsqu'une réponse est éludée).

Q : Pourquoi dis tu cela ? Rép. Parce que (Parce que ne peut pas être une réponse à une situation)

- « **Parce que** et **à cause de** » sont des connecteurs actualisants. Cette propriété est explicite dans la composition lexicale « du fait que variante de parce que ». La cause est considérée comme actuelle et réalisée.

Parler d'un fait F_1 revient à mettre en évidence un autre fait F_2 qui a joué un rôle déterminant dans la réalisation de F_1 .

F_1 (le prince est ruiné) parce que F_2 (son père a pris de gros risques)

2. « **Puisque** » introduit une cause de l'énonciation. Il est souvent employé pour justifier ou commenter l'emploi d'un mot ou d'une expression.

- « Puisque » véhicule souvent l'idée de preuve. C'est même un marqueur privilégié de la démonstration mathématique.

-Puisque x appartient à un groupe $(G, *)$ il existe x' tel que $x * x' = e$;

-Puisque certains sont là depuis vingt ans, s'ils avaient été maltraités, cela se saurait. Autrement dit : s'ils avaient été maltraités, cela se saurait, puisque certains sont là depuis vingt ans.

- « **Puisque** » est plus sémantique que syntaxique. Puisque est un connecteur argumentatif. Un énoncé en principe peut être appréhendé de deux points de vue : on peut s'intéresser au contenu de l'énoncé (le « dit ») ou considéré cet énoncé comme un acte d'énonciation (le « dire »). La référence à l'énonciation explique certains effets de sens et certains des caractéristiques sémantiques de « puisque, telle que » par le commentaire métalinguistique, l'idée de preuve et la réversibilité de certains énoncés.

- « **Puisque** » fonctionne comme marqueur d'acte de parole. Il est dissymétrique, l'un est considéré ce qui est « dit » et l'autre est à prendre comme une énonciation comme un « dire ». « donc, car, en effet, de fait... » partagent cette propriété.

3. « **Car** » est considéré comme une conjonction de coordination. Il est employé comme, « pourquoi, pour quelle raison, c'est pourquoi. ». « Car » est surtout employé comme « parce que ». D'un point de vue de la causalité « car » introduit une cause de l'énonciation du fait qui précède et non de ce qui est fait. « Car » figure parmi la liste des conjonctions de coordination « mais où et donc or ni car ».

« Comme » a des fonctions d’adverbe et de conjonctions de subordination.

4. « **Comme** » est employé « comme quoi » pour marquer l’inférence « donc et par conséquent » pourrait être substitué « à comme quo »ⁱ.

- « **Comme** » marque, la coïncidence temporelle, la comparaison ou la causalité qui se combinent.

5. « **En effet, effectivement** » a une valeur de constat factuel (au sens réellement dans les faits). Il est utilisé dans les dialogues ou à des fins argumentatives.

- « **En effet** » fonctionne comme une location adverbiale. Il joue le rôle de liaison entre deux éléments de la phrase. « De fait, et effectivement » peuvent être considérés comme deux variants de « en effet ».

- « En effet, effectivement, de fait » fonctionne comme des connecteurs argumentatifs : ils avancent un fait pour justifier ce fait qui précède. Ils introduisent « comme, puisque ou car » : la cause d’une énonciation.

Ces connecteurs sont employés dans des phrases causales. Ces constructions sont reliées aux connecteurs et relations qui expriment la cause. Les connecteurs constituent le moyen privilégié de la langue pour exprimer des relations logiques notamment le lien de cause à effet. L’étude linguistique des connecteurs¹ de la cause peut cerner les spécificités d’emploi et les principales propriétés de l’expression de la cause de chacun d’eux dans les phrases ou propositions du point de vue syntaxique.

9.2. Les tournures syntaxiques :

La relation de cause à effet peut se traduire par des constructions variées. En français, la forme syntaxique la plus classique de la cause est sans conteste la subordination. Elle est à la fois polyvalente et explicite et peut s’exprimer (P₁ et P₂ deux propositions) sous la forme :

P₁ parce que P₂.

Même s’il est parfois difficile de différencier un énoncé causal d’un énoncé non causal, les coordinations, les juxtapositions des propositions, les connecteurs causaux traduisent un rapport de cause à effet, de même que les participiales, les infinitives, les relatives ont souvent une valeur causale. La subordination, coordination et juxtaposition sont les trois grands modes

¹ Pour plus d’information se référer à [Nazarenko, A., 2000]

de construction de la cause. Le fait cause est exprimé selon le cas, par une proposition circonstancielle, une complétive, une relative, une participiale et des infinitifs propositionnels et qui expriment la cause par une relation de juxtaposition. La diversité de ces structures permet de varier les formes de l'expression de la cause.

Pour cerner la causalité, nous donnons certaines notions :

9.2.1. La subordination

L'expression prototype des relations de cause à effet repose sur la subordination qui peut être de différents types.

a. **Les circonstanciels** peuvent être temporelles, conditionnelles, causales, consécutives, concessives, finales et comparatives et se juxtaposer aussi. Les locuteurs décrivent un fait en indiquant les circonstances qui l'accompagnent sans nécessairement éprouver le besoin de précision et en contexte interprétation ne pose généralement pas de difficulté.

b. **La juxtaposition** (expression implicite de la cause)

La juxtaposition consiste en la composition de deux propositions sans élément révélateur. Seule la ponctuation (la virgule, un point virgule, deux points) marquent la séparation entre les éléments juxtaposés.

- Plus c'est simple, plus c'est symbolique. (Qui s'interprète : c'est symbolique parce que c'est simple)

c. **La coordination expression de la cause**

La coordination est le troisième mode de combinaison des propositions. Elle s'apparente à la subordination dans la mesure où le lien entre les deux propositions est explicité par un connecteur mais peut s'apparenter à la juxtaposition. Les conjonctions de coordination classiques sont « ou et donc or ni car », les adverbes et les locutions adverbiales « aussi, en effet, finalement, en conclusion... » et les adverbes de liaison peuvent se combiner avec une conjonction « et par conséquent, aussi...en effet ».

d. **Mobilité des propositions et structures thématiques des énoncés**

Dans les énoncés construits avec « parce que et à cause de », l'ordre de présentation est libre.

-On écoute l'instituteur parce qu'il a fait des études.

-Parce qu'il a fait des études, on écoute l'instituteur.

- La proposition introduite par « car » ne peut pas être antéposée. La proposition causale ne peut être antéposée à la proposition effet.
- « Puisque » se rapproche de « parce que ». La subordonnée introduite par « puisque » est mobile et peut être antéposée ou postposée à la proposition principale.

9.2.2. Formes syntaxiques

Certains complétives peuvent s'interpréter causalement tels que des complétives se rattachant à des verbes décrivant un état. Des verbes comme être étonné, ravi, surpris enchanté se construisent avec des complétives « en que, en ce que »

Les complétives causales sont globalement trop peu fréquentes pour représenter réellement un mode d'expression de la causalité, leur valeur causale est en fait liée au verbe de la principale.

9.2.3. Participes gérondifs et infinitifs

Les formes impersonnelles du *verbe* peuvent exprimer la cause comme élément central d'une proposition à valeur causale soit comme tête d'un complément circonstanciel. Une proposition participiale se définit comme une proposition dont le *verbe* est un participe et dont le sujet est exprimé. Si le sujet n'est pas exprimé on dit qu'il est *apposé* au sujet. On a un autre élément de la principale, appelé participe apposé. Les participiales et participes apposés ont fréquemment une valeur causale.

9.2.4. Groupes prépositionnels à tête verbale

Ce sont des gérondifs (forme verbale introduite par « en » suivie d'un participe) ou des infinitifs compléments (infinitifs introduits par une préposition).

-'En se présentant comme leader, il a ligué tout le monde contre lui'.

La préposition « de » introduit un infinitif à valeur causale. « Etre satisfait de, être étonné de... » ainsi que les locutions « à force de, l'habitude de, sous prétexte de, faute de, introduisent l'idée de cause ».

9.2.5. Groupes nominaux

Les groupes nominaux comme compléments circonstanciels tel que le complément de cause peut être introduit par différente préposition ou locutions prépositionnelles dont la valeur spécifique dépend des unités lexicales qui les composent.

La préposition classique de causalité est « à cause de » de même que les infinitifs causaux « pour, de, faute de, pour cause de ». Le français de par ces outils grammaticaux de cause (connecteurs et structures syntaxiques) n'a pas de moyen de distinguer un énoncé causal d'un énoncé non causal car ces connecteurs peuvent traduire une relation neutre. C'est le lexique et la voix qui permettent de caractériser la nature du lien causale qui unit deux faits.

L'information causale se présente sous forme explicite et implicite (sans marque de causalité). En effet, on peut interpréter certaines relations causalement et qui ne sont pas à priori causales. En plus, la causalité est liée à de nombreuses relations qui véhiculent elles-mêmes l'idée de cause. La causalité en langue française a de multiple nuance qui s'exprime à travers le lexique et la diathèse.

9.3. Le lexique de la cause

Le lexique de par sa richesse et possibilités de création est un moyen privilégié pour exprimer les différents types de causes. D'ailleurs c'est sur le lexique que repose la richesse sémantique :

- des locutions « à cause de, en raison de, grâce à ; faute de, à défaut de, du fait que, au motif que, sous prétexte que, en effet, de ce fait ... » et
- des classes¹ qui sont composées par les substantifs, les adjectifs et leurs correspondants adverbiaux (nom verbal, participe actif, participe passif). Ces classe sont complémentaires, un substantif ayant des correspondants en adjectif et verbe, les participes employés comme adjectif et les locutions verbales venant à remplacer des adjectif ou les verbes manquant /incitation /inciter /incité/ , /responsabilité /responsable /être responsable de /... . Ces correspondants reposant le plus souvent sur des phénomènes de dérivation et des paraphrases morpho-syntaxique qui permettent des variations stylistiques autour d'une même « notion causale » Dans l'inventaire proposé par [Nazarenko, A., 2000], il est considéré un seul élément de la forme origine des séries dérivationnelles.

¹ C'est avec cette idée que nous construisons notre ontologie.

Il est à remarqué que le lexique ‘causal’ comporte une part importante d’arbitraire. Les unités lexicales laissent une large part à la créativité du locuteur et il est difficile de cerner la part d’interprétation qui relève de la subjectivité et du contexte. Il est important de signaler que s’il est possible en langue française de caractériser les conditions d’emploi des connecteurs et des constructions syntaxiques, il est difficile de distinguer un énoncé causal d’un énoncé non causal. La réponse à la question pourquoi peut aider à une interprétation qui relève de la subjectivité et du contexte. Nous donnons le lexique, nominal (substantif), verbal (verbes), adjectival et adverbes.

9.3.1 Substantif

Les substantifs très nombreux entrent dans l’expression de la cause. La distinction des substantifs se fait selon trois axes principaux :

- Le premier axe concerne la nature même de la cause. À côté du mot « cause » (mettre en cause, défendre une cause, prendre fait et cause...) on trouve le mot « raison » (pour quelle raison, pourquoi) employé comme substantif qui désigne généralement un ensemble de causes, « motif » (motivation, mobile) et aussi « prétexte » (sous prétexte de, que, au prétexte de).
- Le second correspond au rôle du « fait » considéré comme cause dans l’avènement ou réalisation de l’effet et décrit le processus de causation. Les substantifs permettent de caractériser le rôle spécifique d’une cause dans la réalisation de l’effet (incitation, stimulation, initialisation, renforcement, ...). La plupart sont construits sur des bases verbales. De même les substantifs rôle (et facteur représentant des termes génériques). Les substantifs « origine » est assez fourni sémantiquement avec « impulsion, départ, part de départ, naissance,... » Il peut servir l’expression de la cause et désigner dans ce cas une cause première.
- Le troisième axe, la cause est considérée sous l’angle de l’intelligibilité. Certains raisonnements reposent sur les notions de la cause. Cet axe est celui du raisonnement causal. La notion de raisonnement dépasse la seule idée de cause mais certaines formes de raisonnement s’appuient sur des relations de cause à effet. Les termes d’explication et de justification ont ainsi une place importante dans l’expression de la cause. L’explication peut être définie schématiquement comme la présentation d’une liste ou d’un enchaînement de cause. Expliquer consiste à dire comment un fait s’est produit, justifier c’est établir la réalité,

la vérité ou la justesse de quelque chose (un acte ou une parole). Il est à remarquer que la justification n'est pas toujours causale.

9.3.2 Adjectifs et adverbes

- Le vocabulaire adjectival est peu fourni et moins spécifique que celui des noms. L'adjectif causal lui-même est très peu employé. Hormis les adjectifs construits sur les verbes « incitatifs, générateurs... ». L'expression adjectifs de la cause est généralement indirecte. Elle passe souvent par la notion de responsabilité « à cause de, responsable, coupable fautif » ou par de attributs de cause.

- Il existe des correspondants adverbiaux pour la plupart de ces adjectifs. Les adverbes traduisent de manière privilégiée la manière dont le causateur intervient dans les processus causals (délibérément, intentionnellement, involontairement, nécessairement, de manière efficace avec efficacité, malgré soi, sciemment, consciemment.)

Il est noté que le vocabulaire nominal et adjectival est nettement moins riche le vocabulaire verbal¹.

9.3.3 Verbes

Le lexique verbal permet de décrire l'enchaînement des faits et des événements. Le verbe n'est pas causal en tant que tel. En français, il est impossible de construire l'interprétation sur le verbe seul, elle dépend de ses arguments². L'expression de la cause passe cependant sûrement par le lexique verbal qui est notablement plus riche que le lexique adjectival, adverbial et nominal. Une relation de cause à effet comporte trois aspects : la cause, l'effet et le processus (causation) par lequel la cause produit l'effet. Les verbes peuvent être décrits selon trois aspects :

- Certains verbes mettent l'accent sur le processus de causation : « causer, provoquer, inciter, influencer, occasionner ... »

- D'autres caractérisent l'effet qui est produit : « augmenter, renforcer, créer, annuler, ... »

¹ De même pour la langue arabe

² En langue arabe, il existe des tournures qui utilisent le verbe sans ses arguments.

- Le rôle des faits cause qui occupe souvent la position du sujet n'est généralement pas décrit par le lexème verbal mais par la voix (la diathèse) ou participation actancielle qui est à la frontière entre la syntaxe et la sémantique lexicale la catégorie de la voix est reconnue pour véhiculer indirectement des informations causales. La voix décrit la manière dont les actants participent au procès décrit par le verbe.

- Les verbes qui caractérisent la relation de cause à effet et qui véhiculent l'information causale sont nombreux et fréquents dans les textes. Ils peuvent se classer selon différents critères.

- L'orientation ou la visée : Certains verbes présentent l'effet à partir de la cause « causer, entraîner, provoquer » et d'autres plus rares : l'effet est position sujet et aller de l'effet à la cause « avoir pour cause, parvenir de, être dû à ».

- Le degré de causalité : selon le verbe employé, la relation causale est présentée comme pleine et entière « causer, entraîner, conduire à, déterminer » partielle « influencer, contribuer à, favoriser, intervenir dans, pousser à, aider à, participer à » ou tenue « être lié à, dépendre de, conditionner, être impliquer dans ».

- La valeur des relations causales positives « causer, générer, encourager » et des relations négatives « empêcher, gêner »

- Le rapport temporel entre la cause et l'effet : Certains verbes expriment le fait que les causes interviennent tôt dans la production de l'effet « susciter, faire naître, être à l'origine de », d'autres indiquent que l'effet prolonge la cause « aboutir à ».

- Le vocabulaire verbal repose sur différentes métaphores celle de la naissance « faire naître, engendrer, générer, être le fait de, être le père de », celle de l'eau « découler, émerger de, prendre sa source dans », celle du cheminement « conduire à, entraîner, amener à, déboucher sur, provenir de ».

- De nombreux verbes, sans être directement causaux, traduisent néanmoins une idée de causalité parce qu'ils décrivent l'effet produisant une situation, un acte ou un événement sur une autre situation, sur un acte ou événement.

- Le classement de verbes peut se faire selon l'effet produit. Sans être directement causaux, certains verbes traduisent néanmoins une idée de causalité parce qu'ils décrivent l'effet que produit une situation, un acte ou un événement sur une autre situation, ou simplement acte ou événement.

- Les variations quantitatives qui peuvent être graduées en absolues, l'augmentation « accroître, renforcer », diminution « réduire, amoindrir », l'apparition « créer, fonder, engendrer, faire, apparaître », disparition « annuler, supprimer ».

- Les variations qualitatives « améliorer, arranger, détériorer, agrandir, diminuer, limiter, accréditer, confirmer, assurer ». On peut allonger la liste des verbes par les périphrases à verbes supports « renforcer GN (groupe nominal), rendre GN plus fort, faire que GN soit plus fort, augmenter la force de GN... ».

- Les verbes causatifs mettent en relief le rôle de causateur du sujet (plus facile à mettre en évidence quand les résultats du procès peuvent être lexicalisés. Certains verbes comme : « tuer / mourir », « montrer/ voir », « donner/avoir », « vendre/acheter ». Entre dans le schéma $v_1 = \text{cause } v_2$. On dit que le verbe v_1 est le causatif ou le factitif du verbe v_2 . La causativité s'exprime sous des formes différentes. Le causatif peut correspondre à des lexèmes spécifiques comme « donner/avoir », « infliger, subir » mais il peut être obtenu par *dérivation* les adjectifs et noms par exemple « intensifier, rendre plus intense »¹ « démoraliser, faire baisser le moral ». La causalité s'exprime également en périphrase. Une tournure causative permet d'augmenter les valeurs d'un verbe pour faire apparaître un rôle sémantique du causateur au procès distinct de l'agent ou du site : 'tuer est bivalent', « mourir est le résultat de tuer, mourir correspond à l'objet et au site de tuer, ce qui laisse une place pour le causateur ».

- L'analyse des textes montre qu'une part importante de l'information causale s'exprime avec les verbes qui s'expliquent par le *souci de précision* des locuteurs que pour des raisons stylistiques.

- L'expression lexicale de la causalité est variée, légère et discrète, que l'utilisation de l'expression grammaticale.

Hors contexte, la valeur causale de chaque verbe² peut être discutée. Le verbe qui traduit un prédicat est en effet mieux apte à traduire une relation que le substantif et l'adjectif.

¹ Dans l'ontologie construite, les dérivations proviennent des verbes par des causatifs morphologiques ou la causalité est essentiellement lexicale comme en allemand.

² C'est cette idée qui est utilisée pour la formalisation de la causalité

9.4. La Causalité une relation linguistique

La cause entretient des liens étroits avec diverses autres relations conceptuelles. Certaines relations s'analysent elles-mêmes en termes causaux et expriment une relation de cause à effet telle que la conséquence, le but, la condition, le contrefactuel et le temporel.

- **La cause et la conséquence**

Poser un fait comme conséquence d'un autre fait présente de facto le second comme la cause du premier (cause et conséquence présente le même rapport logique mais de manière inversée). Dans les énoncés consécutifs, l'ordre des propositions est fixe. Les connecteurs de la causation partielle sont « c'est pourquoi, c'est la raison pour laquelle, si bien que, de se fait, aussi, donc, alors... ». Les derniers introduisent l'inférence. Certains connecteurs de la consécution peuvent marquer l'inférence c'est le cas de « donc, alors, aussi » qui sont les marqueurs prototypes de l'inférence. Pour inférer, on exploite souvent des relations de cause à effets partiels. L'inférence s'appuie sur des indices ou des faits connus pour déduire ou établir de nouveaux faits.

- Le but sert l'expression de la cause. La volonté, les désirs sont considérés comme moteurs d'action et peuvent être donnés comme causes de celle-ci. On répond fréquemment par le but pour une question causale.

- Les liens entre cause et condition sont complexes. Si la cause s'interprète naturellement comme condition l'inverse n'est pas toujours vrai. Si le fait F_1 est donné comme la cause du fait F_2 , il est naturel de voir une condition de la réalisation de F_2 . Pour que F_1 soit la cause de F_2 c'est identifier F_1 comme un facteur déterminant de la réalisation de F_2 .

- Le contrefactuel : les relations conditionnelles et causales diffèrent par leur statut d'hypothèse ou réel. Dire que F_1 est la cause de F_2 signifie que F_2 ne devait pas avoir lieu si F_1 ne se réalise pas. Ce qui revient à traduire l'énoncé causal par un énoncé contrefactuel de type « si non F_2 alors non F_1 »

- **Relations (temporelle, succession et corrélation)**

Si l'expression de la conséquence, du but de la concession et condition traduisent une information causale, les relations temporelles et corrélées entretiennent des liens étroits avec la causalité.

Une relation causale temporelle s'inscrit dans le temps et les situations ou événements qu'elles mettent en relation sont eux-mêmes des objets temporels. Le fait que les relations

causales soient inscrites dans le temps est souvent résumé par la formule : « les causes précèdent les effets ». La concordance des temps reflète souvent l'antériorité de la cause par rapport à son effet. Cette contrainte temporelle est tellement forte que les relations de succession se prêtent très facilement à des interprétations causales. De même que la coïncidence temporelle donne lieu à interprétation causale, ainsi que deux faits souvent corrélés suscitent une interprétation causale. La corrélation logique peut être interprétée comme cause : elle présente deux situations ou événements comme apparaissant ou variant l'un en fonction de l'autre. Les deux propositions sont coordonnées par « plus /moins..., d'autant, d'autant plus, d'autant que ».

-Plus on dépend de l'argent, moins on dépend en coût de construction

-La défaite est d'autant plus préoccupante quelle était prévisible.

Cette étude linguistique de la langue française a été à la base de notre étude en intelligence artificielle dans le but d'une modélisation de la causalité.

Nous présentons les études faites autour de la question de modélisation et formalisation de la causalité en présentant l'approche qui va être à la base de notre travail de recherche. La notion de cause liée à l'action a été mise en œuvre dans le cadre de la représentation des connaissances en Intelligence Artificielle. Le concept de la causalité a été utilisé avec des logiques non classiques non monotones et temporelles avec la normalité pour avoir une formalisation dans le but d'une implémentation dans les machines

10. Causalité dans l'intelligence artificielle :

Nous savons selon [Mokhtari, A., 1997] que « A cause B » n'est pas une vérité du monde. Elle est liée à un état de connaissances ou de croyances. Nous avons besoin de poser des causalités parce que l'inférence déductive (prédiction) ou abduction (explication, diagnostic) est une nécessité vital'. La causalité fait partie de la compréhension et de l'entendement humain. Kant (1724-1804) [Kant, E., 1963] a écrit critique de la raison pure : « le rôle de la compréhension est de présenter parmi les phénomènes une certaine unité pour les lier, les synthétiser grâce à certains concepts tels que le concept de la causalité ».

En effet la pensée logique ne pourrait pas se faire sans le principe de causalité qui est nécessaire pour l'organisation de « l'expérience » et du « savoir ». Les différentes logiques ont souvent été un formalisme pour représenter les connaissances.

10.1. Logiques

Les logiques classiques et modales ne peuvent représenter la causalité. Nous en donnons un aperçu.

10.1.1. Logiques propositionnelles

- L'énoncé «p cause q» ne peut être analysé par «si p alors q» où p et q sont respectivement la cause et l'effet dont la formalisation est « $p \supset q$ ». Cette formalisation par le connecteur \supset (l'implication matérielle) de la logique classique n'est pas adéquate. Mokhtari [Mokhtari, A., 1997] donne l'exemple de '2+2=4' est vraie alors ce formalisme permet d'accepter la phrase : « si la lune est un fromage vert alors 2+2=4 ».

- L'énoncé «p cause q» ne peut être analysé par cause (p, q) car la précédence n'est pas respectée qui est un principe de la causalité. Ni la temporalité, ni la monotonie n'apparaît dans ce formalisme. Ainsi les logiques classiques ne peuvent rendre compte de la causalité. Pour résoudre le problème lié à l'implication, il y a eu le développement des logiques modales.

10.1.2 Les logiques modales

Lewis a introduit un connecteur spécial symbolisé par \rightarrow pour représenter la notion de nécessité qu'il l'appela lui-même 'implication stricte'. Gödel 1933 analyse la notion d'implication stricte en terme de nécessité et d'implication matérielle en définissant $A \rightarrow B$ comme étant $\Box(A \supset B)$.

Les logiques modales¹ (extension de la logique classiques par deux opérateurs) ont tenté de contourner le problème en complétant la syntaxe des logiques classiques par une implication stricte notée $>$ et définie par deux opérateurs modaux (la nécessité \Box et la possibilité \Diamond) telles que $p > q = \Diamond \neg (A \wedge B)$.

Avec une dualité entre ces modalités $\neg \Box = \Diamond \neg$, des règles d'inférence et différents axiomes. Il y a eu création de plusieurs systèmes modaux. Pour la modélisation sémantique

¹ Lewis a introduit l'implication stricte en faisant remarquer n'importe quelle proposition fautive implique (matériellement, mais non nécessairement) toute proposition, quelle qu'elle soit.

dans les systèmes modaux, les mondes possibles de Kripke sont considérés. L'introduction du temps dans les logiques modales a donné les logiques modales temporelles.

Il y a d'autres types d'implications dont la logique modale constitue une source d'idée, parmi elle nous citons les deux notions suivantes :

- « L'implication pertinente » ou « relèvent entailment' notée $\rightarrow\rightarrow$ » contourne le problème de la valeur de l'implication matérielle. Cette dernière peut être nécessairement vraie sans que les prémisses le soient, de façon visible, en substance ou formellement, pertinentes à la conclusion. Cet opérateur proposé par [Andersan, A., 1975] a pour but d'exclure les déductions où figurent les hypothèses superflues.

- De même la logique du *contre-factuel proposée* par Lewis [Lewis, D., 1973] dans laquelle le symbole de l'implication contre-factuelle est représentée par $\Box\rightarrow$. On dira que l'événement e dépend causalement de l'événement e' si et seulement si :

$$(O(e)\Box\rightarrow O(e'))\wedge(\neg O(e)\Box\rightarrow\neg O(e'))$$

Où $O(e)$ représente le fait que l'événement e apparaît (occurre).

Ces logiques n'ont pu formaliser le concept de causalité. Néanmoins, il y a eu des approches de modélisation.

10.3. Approches de formalisation de la causalité

Ainsi plusieurs approches logiques en I.A. ont tenté de résoudre les problèmes posés par les logiques propositionnelles et du premier ordre. Comme nous nous intéressons à la théorie causale présentée par [Mokhtari, A., 1997], nous reprenons les bases de son étude qui ont servi à sa conception et son approche de la causalité. D'abord nous abordons les observations sur la causalité.

10.3.1 Quelques observations sur les relations causales :

1. Le concept de condition représenté par l'implication matérielle, ne peut à lui seul rendre compte de la causalité. *Une pluie torrentielle* peut être la cause *d'une inondation*, mais le fait «il n'y a pas d'inondation » peut être vu comme un effet, mais en aucun cas il ne peut être vu comme la cause de *l'absence de pluie* (alors dans l'application matérielle, si l'on admet $A\supset B$, on admet aussi la contraposée $\neg B\supset\neg A$). En plus, la relation causale est asymétrique.

2. Ajouter la précédence temporelle à la condition ne suffit pas non plus à rendre compte de la causalité. Dans ce cas, pouvons nous dire que la cause de la mort de monsieur X est le fait qu'il soit né quelques décennies auparavant ?

3. La perception de la causalité dépend des circonstances, du contexte (connaissances du monde, culture, croyances, etc...).

4. De manière générale, l'impossibilité matérielle de fournir à une machine toutes les connaissances possibles sur l'univers. Par exemple: si une allumette s'allume parce que nous l'avons frottée, la présence de matériaux inflammables, d'oxygène dans l'air, etc..., ont également leur rôle à jouer mais nous les omettons par esprit pratique et/ou par ignorance. Ce problème est connu sous le nom '*frame problem*'¹ qui est lié à la capacité de raisonner sur les actions et leurs effets dans le monde :

- La difficulté d'indiquer et de stocker explicitement *toutes les choses qui doivent changer* quand des actions sont effectuées et que *le temps passe* (appelé 'problème de ramification' et

- La difficulté du nombre de *préconditions*² pour chacune des actions qui peuvent être démesuré appelé problème de *qualification*. Le problème se pose surtout avec des informations partielles. Les conclusions de l'inférence peuvent être rétractées appelée '*defeasible inférence*' qui est typiquement non monotone. Par exemple supposons qu'une balle est en train de rouler dans une certaine direction, nous inférons qu'elle continuera à le faire (*persistance*) mais si nous ajoutons le fait qu'il y ait une autre balle qui se dirige vers cette balle nous changeons notre prédiction. C'est pourquoi les logiques classiques ne peuvent rendre compte ce type de raisonnement. En plus, toutes ces questions sont liées à la causalité.

D'où la nécessité d'un raisonnement non monotone lié au temps et l'intérêt des logiques non monotones temporelles.

¹ Le 'frame problem' identifié en premier par McCarthy [McCarthy, J., 1979] cité dans de [Mokhtari, A. 1997].

² Une illustration de problème de qualification : pour que le moteur puisse démarrer est d'avoir la clé de contact mais il y a aussi plusieurs autres conditions. Par exemple, que la batterie soit connectée, que le contact soit en bon état, et qu'il ne peut y avoir une pomme de terre dans le carburateur!...etc, par conséquent il serait difficile de vérifier en pratique toutes les qualifications à chaque fois que nous voulons utiliser la voiture.

10.3.2. Logiques non monotones temporelles

Les êtres humains ont la faculté d'élaborer des raisonnements judicieux en présence des informations qui sont incomplètes et évolutives. Comment raisonner efficacement sur des informations vraies en tenant compte du temps ? Nous donnons les notions des logiques temporelles et non monotones telles abordées dans de [Mokhtari, A. 1997].

10.3.2.1. Logique temporelles

La représentation du temps est très important en I.A. et joue un rôle crucial dans le raisonnement causal. Pour la représentation de la causalité, il y a lieu de définir les objets temporels primitifs (point ou intervalle), les relations entre ces objets (une relation triviale est la précédence) ainsi que les propriétés que doivent satisfaire la ou les relations. Dans [Mokhtari.A., 1997], il a été examiné principalement deux approches : logiques réifiées et logique modale des intervalles.

Nous présentons l'ontologie temporelle selon J.F.Allen [Allen, J., 1984] et ontologie temporelle selon D.Mc.Dermott [McDermott, D.V., 1980], [McDermott, D.V., 1982a].

10.3.2.1.1. Ontologie temporelle selon J.F.Allen

J.F.Allen [Allen, J., 1984] a développé une logique temporelle dans laquelle les intervalles de temps sont les seuls objets primitifs de son ontologie. Ils considèrent les événements notés 'Occurs', les processus et les actions. Il définit une propriété 'Hold' qui est vraie sur tout intervalle qui la contienne. A partir de ces entités, il définit la causalité, l'action et la planification. Le reproche fait à J.Allen est de ne pas avoir donné de justification aux choix des axiomes et une sémantique claire à sa logique.

10.3.2.1.2. Ontologie temporelle selon D.Mc.Dermott

D.Mc.Dermott utilise des instants et des intervalles. Il considère une structure arborescente d'états et la structure elle-même est isomorphe à la droite réelle et définit les entités temporelles primitives (fait, événement, causalité).

D.Mc.Dermott a proposé une formalisation de la causalité, de l'action et de la planification. Il a défini la causalité sur la base d'une simple succession d'événement qui s'est avérée insuffisante. D'ailleurs D.Mc.Dermott a fait remarquer les problèmes de cette approche en considérant l'exemple : « en s'éloignant de la direction du soleil, l'arrivée

de l'ombre a suivie de l'arrivée de 'a' ne signifie pas que l'arrivée de l'ombre 'a' cause l'arrivée de 'a' ».

10.3.2.2. Logique modale des intervalles

Les éléments primitifs sont les instants, les intervalles, les relations. A chaque intervalle on associe une assertion. Dans la logique des intervalles, il y a en addition des relations telles que 'chevauche', 'pendant', 'commence, termine', etc.

Dans la logique modale des instants, les relations entre les points distincts sont les relations 'après' et son inverse 'avant'.

Les formules bien formées sont celles du calcul propositionnel augmenté de plusieurs opérateurs modaux exprimant des relations entre deux intervalles distincts.

Le raisonnement temporel est lié au raisonnement non monotone. Les logiques non monotones ont été conçues : 'comment faire raisonner efficacement sur des informations pendant un certain temps'.

Nous rappelons les propriétés qui caractérisent les logiques non monotones et les développements dans le raisonnement non monotone comme les logiques modales non monotones de McDermott [McDermott, D.V., 1980], [McDermott, D.V.,1982a], également l'approche proposée par Shoam sur les modèles préférés [Shoam , Y., 1988] évoqués dans [Mokhtari, A.,1997],

10.3.3. Logiques non monotones

Les logiques classiques ne peuvent pas formaliser un raisonnement approximatif, incomplet et révisable. C'est un raisonnement commun de tous les jours des êtres humains et a les caractéristiques du raisonnement causal. Simuler ce raisonnement par les machines revient d'abord à résoudre le 'frame problème' i.e. les problèmes de *persistance*, de *qualification* et de *temps* liés au raisonnement non monotone. Les logiques non monotones sont posées comme être une solution de formalisation.

10.3.3.1. Propriétés des logiques non-monotones

Le raisonnement humain est non monotone car il se prête à des révisions. Le raisonnement non monotone est un processus d'inférence basé sur des informations partielles ou de véracité incertaine et dont les conclusions peuvent être rétractées avec l'ajout de nouvelles

informations. Les logiques non-monotones se proposent de modéliser le raisonnement révisable. Le raisonnement non monotone est traditionnellement formalisé de façon symbolique avec la logique non monotone [Lavoie, B. 2007]. Cette dernière est une logique formelle dont la relation de conséquence (l'implication) est non monotone. En plus, une formule qui est un théorème dans une théorie formelle ne reste pas nécessairement un théorème lorsque cette théorie est augmentée. L'ajout de nouveaux axiomes peut supprimer des théorèmes et avec l'accroissement de nouvelles prémisses l'ensemble des conclusions ne croît pas de façon monotone. Les croyances précédentes peuvent changer (voir être éliminées). Un système non-monotone doit contenir des règles d'inférence révisable qui permettent de vérifier, avant inférence, qu'une assertion est consistante avec l'ensemble de prémisses existantes.

- La syntaxique de ce système d'inférence nécessite d'affaiblir les propriétés des systèmes déductifs de la logique classique.
- Pour la sémantique il y a lieu de définir une relation d'inférence permettant d'avoir des conclusions qui ne sont pas vérifiées dans tous les modèles des prémisses.

Comme solution, différentes logiques (logiques modales non monotones, logiques non monotone de McDermott, logique de circonscription, logiques préférentielles ect.)¹ qui satisfont les caractéristiques de la non monotonie ont vu le jour.

Nous nous intéressons à la logique qui accompagne la théorie causale de [Mokhtari, A., 1997], et qui est reprise au chapitre cinq dans le cadre d'une l'application à langue arabe.

11. Conclusion

Nous avons montré que la causalité est une notion compréhensible mais difficile à définir. Les dictionnaires ne nous avancent pas, ni les études philosophiques ni psychologique. Même les études physiques utilisent la causalité sans la définir. La compréhension de la causalité peut être comprise par ses caractéristiques. Revenir au langage dans laquelle elle s'exprime est une approche intéressante. Les langues naturelles ont différentes ressources linguistiques pour exprimer la causalité telles que les constructions syntaxiques, les ressources lexicales (nom, adjectif, adverbe et verbe) etc. Des études linguistiques notamment en langue française [Nazarenko, A., 1992] et [Nazarenko, A., 2000], ont montré que la causalité dans cette langue, à part quelques marqueurs, la causalité s'exprimait à travers le lexique et que le

¹ Pour plus d'information se référer à [Mokhtari, A., 1997]

locuteur avait grâce au lexique une variété d'expressions implicites qui le montraient. Néanmoins les études de la causalité en intelligence artificielle, en plus de son implémentation donnent une approche intéressante pour comprendre la causalité. Nous avons présenté les notions sur les logiques non monotones et temporelles qui vont permettre d'expliquer l'approche que nous avons adoptée pour le traitement automatique de la causalité. Nous pensons que la causalité et le raisonnement causal dans le langage naturel peut être formalisé en se basant sur l'approche de [Mokhtari, A., 1997] que nous présentons dans le chapitre cinq. Afin d'appliquer les algorithmes de cette approche au langage naturel de la langue arabe, une étude des caractéristiques de la langue arabe s'avère nécessaire. Pour mettre cette mise en œuvre, il a fallu étudier les caractéristiques de la langue arabe et les formalismes qui s'y rapportent.

CHAPITRE 3

TALN et Formalisme de la Langue Arabe

1. Introduction

Durant ces dernières années, le besoin de technologies liées à la langue a fourni une impulsion importante pour le développement des systèmes de plus en plus sophistiqués de traitement linguistique [Bonato, R., 2006]. Les tâches sollicitées demandent de plus en plus 'd'intelligence' et parmi elles nécessitent un niveau profond de connaissances, tant que linguistiques, mathématiques et informatiques pour la formalisation de la langue humaine). Le défi est comment représenter le langage naturel avec ses ambiguïtés, les connaissances qui s'expriment à travers lui pour rendre nos machines plus 'intelligentes'. Une analogie entre l'être humain et la machine nous amène à voir que la plupart des applications ou des systèmes de base de données sont basées sur le langage. La représentation et la manipulation du langage dans l'esprit humain ne sont toujours pas maîtrisées. Le langage, la connaissance, la pensée et l'intelligence ont été étudiés par la philosophie, l'intelligence artificielle et les sciences cognitives. Le traitement automatique de la langue arabe n'est qu'à ces débuts et demande une connaissance profonde du système linguistique afin de pouvoir d'abord procéder à sa formalisation. Dans ce chapitre, nous allons introduire le traitement automatique du langage naturel, le système linguistique de la langue arabe, son système morphologique, sa conception par la tradition grammaticale avec les notions de bases (le nom, le verbe, la conjugaison, la morphologie du mot, le système flexionnel) puis nous donnerons les différents formalismes dans le cadre du traitement et de la formalisation de la L.A.

2. Traitement automatique du langage naturel

Le traitement automatique du langage naturel (TALN) ou traitement automatique des langues (TAL) a pour objet la modélisation des données linguistiques exprimées dans une langue dite « naturelle » de façon automatique, leur formalisation opératoire et calculable et leur implémentation à l'aide de programmes. Pour cela, la nécessité d'employer un nombre important de connaissances hétérogènes [Pitrat, J., 1991] telles que les connaissances linguistiques (lexicologie, morphologie, syntaxe, sémantique et pragmatique) et les connaissances sur le monde s'imposent. Ainsi les concepts utilisés sont multiples et appartiennent à des domaines divers tels que l'IA, l'informatique théorique, la logique, la linguistique, les sciences cognitives, les statistiques, neurosciences, etc. Néanmoins en premier lieu, le point de vue formel s'appuie sur des théories linguistiques. La difficulté de la

formalisation linguistique rencontre la complexité structurelle du langage (l'implicite, l'ambiguïté et l'évolution continue de la langue) et repose entre autres sur la représentation des connaissances.

2.1. Représentation des connaissances et Langage naturel

Les psychologues cognitifs ont identifié un certain nombre de types de connaissance que les êtres humains utilisent généralement. Les systèmes d'I.A. essaient de les mettre en application. L'existence de ces types de connaissance indique les possibilités des êtres humains d'organiser leur connaissance d'une manière structurée et d'employer cette connaissance pour résoudre des problèmes. [Gašević, D., & all 2006] cite les différents types : Connaissance Procédurale, Connaissance Déclarative, Métaconnaissance, Connaissance Heuristique, Connaissance Structurale, Connaissance Inexacte et Incertaine, Sens Commun, Connaissance Ontologique. Depuis plusieurs années, des techniques de représentation des connaissances ont vu le jour en I.A. telles que des listes, arbres, réseaux sémantiques [Barr A., & all., 1982], [Rapaport, W.J., 2000], armatures [Baader F., & all., 2003], [Welty C. A., 1996], les représentations basées sur des règles [Friedman-Hill E., 2003]; [Vianu V., 1997] et les représentations basées sur la logique [Russell S., & all., 2002] et [Sowa J. F., 2000]. Toutes ces techniques essaient de simuler la manière dont l'être humain comprend, mémorise, cherche et use la connaissance. Dans les dernières années, des techniques telles que XML et l'Ontologies ont été employés pour la représentation des connaissances.

Les langages naturels sont très expressifs, déclaratifs et bien conçus en tant que langues de représentation. Ils peuvent exprimer presque toutes les connaissances liées aux expériences humaines. D'ailleurs, ils peuvent être considérés comme des métalangages pour expliquer d'autres langues naturelles et artificielles (telles que des langages de programmation, d'autres langues de représentation de la connaissance, et tous les autres langages formels) [Sowa, J., 2000]. Le but est -toujours un défi - d'utiliser le langage naturel comme moyen de représentations des connaissances. Néanmoins, l'implémentation des langages naturels est très complexe et actuellement son emploi est très restreint. La langue arabe à l'instar des langues anglaise et française n'est qu'à ses débuts de traitement et sa formalisation n'a pas de consensus. Comme notre but est la formalisation de la causalité, la construction d'un cadre

formel s'impose. Pour cela, il est nécessaire de connaître le système linguistique de la langue arabe.

3. Système linguistique de la langue arabe

La langue arabe est une langue de sémitique. Elle s'écrit de droite à gauche et son alphabet composé de 28 consonnes et 6 voyelles ; 3 longues (/a : /, ا), (/w/, و), (/y/, ي) et 3 courtes et (سكون) qui sont des signes au dessus et en dessous des consonnes. La langue arabe peut être classifiée dans trois types : L'arabe classique ou الفصحى, l'Arabe standard moderne (ASM) et les différents dialectes arabes [Aljohar, B., 1999].

3.1. Système morphologique de la langue arabe

Dès le début de l'étude de la L.A, la tradition grammaticale arabe TGA a conçu son système linguistique.. Le but de cette étude était dirigé vers la compréhension des textes et aussi pour la préservation de sa pureté telle que parlé par les natives [Elbaydhani, S., 1989]. Les notions des différentes branches de la linguistique s'expliquent les unes par rapport aux autres. Ainsi on retrouve des notions de sémantique dans la phonétique, (par exemple la lettre (ب \ b) et (ت \ t) possède la notion de couper [Bohas, G.& all, 2007] ; (ج \ dj) et (ن \ n) la notion de cacher [Etha'libi, I., 1999], des notions de sémantique dans la morphologie (les schèmes فاعل sont des actants, كاتب écrivain, حارس surveillant etc....). La syntaxe et le marquage casuel nous donne des informations sémantiques. La voyellisation d'un mot quelconque est régit par des règles morpho-phonologiques. La plupart des textes en AMS se présentent sans voyellisation sauf pour certains mots qui pourraient être ambigus. Pour le marquage non casuel, pour la lecture et la compréhension, il est fait appel à la morphologie en recherchant la racine du mot. La fonction syntaxique de l'unité lexicale est identifiée en se basant sur la morphophonologie [El Kassas, D., 2005]. Pour la voyellisation casuelle de la fin des mots, il est fait appel non seulement à l'ordre des mots [Belkredim, F.Z, 2004], la syntaxe, la sémantique, la morphologie mais également à la logique [El Kassas, D., 2005] (non monotone à notre avis [Belkredim,FZ., 20009b] et la pragmatique (سياق الكلام). C'est pour cela qu'il y a eu établissement des 'règles de causalité' par la TGA [Ezzadjadji, A. 1979] pour justifier le système linguistique.

3.2. Catégories des mots de la langue arabe

Le système grammatical de la langue arabe classique n'a pas changé depuis sa conception par la tradition grammaticale et donc l'ASM a le même système [El Kassas, D., 2005].

La TGA a classé les mots en trois catégories : nom, verbe¹ et particule voir Figure 1. En langue arabe, le mot ne se confond pas avec le morphème qui est l'unité minimale dotée d'une valeur fonctionnelle et sémantique [Kouroughli, D., 1994]. Il existe des morphèmes à une syllabe par exemple la particule « لـ » (li/ parce que).

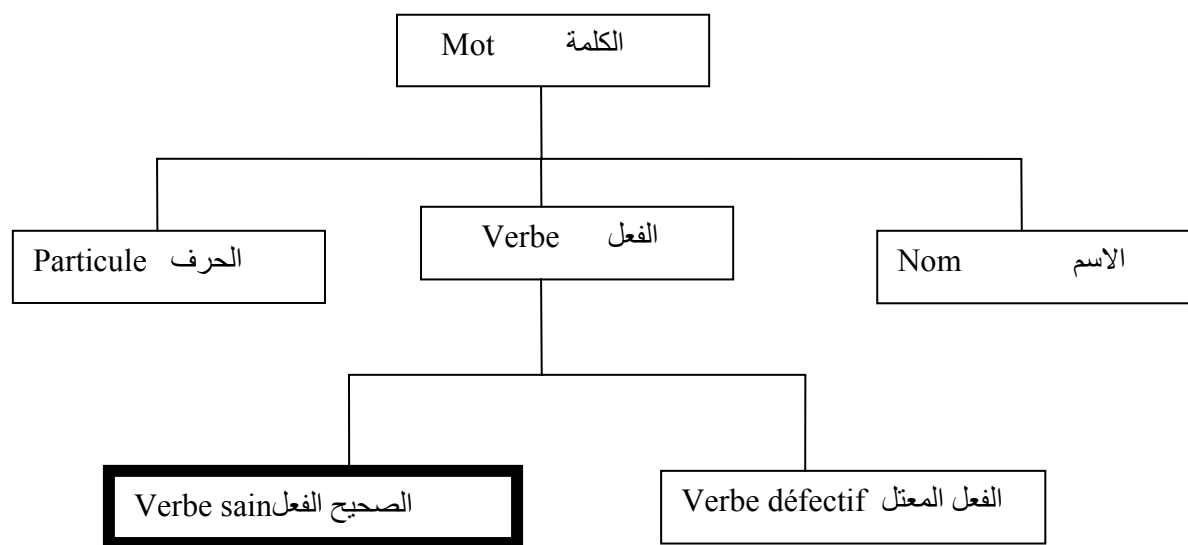


Figure 3.1 : structure de la Langue Arabe.

La morphologie peut se définir comme l'étude interne de la structure des mots. L'organisation morphologique de la langue arabe est fondée sur la construction des mots lexicaux sur des 'modèles' appelé *schèmes* qui contiennent une *racine* (consonnes toujours ordonnées), de voyelles et éventuellement de consonnes ajoutées (au début, au milieu ou à la fin de la racine). Autrement dit, un schème est constitué d'un squelette purement consonantique qui est la racine avec un 'habillage' (vocalique et éventuellement consonantique). La plupart des mots lexicaux ont un double système de parenté : une même racine avec un *dénominateur notionnel commun*, plus ou moins précis, et un même schème partageant entre eux des déterminations grammaticales communes [Kouloughli, D.1994].

¹ Notre recherche se situe dans le contexte du verbe sain (الفعل الصحيح)

Ainsi les mots peuvent se classer par *leur racine et leur schème*. Nous allons exploiter ces notions pour établir un classement ou catégorisation sous forme d'ontologie.

3.3 Notions linguistiques : affixe, base, racine, radical et schème

3.3.1. Affixe

L'affixe est le terme générique qui recouvre les trois notions de préfixes, de suffixes et d'infixes. En langue arabe, les affixes sont des morphèmes qui fonctionnent comme des constituants du mot. Ils sont nécessairement attachés à un radical ou à une base simple ou déjà pourvue d'affixes. On distingue les affixes flexionnels et les affixes dérivationnels. Les affixes regroupent les morphèmes qui entrent dans la réécriture des constituants morphologiques tels que le temps, la personne, le nombre, etc....

3.3.2. Racine

En langue arabe, la racine est une notion abstraite, purement consonantique et donc ne présente aucune structure syllabique et c'est l'élément de base, irréductible, commune à tous les représentants d'une même famille de mots. La racine est obtenue par élimination de tous les affixes et voyelles. Elle est porteuse des sèmes essentiels, communs à tous les termes constitués avec cette racine (il peut exister un terme n'ayant pas une signification commune avec les mots de la même famille, mais c'est des exceptions). Elle ne peut se dégager que par un effort d'abstraction à partir du regroupement de plusieurs mots de même racine [Kouloughli, D., 1994].

3.3.3. Radical

La racine est donc une forme abstraite qui connaît des réalisations diverses par exemple l'unité minimale est donc le radical. Du point de vue du sens, elle correspond au *dénominateur commun* aux différents mots construits sur une racine et qui peuvent avoir un ou plusieurs radicaux.

3.3.4. Base

La base est ce qui reste du mot une fois ôté l'affixe qui a servi à construire ce mot.

Exemple

/Sa'u ka : tibuka / -----> / sa/+'u/+/ka : /+ti/+bu/+/ka/; / sa/ est une particule qui marque le futur ; /ka/ est un pronom personnel masculin singulier ; /'u/ marque la première personne du singulier. On enlève les segments qui ont un sens. Ainsi on a :

sa/+'u/+/ka/ /a: /+ti/+bu/+/ka/ ----> /ka//fa: /+ti/+bu/;

/ka//a : /+ti/+bu/ -----> /ka/+a : /+ti/+b/+ /u/, (/u/ marque l'indicatif);

/ka//a : /+ti/+b/+u/ ----> /ka//a : /+ti//+b/ est un radical forme dérivée de kataba;

/ka//a : /+ti/+b/ ----->/ka/+ /a : /+ti/+b/, /a : / est un caractère (ا, alif) infixé au verbe primitif ;

/ka//a : /+ ti/+b/----->/ka/+ti//+b/ est une base ; a, i sont les voyelles ;

/ka/+ti//+b/ -----> /k/+t//+b/ racine. Nous emploierons les termes 'base ou termes basiques', racine dans le sens d'unité minimal d'un mot si la voyellisation n'est pas considérée¹.

En langue Arabe, les racines sont formées dans la grande majorité de trois consonnes mais quatre consonnes ne sont pas rares et désignées respectivement sous le nom de racines triconsonantiques et quadriconsonantiques. Il existe également mais rarement des racines à cinq lettres. Les racines à deux lettres ont été 'normalisées' à trois lettres comme par exemple /d-m/ que la TGA a ramené à trois consonnes à savoir /d-m-y/ dont le verbe 'دَمِيَ' (saigner). Il est à noter que les racines triconsonantiques ont une productivité maximale [Kouroughli, D., 1994]. D'ailleurs, il a été rapporté par [El Kateb & all, 2006] que " 85% des mots arabes sont dérivés des racines triconsonantiques. Par abstraction, la TGA a représenté la racine par les consonnes / fa - 'ain- lam/ i.e. [(ف \f)– (ع \')- (ل \l)] qui exprime l'idée de 'faire et d'agir'. Pour avoir accès 'facilement' à la racine, la TGA a représentée la racine par le verbe masculin singulier conjugué à l'accompli (passé)[Blachere R.& all, 1975]. Cette racine est représentée par le verbe (فَعَّلَ \fa'ala) pour les racines trois caractères et (فَعَّلَل \fa'lala) pour les racines à quatre caractères. Il est à noter que le choix des consonnes se fait selon des règles précises. On ne peut avoir par exemple la première et deuxième lettre de la

¹ Basique dans le sens où si une lettre d'un mot est supprimée, ce dernier aura une autre signification [Elbaydhani, S., 1989].

3.4. Structure morphologique du mot de la langue arabe

La plupart des noms et des verbes sont dérivés d'un ensemble d'environ 10.000 racines dans Lissan el 'arab d'Ibn Manzour. Les particules sont des entités employées pour compléter la signification des verbes et des noms. En effet, ils servent à situer les événements et les objets par rapport au temps et l'espace. Ces particules de signification (حروف المعاني), dont le sens n'est complet que si elles sont employées avec un nom ou un verbe. Il y a environ quatre-vingts particules [El Kassas, D., 2005]. Il est à noter que les parties du discours sont définies selon les points de vue, des formalistes, des substantialistes ou des linguistes. Pour les premiers, les verbes se conjuguent, les noms se déclinent, les particules sont invariables. Pour les seconds, les noms sont des entités, les verbes des événements, les particules contribuent au sens général de l'énoncé. Pour les derniers, les verbes sont des prédicats, les noms des prédicants et les particules ni l'un ni l'autre [Kouloughli, D., 1994].

La langue arabe se classe comme une langue à morphologie très riche et présente des propriétés linguistiques de dérivation et la flexion. La morphologie, se compose de la morphologie dérivationnelle et la morphologie flexionnelle.

3.4.1. Morphologie dérivationnelle

Son objet est l'étude de la construction des mots et leur transformation selon le sens voulu. Ainsi la dérivation morphologique en L.A. s'effectue sur une base morpho-sémantique par l'association d'affixes à une racine donnée et permet d'engendrer des mots avec des significations différentes telles que participe actif, participe passif etc., mais qui peuvent être classés dans la famille du dérivant [Elbaydhani, S. 2000].

3.4.2 Morphologie flexionnelle

On dit qu'une langue est flexionnelle si des mots de cette langue changent de forme par le marquage casuel pour le nom et l'adjectif (le nombre, le genre) ou la conjugaison du verbe, le temps verbal). La morphologie flexionnelle à une relation avec la syntaxe [El Kassas, D., 2005]. Un mot change de morphologie (voyelle et parfois consonnes) avec sa fonction syntaxique i.e. s'il est sujet ou complément.

Dans ce qui suit nous donnerons la classe des noms avec leur particularité puis les verbes avec les caractéristiques de dérivation et de flexion des dérivés (noms et verbes qui leurs sont associés).

3.5. La classe des noms

La TGA a mis sous l'appellation de noms les pronoms personnels et démonstratifs (الضمائر) les adverbes (الضروف), les déverbaux [nom verbal, (المصدر) participe actif, (اسم الفاعل) participe passif (اسم المفعول)], les adjectifs (الصفة) et les substantifs (الموصوف).

- **Le nom**

Définition

La catégorie du nom correspond à une entité abstraite ou concrète. Elle regroupe toutes les unités lexicales qui réfère à un sens non lié au temps [Ghayalani, M., 2005].

Nous nous intéressons aux noms et aux verbes qui ont une relation avec la dérivation et la flexion. Les pronoms personnels (noms invariables) seront vus avec les verbes car rentrent dans la flexion.

3.6. La classe des verbes

Le verbe arabe n'a pas d'infinitif. L'infinitif est considéré comme étant la racine représentée par la troisième personne du masculin à l'accompli. [Blachere R. & all, 1975] [Kouloughli, D., 1994].

3.6.1. Verbe, temps et action

Le verbe arabe est tout mot qui indique une action qui est associée au temps [Shaalán, K., 2005]. Il correspond à un prédicat sémantique et possède une *structure actancielle* [El Kassas, D., 2005]. Ainsi l'idée *de temps est liée à l'action*. La conjugaison du verbe arabe est pauvre par comparaison aux verbes indo-européens [Blachere, R. & all, 1975]. Néanmoins, il est possible d'exprimer la finesse du temps par des tournures stylistiques. La conjugaison donne simplement trois temps (accompli, l'inaccompli, l'impératif) et la forme passive.

- Une action passée est exprimée par 'l'aspect' (الماضي \ accompli).

• Une action qui est entrain de se réaliser (soit vient de commencer depuis longtemps ou maintenant mais ne s'est pas terminée) s'exprime par 'l'aspect' (المضارع \ inaccompli). La catégorie du verbe contient toutes les unités lexicales référant à un état ou à une action au passé, au présent ou à l'impératif. Comme l'action est liée à l'actant le verbe porte les marques lexicales du genre, du nombre et ainsi les pronoms personnels peuvent être omis car sont devinés à partir du verbe à moins qu'il y ait insistance sur un pronom. Il n'existe pas seulement deux aspects (accompli et inaccompli), les autres s'exprime par l'ajout de particules devant le verbe ; par exemple pour exprimer le futur l'ajout de (sa/ س) à l'indicatif ou (sawfa/ سوف). L'aspect est lié aux modes (المبني \ mabni), (المرفوع \ marfu'), (المنصوب \ mansub), (الجزوم \ djouzoum \ dit apocopé). L'accompli n'a qu'une seule modalité (المبني), l'inaccompli en a trois :

- (المرفوع \ l'indicatif) caractérisé par la désinence / u/ ou des flexions longues.
- (المنصوب \ subjonctif en français) caractérisé par la désinence/a/ ou des flexions courtes.
- (الجزوم conditionnel en français \ dit apocopé) caractérisé par l'absence de désinence ou des flexions courtes.

La catégorie de la voix ou (diathèse) ou l'aspect sémantico- lexical est reconnue pour véhiculer indirectement des informations causales. La voix décrit la manière dont les actants participent au procès. La diathèse en langue arabe est affaire de morphologie que de syntaxe. Les sujets de prédicats verbaux de la diathèse 'active' sont interprétés comme étant la source du procès. A chacun des schèmes de la voix active du verbe trilitère, il est possible d'associer un schème à la diathèse passive.

- La voix passive ou diathèse passive (الفعل المبني للمجهول)

La voix passive se met dans les temps accompli et l'inaccompli [(يُكْتَبُ \ كُتِبَ)], (a été écrit) avec les trois modes mais pas à l'impératif. Le sujet grammatical des verbes à diathèse passive est interprété comme siège du procès. L'agent du procès n'est pas mentionné en langue arabe.

3.6.1.1. Les différentes catégories de verbes

Le verbe est soit sain (الصحيح), soit défectueux(المعتل). Ces verbes non sains appelés (verbes défectueux (الأفعال المعتلة) ont des lettres basiques (de la racine) (w او) ou (y ي) ou (alif) (le ou est non exclusif) dans leur formation. Ces lettres sont appelées 'حروف العلة'

consonnes défectueuses' et peuvent rentrer dans la composition d'une racine appelée 'racine défectueuse'. Les verbes ayant des consonnes défectueuses ont un traitement particulier (pour la dérivation et la flexion) [Elbaydhani, S., 1989]. Ces verbes ont été l'objet d'analyses spéciales à cause de leur instabilité [Kouloughli, D., 1994]. Ceux sont des cas particuliers avec des règles particulières de dérivation et de flexion mais ont leur place dans la conception de notre travail. Nous nous occupons dans cette recherche qu'au verbe sain (الصحيح) car les formes sont uniformes. Ces cas défectueux ont des structures particulières et peuvent facilement être ajoutées [Loukam, M., 2008] à notre travail. Egalement le verbe est dit soit simple, nu ou primitif (مجرد), soit dérivé ou augmenté (مزيد) [Kouloughli, D. 1994],[[Benhamouda B., 1993], [Elbaydhani, S., 1989].

3.6.1.2. Conjugaison du verbe

Il existe deux sortes de verbes : le verbe figé et le verbe conjugué :

- Le verbe figé (الجامد) tel que [(ليس \ne être pas), (مازال \ne pas cesser)] est dépourvu de temps et se trouve sous un seul état. Ces verbes sont appelés verbes opérateurs et sont environ une trentaine et jouent le rôle d'auxiliaires [Kouloughli, D., 1994]. Dans notre recherche, on s'intéresse au verbe qui admette des dérivations verbales et nominales.
- Le verbe conjugué (المتصرف) exprime un événement assigné à un temps et se trouve sous différents états avec des transformations avec des diverses dérivations et flexions (ils se conjuguent au trois temps (accompli, inaccompli, impératif et voix passive).
- Conjugaison : le verbe qui sert de modèle principal est le verbe trilitère sain [فعل \بفعل (faire)]. Quand au verbe quadrilatère et verbe augmenté, il est utilisé les mêmes voyelles ou les mêmes lettres que le verbe modèle [Benhamouda B., 1993]. Les pronoms sont de deux sortes isolés ou affixes. Les pronoms isolés apparaissent s'il y a insistance mais la plupart sont devinés [Ghayalani, M., 2005], [Blachere R. & all, 1975].

3.6.1.3. Dérivation et flexion

La morphologie du verbe est liée à une dimension sémantique et permet de le situer par rapport à l'action par une voix (active ou passive), par l'aspect (accompli, l'inaccompli et l'impératif), un genre (féminin, masculin) et un nombre (singulier, duel, pluriel). Il y a eu un consensus que toute la dérivation provenait du nom verbal (المصدر) [Ghayalani, M., 2005] [Elbaydhani, S., 1989]. Néanmoins pour situer notre travail de recherche, nous suivons les

grammairiens de Koufa¹ qui ont établis que les dérivations proviennent du verbe. Nous les suivons et posons que tout verbe est dérivable à partir de sa forme primitive i.e. à partir d'une racine qui est représentée par un verbe à la troisième personne du singulier masculin. C'est la plus simple forme possible i.e. sans flexion, ni dérivation. La langue arabe a un système complet de formes pour exprimer l'intensité, le but, la réciprocité, le factitif ainsi que les réfléchies-passives de ces formes [Blachere R. & all., 1975].

A partir de sa racine triconsonantique représentée par le verbe conjugué à la troisième personne de l'accompli, par modification des voyelles, redoublement de la deuxième voyelle, par adjonction des affixes (préfixes, infixes, et suffixes), ce système se voit doté d'une grande richesse de verbes et les dérivés qui leur sont associées. Il existe deux types fondamentaux de verbes primitifs :

- Les verbes primitifs représentant une racine de trois consonnes basiques
- les verbes primitifs représentant une racine quatre consonnes basiques.

De chaque verbe primitif, nous avons les dérivations de verbes² et de noms

1. formes de verbe
2. conjugaison : (الماضي \ accompli), (المضارع \ inaccompli), (الأمر \ impératif), (الفعل المبني للمجهول \ passif)
3. nom verbal (المصدر)
4. participe actif (اسم الفاعل)
5. participe passif (اسم المفعول)
6. adjectif assimilé (الصفة المشبهة)
7. adjectif superlatif (صيغ المبالغة)
8. nom de comparaison (اسم التفضيل)
9. adjective de relation (المنسوب)
10. nom de temps (اسم الزمان) et nom d'espace (اسم المكان)
11. nom d'instrument (اسم الآلة)

¹ Deux écoles de grammaire Basra et Koufa

² Nous n'avons pas systématiquement toutes les dérivations. Cette notion sera développée au chapitre 4 dans la construction de l'ontologie

12. diminutif (المصغر)¹

Nous donnons en annexe 1 des exemples.

4. Traitement du langage naturel de la langue arabe : (formalisation)

Il a y eu beaucoup d'intérêt pour l'étude de la langue arabe ces dernières années. En plus de certains problèmes liés aux langues européennes (dont le traitement automatique est plus avancé) la langue arabe rencontre des difficultés liées à la structure des mots telle que l'agglutination et l'absence de voyelles à l'écrit. Ainsi la plupart des travaux se sont concentrés sur l'analyse morphologique et son utilisation dans les applications telles que la recherche d'information et les systèmes de questions/ réponse (QAS). Ces études ont montré que la langue arabe est fortement dérivative et flexionnelle dans laquelle la morphologie joue un rôle significatif.

Le traitement automatique de la langue arabe n'a débuté effectivement qu'a partir des années 1980 et ces dernières années ont vu des grands efforts avec des analyses en linguistique 'moderne' [Sproat, R.2007] et traitement informatique. Les premiers travaux des pionniers ont débuté depuis 1970 [Hlal, Y., 1979, 1985a] cité dans [Dichy, J. & all, 2007].

Dans ce qui suit nous présentons les efforts de formalisation en vue d'un traitement automatique de cette langue tels que la formalisation par les prégroupes, la théorie Neo-Khalilienne et diverses approches de traitement.

4.1. Formalisation par les Grammaires catégorielles de J. Lambek

Les grammaires catégorielles de J.Lambek sont basées sur les mathématiques (Algèbre théorie des prégroupes) et logique.

Prégroupes :

Définitions : Un monoïde M est un ensemble muni d'une loi interne (notée.) associative et disposant d'un élément neutre « 1 ».

¹ Certains auteurs [Elbaydhani, S. 2000] ont attaché le diminutif et l'adjectif de relation aux dérivées du verbe que nous introduisons dans notre exposé.

- pré-groupe¹ est un monoïde G muni d'un ordre \leq vérifiant :

$$\forall x, y, z \in M \quad x \leq y \Rightarrow xz \leq yz \wedge zx \leq zy$$

Autrement dit un pré-groupe est un monoïde partiellement ordonné muni d'une loi de composition ' \cdot ' telle que tout élément x possède un symétrique à droite x^r ($r = \text{right}$) $x \cdot x^r = 1$ et un Symétrique à gauche ($l = \text{left}$) $x^l \cdot x = 1$

Le pré-groupe est muni de deux règles vérifiant : $x^l \cdot x \leq 1 \leq x \cdot x^r$ et $x \cdot x^r \leq 1 \leq x^l \cdot x$

Les grammaires catégorielles de J. Lambek peuvent rendre compte de la structure des phrases simples en liant des notions d'ordre des constituants et la structure prédicative. Cette Formalisation basée sur les mathématiques (pré-groupe) en utilisant seulement deux règles ($xx^l \rightarrow 1$ et $x^r x \rightarrow 1$)

L'utilisation des pré-groupe dans la connaissance syntaxique d'un texte se base sur le fait qu'une phrase peut être considérée comme un ensemble de mots interagissant entre eux localement. Un mot réagit avec son voisin de droite et de gauche.

Exemple pour le français : jean mange une pomme se formalise (se fait de même pour la arabe)² : représentée par S V O

$$S. \text{ sujet}^f. \text{ sujet}^f. V. \text{COD}^l. \text{CO D}^r \rightarrow S V O$$

Cette approche par les pré-groupe a l'avantage d'être proche du raisonnement humain. La formalisation *lexicale et syntaxique* de la langue arabe entreprise par [Bargelli, D& all, 2003] traitent la langue arabe comme les langues romanes³ et présentent cette théorie comme étant universelle. Il semblerait que pour la langue arabe l'ordre des mots et les spécificités morphologiques de dérivation et de flexion n'ont pas été prises en compte.

4.2. Théorie Néo-khalilienne (TNK)

L'approche « Néo-khalilienne » est un modèle linguistique présenté par le professeur Hadj-Salah qui est une formalisation des travaux des premiers linguistes arabes dont AL-Khalil Ibn Ahmed. Cette approche a donné lieu à plusieurs recherches avec des applications en informatique dans le cadre de magister au CRTDLA (Centre de Recherche pour le Trésor De La langue Arabe)

¹ La notion de pré-groupe est plus forte que celle de monoïde, mais plus faible que celle de groupe.

² Ce sujet a fait l'objet de deux mémoires de PFE à l'université Hassiba Benbouali de Chlef.

³ Cette approche a été faite pour plusieurs langues : Anglais, Allemand, Français, Italien, etc.

- Cette théorie repose sur les niveaux d'analyse *lexicale et syntaxique* est elle est défini par le professeur Hadj-Salah comme étant le *niveau centrale* de l'analyse qui se situe **entre** le lexique et la syntaxe. Les concepts fondamentaux sont « asl (origine) », « far' (pluriel furu') », « mithal (modèles linguistiques)¹ », « mawdhi' (position) », « qayis (pluriel maqayis : règles) » et « lexie ». Pour les définitions voir [Hadj Salah A., 2003] cité dans [Loukam, M., 1999]

- « Lexie » est une unité fondamentale extensible à l'infini contrairement à la « kalima » qui n'admet qu'un nombre limité d'incrément. La lexie est défini à partir des critères de « ibtida » et « infisal (isolabilité) d'une séquence dans le discours

La lexie est une unité fondamentale qui se situe à l'intersection de la syntaxe et du lexique et même à l'intersection du syntaxique et du communicationnel puisque toute tranche ainsi définie peut fonctionner aussi comme un message minimal. La lexie minimale comme point de départ de l'analyse est le niveau intermédiaire entre le segment signifiant de l'unité syntaxique. À partir du niveau central, l'analyse du linguiste s'orientera vers le bas pour rechercher les segments signifiants et leurs composantes, ou vers le haut pour voir comment les minimaux séquentiels s'intègrent dans les structures syntaxiques. C'est une possibilité de génération « tafri » de séquences dérivées « furu », à partir d'une séquence primitive « asl » par laquelle est adjoint à la droite ou à la gauche de cette séquence des incréments significatifs « zawa'id » avec la capacité « tamakkun » et « tasaruf (variabilité) ». Cela permet d'établir des distinctions entre séquence isolable qui est d'une grande importance pour la langue arabe (langue agglutinante). Certaines séquences ont un « tamakkun » parfait. Elles peuvent recouvrir n'importe quelle ligne d'incrément par exemple : « ism, gins ». D'autres le sont moins par exemple les noms propres se font recouvrir d'articles de critères « d'infira' (ibtida, infisal) ». Les « tamakkun » permettent de remonter dans « lafdh » (la forme signifiante) en première unité. Les « mawadi's » déterminent toujours formellement les fonctions grammaticales des éléments qui les occupent. Toute tranche phoniques qui apparaît dans l'un des « mawadi's » est considérée comme « kalima segment ». Ces signifiants s'obtiennent par élaboration du schème générateur de lexie ou d'une unité syntaxique (il s'agit d'un élément de la lexie).

L'axe paradigmatique est structuré par des transformations hiérarchisées en « asl et furuh ». Il faut considérer l'axe syntagmatique et paradigmatique dans un ensemble structuré qui résulte de la combinaison de deux actes qui constituent un « bab » (structure fermée).

¹ Ce sont des constructions artificielles que l'on substitue à la réalité pour des raisons d'efficacité heuristiques

L'approche adoptée se fait comme suit : partant du «Asl» (nom ou verbe), nous obtenons les différentes variantes de celui-ci par transformation, et ce par incrémentation en antéposition et/ ou en post-position placées dans des positions bien précises, formant ainsi à chaque niveau d'autres lexies voir Figure 3.2 et Figure3.3.

Explication

Soit le mot posé un nom singulier« ism mufrad» comme «asl = kita :b». Par incrémentation de part et d'autre du mot «kitab» les ajouts 'valables' effectués ne concernent que le nom et sont positionnés de telle sorte qu'ils répondent 'valablement' à la syntaxe. Ces ajouts sont 'valables' à l'aide de «mitral et «qiyas» (de modèles préalablement établis).

Pour le verbe, la même méthode est appliquée avec des variations en rapport à la conjugaison. Il est fait appel à la variation interne du noyau par «bina».

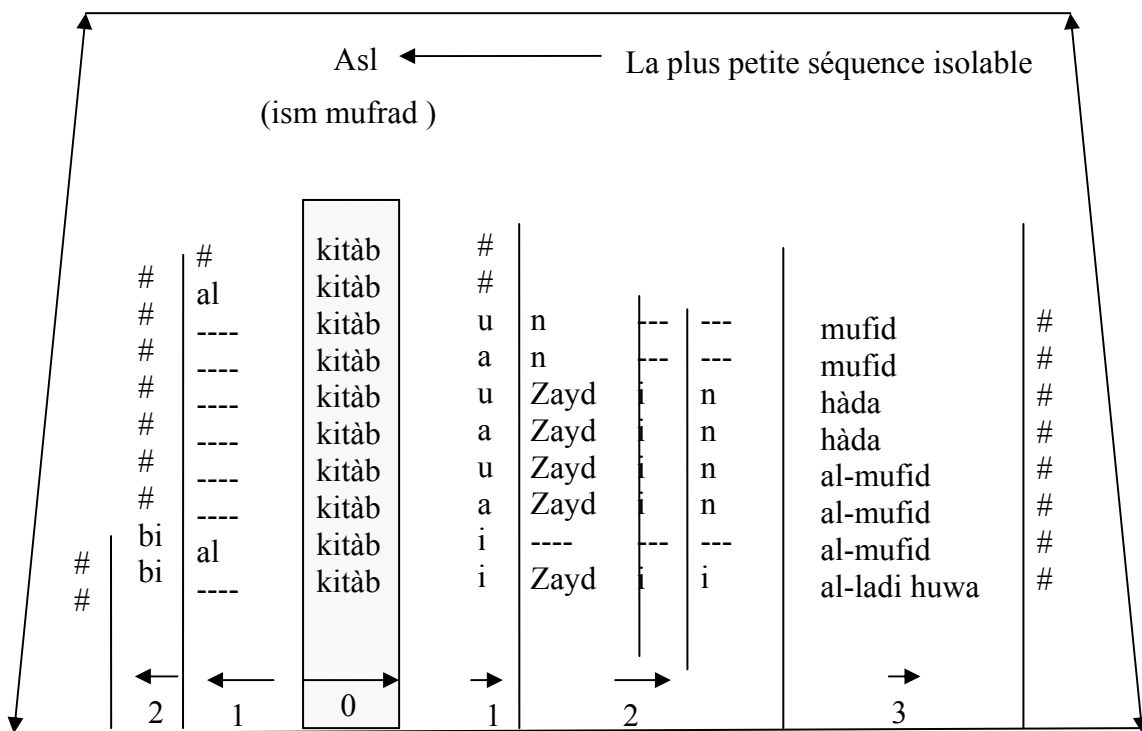


Figure 3.2 : Schème générateur de la lexie nominale

Syntaxiquement cette approche utilise les notions de « ' mal terme régissant » et « ma' mul terme régi. Dans cette approche « ' mal » permettra l'accroissement de la longueur de la lexie en respectant les flexions casuelles «Eli 'rab».

D'une manière succincte toute phrase s'écrit sous forme d'équation

$$F(r) = (t1 \pm t1) \pm s$$

Où r est le régissant t1 (1ier terme régi), t2 (2ième terme régi) et (t3 ± t4) la suite des termes régis.

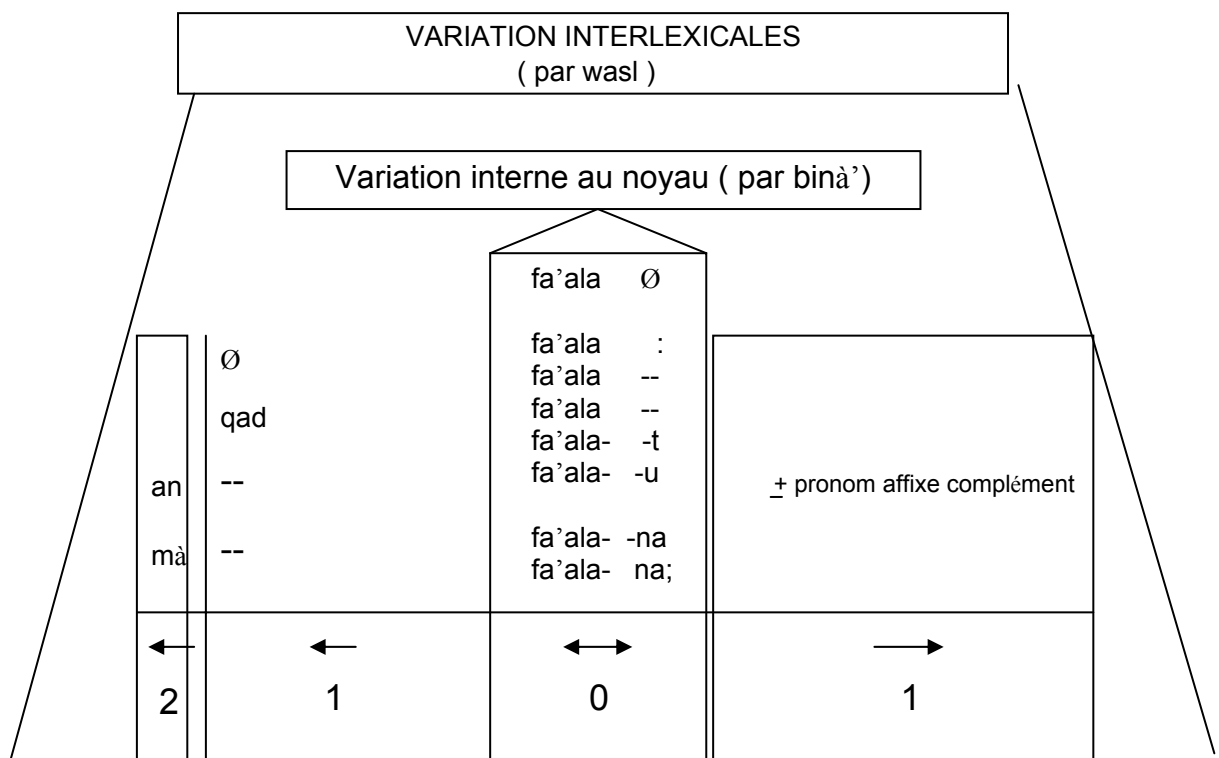


FIGURE 3.3 : SCHEME GENERATEUR DE LA LEXIE VERBALE CAS DE L'ACCOMPLI.

La théorie « **Néo-khalilienne** » repose d'une part sur les concepts généraux de notion de corpus ouvert, l'existence d'une distinction entre la structure grammaticale et le code. L'usage qu'on en fait dans des actes d'énonciation d'autre part. La notion de structure est ici le résultat de la synthèse de la classe et de l'ordre. Les unités de la langue ne sont pas nécessairement des segments. Il existe des dénotants abstraits comme par exemple : le schème et la racine d'un élément nominal ou verbal.

L'approche **Néo-khalilienne** se situe entre les niveaux lexical et syntaxique. Il reste les autres niveaux à traiter.

4.3. Les différentes approches de modélisation

Il existe plusieurs approches du traitement de la langue arabe mais sont liés a un domaine d'application. Des approches faites pour la construction des systèmes morphologiques qui utilisent les notions de racine, de radical et lexèmes sont décrites dans [Dichy, J. & all, 2007]. Elles se font toujours dans un cadre de recherche tel que le projet DINAR ou SAMIA.

- Certaines approches classent les mots de la langue arabe. Dans sa thèse [El Kassas, D., 2005] expose la classification de [Khoja, S. & all., 2001] dans le cadre du développement d'un étiqueteur morpho-syntaxique qui a servi de référence pour d'autres recherches comme [Diab, M., & all. 2004]. [Khoja, S. & all., 2001] répartissent les mots en cinq classes - nom, verbe, particule, résiduel et ponctuation -, dont certaines sont raffinées en sous-classes comme le montre la Figure 3.4.

- De même une autre 'ébauche primaire' de classification, non sémantique proposée par [El Kassas, D., 2005] qui recense huit classes de mots : quatre classes majeures (verbe, nom, adverbe et adjectif), trois classes de mots fonctionnels (référentiel, translatif et connecteur), auxquelles s'ajoutent la classe de mots phrases ou les interjections voir figure 3.5.

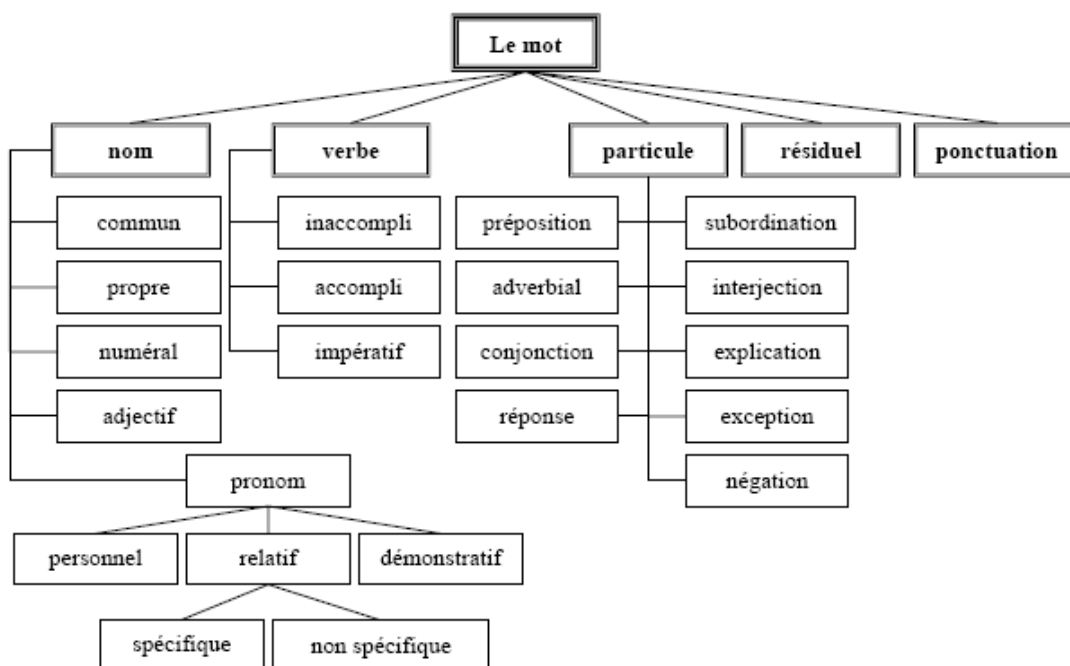


Figure 3.4 : Classification des mots proposés par [Khoja, S., 2001]

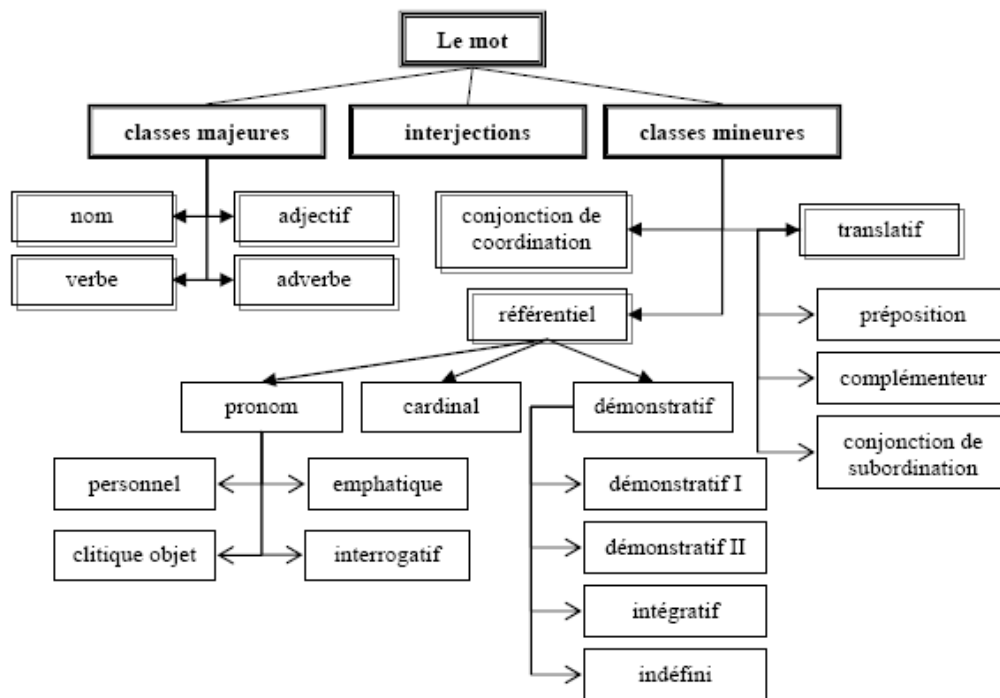


Figure 3.5 : Classification des mots de la langue arabe [Elkassas, M., 2005]

- Des applications qui modélisent la langue arabe à l'aide d'ontologie sont rares et nous citons :

L'outil multilingue (arabe, français anglais) développé [Zaidi, S., & all, 2005] destiné pour le web. Cet outil se base sur l'éditeur d'ontologie Protégé 2000 destiné pour la recherche d'information dans le domaine du droit en langue arabe. Cette ontologie est construite manuellement basé les étapes de construction d'ontologie proposée par Noy et McGuinness¹ une hiérarchisation de concepts du domaine légal avec les relations 'is a'. Pour tout concept il est associé des synonymes avec l'ensemble de leurs dérivés (basé sur la racine). Voir Figure 3.6.

- Le projet Arabic WordNet (Ontologie SUMO [El Kateb, S. & all, 2006] a pour but la construction d'un Word Net en langue arabe. AWN est une ressource lexicale basée sur la sémantique de ' SuggestedUpper Merged Ontology (SUMO) et les ontologies des domaines associés. Ontology (SUMO) est une ontologie formelle proposé par

¹N. F. Noy and D. McGuinness "OntologyDevelopment 101: A Guide to Creating YourFirst Ontology"

http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html

(Pease&Niles 2001, 2002, 2003). AWN est lié à Princeton WordNet (ontologie formelle) et euro WordNet par the Suggested Upper Merged Ontology (SUMO). La plupart des synsets de AWN devrait correspondre à des contreparties en anglais de WN et la topologie globale des deux wordnets devraient être semblable voir Figure 3.7. Pour un ensemble de synonyme ‘synset’ correspond toutes les variations en langue arabe et vice versa. Si un nouveau verbe est ajouté à AWN, des entrées verbales avec les verbes et noms dérivés donnent des possibilités d’extension. [El Kateb, S. & all 2005]. Voir Tableau 3.1.

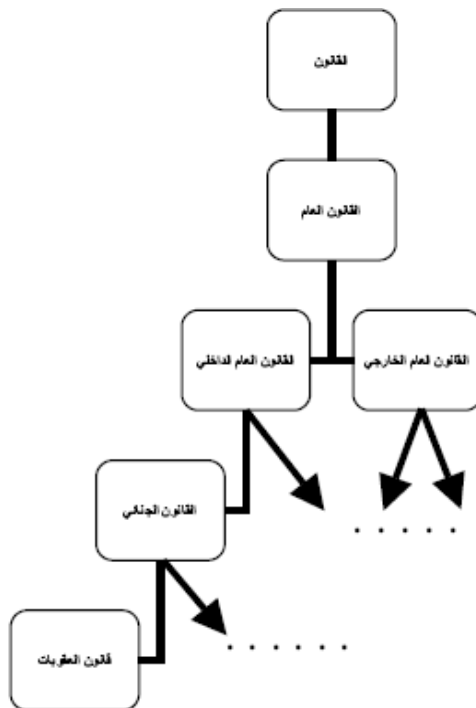


Figure 3.6 : Hiérarchie de concept dans le domaine légal [Zaidi, S. & all, 2005]

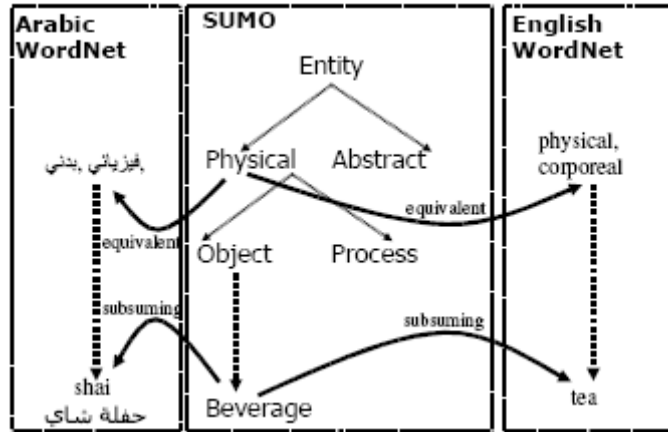


Figure 3.7 : Application de SUMO aux wordnets. [El Kateb, S. & all 2005]

Arabic word		English word	Category
walada	وَلَدَ	give birth	v
wila:dah	وِلَادَة	birth	n
wallada	وَلَدَ	generate	v
tawli:di	تَوَلَّى	generative	a
tawa:lada	تَوَالَدَ	breed	v
tawa:lud	تَوَالَدَ	reproduction	n
wa:lidah	وَالِدَة	female parent	n
wa:lid	وَالِد	male parent	n
walad	وَلَد	infant	n
wali:d	وَلِيد	born baby	n
wila:dah	وِلَادَة	delivery	n
wallada	وَلَدَ	deliver/assist in birth	v
mawlid	مَوْلِد	Prophet's birthday	n
mila:d	مِيلَاد	The Nativity	n
mi:la:di	مِيلَادِي	A.D., (anno domini)	n

TABLEAU 3.1 : FORME DE MOT ET LES RELATIONS SEMANTIQUES ENGENDREES PAR LA RACINE. [EL KATEB, S. & ALL 2005]

5. Conclusion:

Nous avons exposé le traitement du langage naturel qui rentre dans la présentation des connaissances (par listes, par table, ect.) pour faire valoir notre choix de modélisation sur les ontologies. Pour introduire les formalismes de la langue arabe, nous avons exposé son système linguistique qui est basé sur la morphologie liée aux consonnes par la racine et le schème. Pour simplifier la TGA a divisé les mots de la langue en trois parties les noms, verbes et particules. Les mots formés avec la racine de trois consonnes présentent 85% de la langue. La TGA a créé des modèles sur la base de racine et de schème. Le locuteur à travers ces notions peut s'exprimer et comprendre. Nous avons ensuite donné la classe des noms et la classe des verbes, notions qui rentrent dans le cadre de notre recherche. La dérivation et la flexion permet d'exprimer les entités matérielles et abstraites et permettent d'engendrer une famille de mots de la même famille à partir d'une racine de trois ou quatre consonnes. Il semble que cette langue s'apprête à une formalisation. Dans le cadre de la langue arabe, actuellement, il n'existe pas de systèmes qui modélisent la totalité d'une langue. Pour tout système de TALN, les techniques et les connaissances actuelles étant insuffisantes pour modéliser la totalité d'une langue. Si certains systèmes informatiques en matière de TAL traitent les langues européennes, ils demeurent insuffisants.

Ces systèmes sont largement inexplorés et même inadaptés pour la langue arabe. Le traitement automatique a des défis à relever tant au niveau de la formalisation et modélisation au niveau linguistique car il n'existe pas un cadre formel standard utilisé pour toutes les applications bien que des tentatives par les prégroupes ou la Néokhalilienne aient vu le jour. Actuellement les systèmes sont construits en fonction de l'application demandée et leur utilisation est restreinte. De même pour l'étude de la causalité, nous avons eu besoin d'un cadre formel. D'où la construction de la DeArOntology basée sur les verbes.

CHAPITRE 4

DeArOntology et Causalité dans la Langue Arabe

1. Introduction

Dans les chapitres 2 et 3 nous avons présenté la causalité, la langue arabe et son traitement automatique avec ses différents formalismes. Nous avons vu la nécessité d'un cadre formel pour la modélisation de la causalité. Nous présentons en premier lieu, dans ce chapitre les notions d'ontologie et la formalisation de la langue arabe sous forme d'ontologie basée sur ses caractéristiques morphologiques (racine, schème, dérivation et flexion) telles que conçu par la TGA. En second, nous exposons la causalité exprimée dans la langue arabe.

2. Choix du formalisme

Nous avons choisi ce formalisme basé sur les ontologies pour les raisons suivantes cités dans [Fürst, F., 2002], [Fürst, F., 2004]

- Les ontologies sont à l'heure actuelle au coeur des travaux menés en Ingénierie des Connaissances (IC) pour leur utilisation dans le processus de représentation de connaissances et surtout parce qu'elles visent à établir des représentations à travers lesquelles les hommes et les machines ou les machines entre elles, puissent manipuler la sémantique des informations.

- Les ontologies apparaissent ainsi comme des composants logiciels s'insérant dans les systèmes d'information en leur apportant une dimension sémantique qui leur faisait défaut jusqu'ici. La construction des ontologies demande à la fois une étude des connaissances humaines, la définition de langages de représentation, ainsi que la réalisation de systèmes pour pouvoir les manipuler. Il s'agit de rendre les machines capables d'intégrer le sens des informations qu'elles ne font que manipuler actuellement formellement.

- Le but des ontologies est de nous décharger en partie du travail de gestion des informations et de connaissances qui est de plus en plus lourd et dont le flot à tendance à nous submerger.

L'originalité de la construction de l'ontologie pour la langue arabe : DeArOntology [Belkredim, F.Z. &all, 2008a] demande un approfondissement de cette notion dès son origine

3. Ontologie définition et généralités

Dans cette partie, il sera présenté l'origine de l'ontologie, les questions qui l'entourent puis son utilisation en informatique

3.1. Ontologie en philosophie

L'origine de l'ontologie remonte jusqu'à l'époque grecque. En effet, le mot ontologie provient du grec ontologia qui veut dire onto : être et logia : parler. Ce terme a été introduit par Aristote (384- 322 av JC) dans Métaphysiques IV [Maedche, A., 2003] et correspond à ce qu'il appelait la philosophie première protè-philosofia i.e. une partie de la métaphysique qui s'intéresse à l'être en tant qu'être par opposition aux philosophies secondes qui s'intéressent à l'étude des manifestations de l'être (les étants) [Graf, A & all. 1996]. Définition que l'on retrouve dans le Petit Robert avec « **Ontologie** » : *la partie de la métaphysique qui s'intéresse à l'Etre en tant qu'Etre* ». Mais l'Ontologie est habituellement davantage comprise comme une science des étants que comme une science de l'Etre en tant qu'Etre, c'est-à-dire qu'elle s'intéresse davantage à ce qui existe (les étants ou existants) qu'aux principes de ce qui existe (l'Etre) [Charlet, J. & all., 2004]. L'existence, la nature et l'organisation des entités, comment les idées, mots et les objets sont reliés entre eux ont été un sujet récurrent en philosophie et en langage depuis Platon (427-347 av JC) jusqu'à l'époque moderne. Platon s'est intéressé à la représentation du monde et à l'abstraction des noms des objets [Maedche, A. 2003]. Cette représentation est l'idée fondamentale de l'ontologie [Bendaoud, R., 2009]. Aristote dépassera la question des noms en s'intéressant à leur définition qui pour lui ne voulait pas dire simplement le sens d'un mot mais décrivait l'existence d'un objet par l'essence de l'entité et s'expliquait par sa *cause* (le pourquoi est contenu dans le comment). Ainsi la définition selon Aristote est donnée par le genre et la différence des individus. Il utilisa les arguments logiques pour catégoriser ces individus en se basant sur leurs définitions. Cette classification se faisait sur l'identification des propriétés communes 'définitionnels' des individus similaires et la définition expliquait pourquoi ils étaient membres d'une même espèce [Maedche, A., 2003]. Aristote a aussi introduit la notion de concept, taxonomie entre ces concepts et les notions de sous concept/super concept pour distinguer les genres afin de les classifier formellement en utilisant la

logique avec un certain nombre d'inférence appelés syllogismes qui par la suite, la logique moderne développera dans des systèmes de raisonnement. C'est ce principe qui est utilisé pour définir la notion moderne de concept d'ontologie et l'héritage entre les concepts. [Sowa, J., 2000], [Bendaoud, R., 2009].

Selon [Guarino, N., 1998], le mot ontologie existe avec un grand O et un petit o.

- Ontologie (avec un grand O) est une discipline philosophique qui décrit la science de l'existant ou la science de l'être (nature et organisation des êtres ou de la réalité).
- Ontologie (avec un petit o) est employé avec un sens différent selon la communauté philosophique ou la communauté de l'informatique (qui est l'objet de notre étude). Dans le sens philosophique, ce terme est conçu comme un système particulier de catégories avec une certaine vision du monde [Maedche, A., 2003].

3.2. Ontologie en informatique

Les ontologies sont très utilisées dans le domaine informatique, et font l'objet d'un grand intérêt et d'intenses recherches. C'est en 1980 que John McCarthy a réintroduit le terme ontologie dont l'objectif était de modéliser les connaissances du domaine d'un système à base de connaissance. D'un point de vue informatique, une ontologie d'un certain domaine contient sa terminologie, tous les concepts essentiels dans le domaine, leur classification, la taxonomie, les relations et les axiomes de ce domaine [Gasevic, D. & all, 2006]. Pour [Maedche, A., 2003], une ontologie est un artefact 'artifact ingeneering' constitué par un vocabulaire spécifique décrivant une certaine réalité. Des énoncés explicites du sens du vocabulaire sont donnés pour les concepts (prédicat unaire) et pour les relations (prédicat binaire) si la représentation est faite en logique du premier ordre. [Chandrasekaran, B. & all, 1999] décrivent une ontologie comme un artefact de connaissance d'un domaine particulier, en utilisant un vocabulaire de représentation. En outre, la sémantique est reconnue comme un aspect important d'une ontologie et elle est définie par [Hendler, J. 2001] comme "un ensemble de termes liés à la connaissance tels que le vocabulaire, des intercommunications sémantiques, des règles simples d'inférence et de logique pour des sujets particuliers".

3.3. Ontologie et ingénierie des connaissances

Les ontologies sont apparues au début des années 90 dans la communauté Ingénierie des connaissances, dans le cadre des démarches d'acquisition des connaissances pour les systèmes à base de connaissances (SBC) [Fürst, F., 2004].

Le processus de l'ingénierie des connaissances passe par plusieurs phases : obtenir la connaissance habituellement par des experts, la coder dans un format approprié puis la stocker dans la mémoire de l'ordinateur. Cette connaissance est extraite toutes les fois nécessaire, principalement dans des applications. Cependant, ce processus d'extraction et de traitement de la connaissance est complexe et demande beaucoup de temps selon les domaines. Il est exigé en plus un raisonnement pour permettre l'utilisation intelligente et efficace de la connaissance stockée afin d'obtenir des explications, des inférences et des conclusions. L'étude de la connaissance humaine et sa représentation dans les machines est centrale dans les applications de l'intelligence artificielle. La connaissance est définie comme la compréhension d'un domaine [Durkin, J 1994]. Elle inclut des concepts, des faits sur ce domaine, des relations, des mécanismes et la façon de les combiner pour résoudre les problèmes dans ce domaine [Gascon, D. & all, 2006].

En intelligence artificielle et plus particulièrement en ingénierie des connaissances, une ontologie est une modélisation des connaissances d'un domaine dans un système à base de connaissances. En 1993, T Gruber [Gruber T, 1993] a proposé une définition d'une ontologie ayant un consensus: 'une ontologie est une spécification explicite et formelle d'une conceptualisation partagée.

Dans cette définition les termes

- « explicite » veut dire que les concepts de l'ontologie sont explicitement définis.
- « formelle » montre qu'elle est représentée dans un formalisme qui permet aux machines d'effectuer du raisonnement.
- « conceptualisation » se réfère à un modèle d'abstraction
- « partagée » signifie qu'une ontologie n'est pas propre à un seul individu mais validée par un groupe [Studer, R. & all, 1998]

Pour avancer vers une définition complète, on peut revenir à un travail de N. [Guarino, N. & all, 1995] qui ont essayé de trouver des définitions de l'ontologie durant son processus d'élaboration, à savoir l'ontologie comme un système conceptuel informel, puis l'ontologie comme la représentation d'un système conceptuel via une théorie logique et son vocabulaire. On peut alors proposer la seconde définition de ce qu'est une ontologie, en reprenant les spécifications de [Gruber, T., 1993] et [Uschold, M. & all, 1996]. L'équipe de ce dernier ayant appliqué les résultats des réflexions du premier dans le contexte applicatif d'une ontologie d'entreprise, 'the enterprise ontology'.

De ce point de vue, une ontologie implique ou comprend une certaine vue du monde par rapport à un domaine donné avec un ensemble de concepts (entités, attributs, processus), leurs définitions et leurs interrelations. Cela est appelé une conceptualisation.

De même Une ontologie peut prendre différentes formes mais elle possède nécessairement un *vocabulaire de termes, leur signification.[...] Une ontologie est une spécification rendant partiellement compte d'une conceptualisation.* Cette définition est plus élaborée car elle propose un autre point de vue plus précis, en termes de spécification par rapport à une application informatique. Elle nous permet de préciser les contraintes qui s'imposent successivement au concepteur d'ontologies [Charlet, J. & all., 2004].

4. Une Ontologie Sémantique pour la Langue Arabe

Afin de construire une Ontologie Sémantique pour la Langue Arabe, les définitions essentielles qui ont inspiré notre travail sont reprises ci-après.

Les ontologies ont été définies par rapport au processus général de représentation des connaissances dans les systèmes informatiques. Une définition consensuelle s'est établie autour de la notion et le rôle d'ontologie dans ce processus. Les définitions ont un rapport avec la construction de l'ontologie. T. GRUBER, considère : « *une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation* » [Gruber, T. 1993]. Ainsi en se référant à cette définition, la construction d'une ontologie n'intervient donc qu'après un travail de conceptualisation. Cela consiste à identifier, au sein d'un corpus, les connaissances spécifiques au domaine de connaissances à représenter [Charlet, J.& all., 2004].

[Guarino, N., & all, 1995] considère que l'ontologie est partielle car elle ne peut pas être complètement formalisée et à l'heure actuelle aucune représentation et formalisation des ambiguïtés et de leur sémantique n'existent dans un langage de représentation de l'ontologie considérée. De plus les formalismes opérationnels présentent une faible tolérance d'interprétation. [Nobécourt, J., & all, 2000] montrent que la modification de la base de connaissance entraîne souvent des incohérences et des modifications plus larges. Il s'avère qu'il est nécessaire de construire une *ontologie informelle* puis passer à une ontologie *totalelement formelle* et non ambiguë. Ainsi construire une ontologie demande à entreprendre une première modélisation semi formelle, partiellement cohérente, correspondant à une conceptualisation semi formalisée [Charlet, J. & all., 2004].

Il est reconnu l'importance de la combinaison du vocabulaire et la morphologie d'une langue avec sa sémantique. Utilisant les possibilités puissantes de modélisation des ontologies et la structure spécifique de la langue arabe, une Meta ontologie (DErivationnal ARabic Ontology) appelée DEAR-ONTO a été construite selon la conception de la langue arabe telle conçue d'une manière générale par la TGA.

4.1. DEAR-ONTO une Ontologie Sémantique pour la Langue Arabe

DEAR-ONTO est une Meta Ontologie de la langue Arabe basée sur la dérivation et la flexion des verbes pour une modélisation de la langue Arabe. La Meta Ontologie représente la racine par un verbe et identifie les mots dérivés et fléchis.

DEAR-ONTO est adéquate à la conception de la langue arabe d'une manière générale (voir chapitre 3). Ce langage est hautement dérivationnel et flexionnel ou la morphologie joue un rôle significatif. Tout nom (مُعْرَب \ variable) et tout verbe a un schème [Ghayalani, M.2005]. La plupart des dérivations obéit à un ensemble de règles prédéfinies qui une fois appliquées produisent non seulement un ensemble de mots reliés entre eux par la racine mais également associé à leur sémantique et contexte.

4.1.1. Formalisation et classification

Dans cette section nous développons le modèle proposé qui d'abord structure une partie de la langue arabe dans un ensemble de classes d'équivalence, puis nous

modéliserons chaque classe équivalente en une ontologie. Ensuite la Meta Ontologie représentera la structure générale de toutes les classes.

Soit L l'ensemble de tous les mots de la langue arabe, \mathfrak{R} la relation " a la même racine que " et soient x , y , et z des éléments de L .

\mathfrak{R} Est une relation équivalente sur L parce que :

\mathfrak{R} est réflexive : pour tout x de L $x \mathfrak{R} x$ est vrai

\mathfrak{R} est symétrique: pour tout x et y de L $x \mathfrak{R} y \Rightarrow y \mathfrak{R} x$

\mathfrak{R} est transitive : pour tout x , y et z de L $x \mathfrak{R} y$ et $y \mathfrak{R} z \Rightarrow x \mathfrak{R} z$

\mathfrak{R} divise l'ensemble L en sous-ensembles où chaque sous-ensemble est une classe équivalente notée $cl(w)$, w est un mot. Chaque $cl(w)$ contient tous les mots dérivés du mot " w " qui (dans notre recherche) est choisi comme étant la racine représentée par le verbe à la troisième personne du singulier conjugué au passé.

Pour relier la morphologie du mot à sa sémantique dans le contexte de connaissance, nous modélisons chaque classe d'équivalence $cl(w)$ comme une ontologie. Par conséquent, chaque classe $cl(w)$ est modelé comme une ontologie dans la Meta Ontologie DEAR-ONTO.

4.2. DEAR-ONTO Meta Ontologie

Comme toutes les langues sémitiques, la morphologie de la langue arabe fonctionne sur le principe de la racine, le plus souvent à trois consonnes (ف ع ل \f 'l) mais également de quatre consonnes (ل ع ل ف \f 'l l). Des consonnes et voyelles s'y ajoutent pour former des formes dérivés et flexionnelles. La TGA a défini la dérivation comme une génération ou production d'un mot w_1 par un autre mot w_2 avec les conditions que w_1 possède un sens et des phonèmes semblables avec le même ordre des lettres de la racine de w_2 .

La TGA a conçu une modélisation de la langue arabe sous forme de hiérarchisation. Elle a divisé tous les mots du langage en trois catégories : les noms, les verbes et les particules. Les noms sont classés en tant que source (مَصْنُور) et les verbes qui existent dérivent de la source qui leur est associée. Néanmoins, il y a eu parmi la TGA des vues des grammairiens Bassora et des grammairiens de Koufa contradictoires sur ce sujet. Les

uns ont vu le verbe dérivant du nom et les autres le nom dérivant du verbe [Ezzadjadi, A. 1973].

Nous avons choisi le point de vue de la TGA de Koufa dans le but du traitement automatique de la langue arabe. En effet, les verbes trilitères en majorité dérivent des noms verbaux qui n'admettent pas de classement logique et parfois deux noms verbaux sont associés à un seul verbe ; par exemple (voir Annexe 1)[(غَلَبَ \ غَلَبُ) (gagner)], [(غَلَبَ \ غَلَبَةٌ) (فَعَلَةٌ)], [(صَلَحَ \ صَلَاحٌ) (فَعَلٌ)], [(صَلَحَ \ صَلَاحٌ) (فَعَلٌ)], [(صَلَحَ \ صَلَاحٌ) (فَعَلٌ)]. De plus les noms verbaux des formes de verbes trilitères augmentés et quadrilatères augmentés dérivent de leur verbe. Par conséquent, pour développer un système de *calcul automatique* efficace pour la langue arabe, il est préférable d'employer des verbes comme source pour avoir une entrée unique. C'est l'approche que nous adoptons dans notre recherche. De même le verbe est également employé comme représentant au sens mathématique de la classe d'équivalence qui l'identifie. Le modèle conceptuel général de la DEAR-Ontology est récapitulé dans la Figure 4.1.

4.2.1. Dérivation des verbes

Nous étudierons les formes de verbes et leurs dérivés. Le verbe associé à la racine triconsonantique (trois consonnes) sera abordé d'une manière assez complète et certaines notions (telles que la conjugaison) des dérivés du verbe trilitère et de racine quadriconsonantique (quatre consonnes) peuvent être déduites du verbe trilitère. Il y a deux types de verbes primitifs dans l'Ontologie, des verbes trilitères primitifs et des verbes quadrilitère primitifs¹. Nous classons les formes de verbes et leurs dérivés selon la construction de la DeArOntology i.e. nous avons considéré deux sortes de dérivations que nous avons appelés dérivations primaires et dérivations secondaires. En effet, les dérivations primaires sont issues des verbes primitifs (trilitère et quadrilitère). Les dérivations secondaires appelées (مُلْحَقَاتٌ) suivantes) sont des formes composées à partir d'une racine triconsonantique augmentée d'un caractère² appelées 'مُلْحَقَاتٌ دَحْرَجٌ' ou deux caractères appelées 'مُلْحَقَاتٌ تَدْحْرَجٌ'. Le schème de ces formes se réfère au schème

¹ Tous les détails morphologiques et sémantiques sont repris dans l'annexe1.

² Les caractères sont des consonnes.

de la racine quadriconsonantique ou (quadriconsonantique augmentée d'un caractère ou de deux caractères) voir Figure 4.2.

Nous récapitulons dans ce qui suit :

Chaque verbe trilitère primitif (trilitère ou quadrilitère) aura un ensemble de verbes dérivés et fléchies de sa première forme.

Les premières formes des verbes trilitères et des verbes quadrilitères sont comme suit :

- les verbes trilitères ont la première forme représenté par (فَعَّلَ / فَعَّلَ / فَعَّلَ).
- les verbes quadrilitères ont seulement la première forme représenté par (فَعَّلَلَّ)

À partir de ces formes de base, les formes dérivées sont produites en se referant au nombre de consonnes dans le verbe. Ainsi la dérivation se compose de consonnes de base ordonnées dans la racine (trois ou quatre caractères) à laquelle il est ajouté une ou plusieurs consonnes par affixation (préfixes ou infixes ou suffixes ; 'ou' non exclusif) de l'ensemble des lettres qui compose le mot-phrase mnémotechnique (سألتُمونيها \ vous me l'avez demandé) [Kouloughli, D. 1994]. Les formes dérivées des verbes trilitères et quadrilitères sont décrites dans les sous-sections suivantes.

4.2.1.1 Dérivation primaire

- **Formes dérivées primaires des verbes trilitères**

Il y a douze formes de 'dérivations primaires' des verbes trilitères et ces formes sont classées dans trois catégories selon les caractères ajoutés. La première catégorie contient trois formes dérivées ayant quatre caractères (les trois caractères de base (racine triconsonantique) augmentés d'un caractère affixé) et ont les schèmes suivants (فَعَّلَ / أَفَعَّلَ / فَعَّلَلَّ) La deuxième catégorie contient cinq formes dérivées ayant cinq caractères (les trois caractères de base augmentés de deux caractères affixés) et ils ont les cinq schèmes suivants (فَعَّلَلَّ / فَعَّلَلَّ / فَعَّلَلَّ / فَعَّلَلَّ / فَعَّلَلَّ) et la troisième catégorie contient les six formes dérivées composées de six caractères (trois caractères de base augmentés de trois caractères affixés) et elles ont les quatre schèmes suivants :

(إِسْتَفَعَّلَ / إِفْعَلَّ / إِفْعَلَّ / إِفْعَوَّعَلَّ)

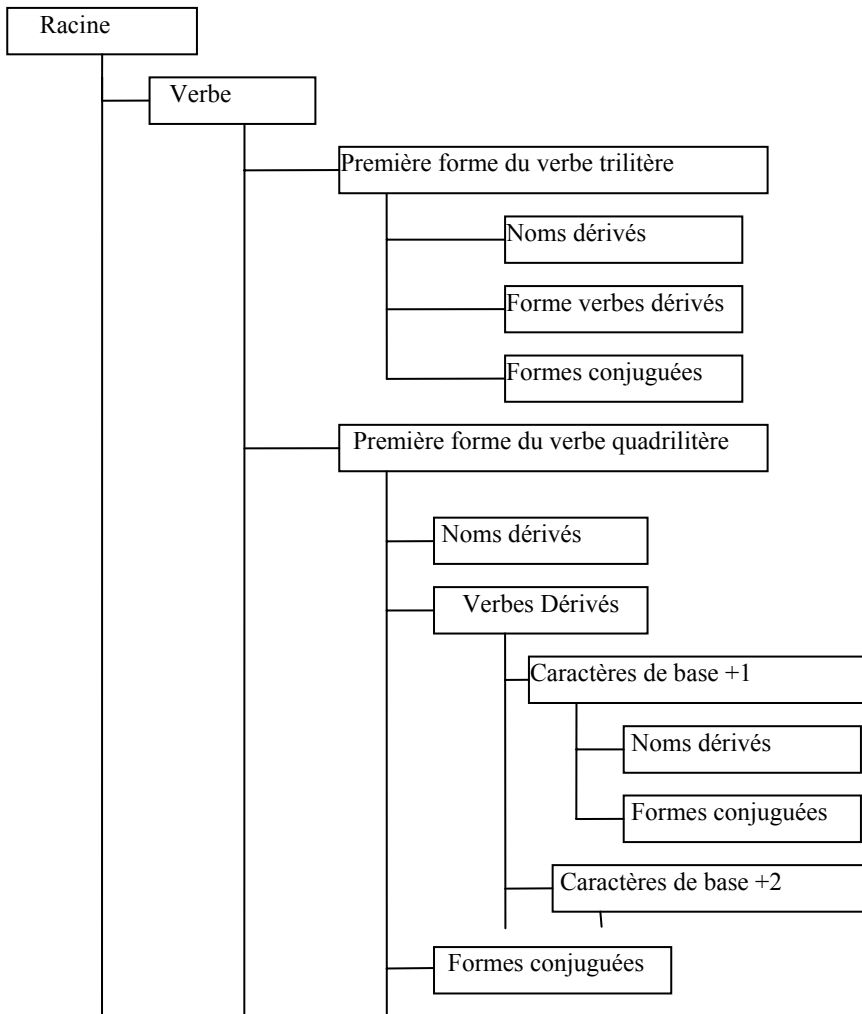


Figure 4.1 : Une Partie de la DEAR-ONTO Meta Ontologie

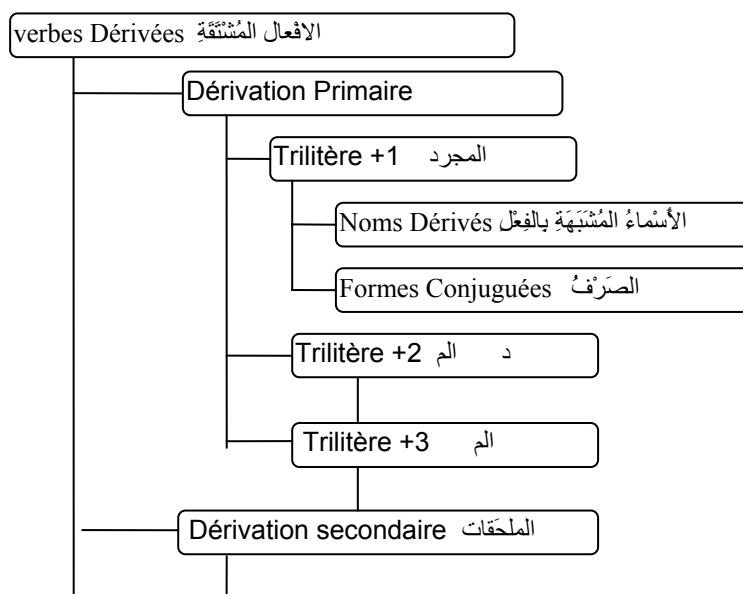


Figure 4.2 : Une Partie de l'Ontologie Représentant les Verbes Dérivés.

- **formes dérivées primaires des verbes quadrilitères**

Il y a trois dérivations des verbes quadrilitère primitifs également appelées dérivations primaires de schème (فَعَّلَ). Les classes sont définies et basées sur le nombre de caractères composant les dérivations. La première catégorie contient une forme dérivée de cinq caractères (quatre caractères de base augmentée d'un caractère) et a le schème (فَتَعَّلَ). La deuxième catégorie contient deux formes dérivées ayant six caractères chacune et leurs schèmes sont (إِفْعَلَّ / إِفْعَلَّلَ)

4.2.1.2. Dérivation secondaire

Dérivations secondaires des verbes trilitères

Les dérivations secondaires des verbes trilitères sont obtenues comme suit : nous ajoutons un; deux ou trois caractères au verbe trilitère pour lui donner une des quatre formes du verbe quadrilitère ayant pour schème (إِفْعَلَّ / إِفْعَلَّلَ / تَفْعَلَّلَ / فَعَّلَلَ) [Ghayalani M., 2005]..

-La première classe secondaire contient les verbes construits en utilisant trois caractères basiques du verbe trilitère augmenté d'un caractère et ayant le schème (فَعَّلَلَ) avec l'affixation d'un caractère fixe à chaque fois [Belkredim, F.Z., 2009a] .

Il existe sept schèmes différents de cette forme¹ dans cette classe :

- (فَعَّلَلَ les deux dernières consonantes de ce schème sont identiques ل ل),
- (فَعُولَ la troisième consonne est 'و' fixée),
- (فَوَعَلَ la seconde consonne est 'و' fixée),
- (فَيَعَلَ la seconde consonne est 'ي' fixée),
- (فُنَعَلَ la seconde consonne est 'ن' fixée).
- (فَعَيْلَ la troisième consonne est 'ي' fixée),
- (فَعَلَى la dernière consonne est 'ي' fixée).

¹ [Elbaydhani, S. , 2000] compte seulement six schèmes, la forme فَعَيْلَ n'est pas mentionnée. Nous avons donné la conjugaison pour chaque forme de verbe (voir annexe)

-La deuxième classe secondaire contient six schèmes différents. Ces schèmes ont cinq caractères (trois caractères de base du verbe trilitere et augmentés de deux caractères construits en utilisant le schème (تَفَعَّلَ), (le préfixe t provient de تَفَعَّلَ mais le deuxième affixe provient de سالتمونيهها et est fixe dans le schème. Ceux sont :

(ل ل) les deux dernières consonantes de ce schème sont identiques (تَفَعَّلَ),

- (تَفَعَّلَ la quatrième consonne est 'و' fixée),
- (تَفَعَّلَ la troisième consonne est 'و' fixée),
- (تَفَعَّلَ la quatrième consonne est 'ي' fixée),
- (تَفَعَّلَ la troisième consonne est 'ي' fixée),
- (تَفَعَّلَ la dernière consonne est 'ي' fixée).
- (تَفَعَّلَ la dernière consonne est 'ي' fixée).

-La troisième classe secondaire contient trois schèmes différents ayant six caractères, (trois caractères de base augmentés de trois caractères affixés et ont pour schèmes (!) (إِفْعَلَّ , إِفْعَلَّى , إِفْعَلَّى). Ceux sont:

- (إِفْعَلَّ les deux dernières consonnes de ce schème sont identiques ل ل),
- (إِفْعَلَّى la quatrième consonne est ن fixé dernière consonne est 'ي' fixée),
- (إِفْعَلَّى la troisième consonne est 'ت' fixée, la dernière consonne est 'ي' fixée).

4.2.1.3. Conjugaison du verbe

La conjugaison en arabe a trois temps (الماضي \ le passé ou l'accompli), (المضارع \ le présent-futur ou l'inaccompli) et (الامر \ l'impératif) et deux voix passives et actives. La forme passive réfère habituellement (المبنى للمجهول). La troisième personne du masculin au passé est utilisée pour représenter la forme du verbe à l'infinitif. La langue arabe a des pronoms personnels agglutinés et séparés. La dérivation et la flexion des verbes aux différents temps est réalisée en utilisant des règles morphologiques représentée par l'équation (1) [El-Sadany, T. A. & all, 1989].

$$\text{Verbe} = \text{Prefixe1} + \text{Prefixe2} + \text{radical} + \text{Suffixe} + \text{suffixe2} + \text{suffixe3} \quad (1)$$

La tradition grammaticale TGA dont nous suivons le classement a présenté une certaine organisation de la conjugaison qui est actuelle jusqu'à aujourd'hui. Le passif et l'impératif se dérivent de l'inaccompli, ce dernier se dérive de l'accompli qui s'obtient à partir de la source [Ghayalani, M., 2005]. Nous posons la source comme étant la racine représentée par un verbe et non un nom et construisons une partie de la DeArOntology voir Figure 4.3. La TGA a considéré que l'affixation des verbes par les paradigmes de conjugaison dans l'opposition accompli/inaccompli présentent des valeurs essentiellement temporelles. Néanmoins certains 'arabisants occidentaux' pensent que le système de conjugaison exprime primitivement des valeurs aspectuelles et que les valeurs temporelles sont secondaires et contextuelles [Cohen, D., 1989]. Néanmoins le linguiste [Kurylowiez, J., 1972] considère que le système verbal est bien construit sur une opposition fondamentalement temporelle. La conjugaison des verbes met en relief des préfixes et des suffixes. Les paradigmes à suffixes indiqueraient que le procès est terminé i.e. accompli indépendamment de toute référence temporelle et que le paradigme à préfixes indiquerait que le procès est considéré comme inaccompli. Ainsi l'application de ce point de vue à (عَلِمَ \ apprendre), (يَعْلَمُ \ savoir) montre le changement de sens avec le passage de l'accompli à l'inaccompli. De même pour la conjugaison au passif (فَعْلٌ مَبْنِيٌّ) (لِلْمَجْهُولِ) est plus morphologique que syntaxique [Kouloughli, D., 1994] et véhicule des notions de causalité (diathèse avec l'agent du procès non connu mais évoqué implicitement).

4.2.2. Dérivation des noms

Les noms attachés aux verbes (الْأَسْمَاءُ الْمُشْتَبِهَةُ بِالْفِعْلِ) nommés dans notre recherche " Noms dérivés ". La TGA dans [Ghalayani, M. 2005], [Elbaydhani, S. 2000] a identifié neuf classes de noms; cependant trois de ces classes sont des adjectifs. Nous favorisons dans notre recherche de grouper les adjectifs comme une classe simple et puis identifions des sous-classes pour les différentes classes d'adjectif. Nous avons également réuni en une seule classe les noms de temps et d'espace car la plupart d'entre ont mêmes règles de dérivation. Dans ce qui suit nous décrivons les six classes ainsi définies :

A chaque verbe on associe des déverbaux qui sont le nom verbal, le participe actif et le participe passif [Kouloughli, D, 1994]. Ils s'obtiennent par des paradigmes morphologiques et qui ont des dimensions sémantiques pour chacun d'eux

noter qu'il existe des formes de verbes qui n'ont pas de participe passif [Elbaydhani, S. 2000]¹

- **Adjectifs** sont considéré comme des noms par la TGA. La classe des adjectifs a été divisée en quatre sous-catégories :

- **Qualificatif assimilé, (الصِّفَةُ الْمُشَبَّهَةُ):**

Ce sont des noms qui dans un contexte particulier sont considérés comme des adjectifs et décrivent l'état d'une personne ou d'une chose. Pour des verbes trilitéraux, la dérivation des adjectifs ont les schèmes: فَعْلان , فَعْلان , فَعْلان , فَعْلان , فَعْلان , فَعْلان , فَعْلان et فَعْلان ; par exemple (سَمِيع \ quelqu'un qui entend) est dérivé du verbe (سمع \ entendre).

- **Adjectif intensifié (صَيِّغُ الْمُبَالَغَةِ)**

Ceux sont des qualificatifs employés afin d'exagérer les qualités ou descriptions d'un nom ou d'une chose. Les schèmes utilisés comme qualificatifs assimilés sont فُعُول , فُعُول , فُعُول , فُعُول , فُعُول , فُعُول , فُعُول [Benhamouda, B., 1993].

- **Adjectifs élatifs (إِسْمُ التَّفْضِيلِ):**

Ces adjectives sont connus sous le nom d'adjectifs superlatifs et indiquent qu'un élément a une qualification supérieure à un autre par comparaison dans un contexte donné. Ils sont également employés pour la comparaison. Ceux-ci sont seulement dérivés des verbes trilitères et prennent le schème أَفْعَل , أَفْعَل , أَفْعَل , par exemple (أَكْبَر \ plus grand) est dérivé du verbe (كَبُر \ grandir).

- **Noms de temps et d'espace (إِسْمُ الْمَكَانِ , إِسْمُ الزَّمَانِ) :** Ces noms se rapportent à des endroits ou à des périodes de temps. Les schèmes suivants (مَفْعَل , مَفْعَل) sont employés pour des noms de temps, noms de l'espace ou tous les deux ; par exemple (مَسْكَن \ l'endroit où quelqu'un vit) est dérivé du verbe (سَكَن \ habiter) et (مَشْرُق \ lever du soleil) désigne(le temps et l'espace) est dérivé du verbe (شَرَق \ se lever). Il est a noter qu'il y a les modèles ou schèmes مَفْعَلَة et مَفْعَلَة pour seulement des noms d'espace ; (مَكْتَبَة \ bibliothèque) nom dérivé du verbe (كَتَبَ \ écrire).

¹ Pour plus de détails voir Annexe 1

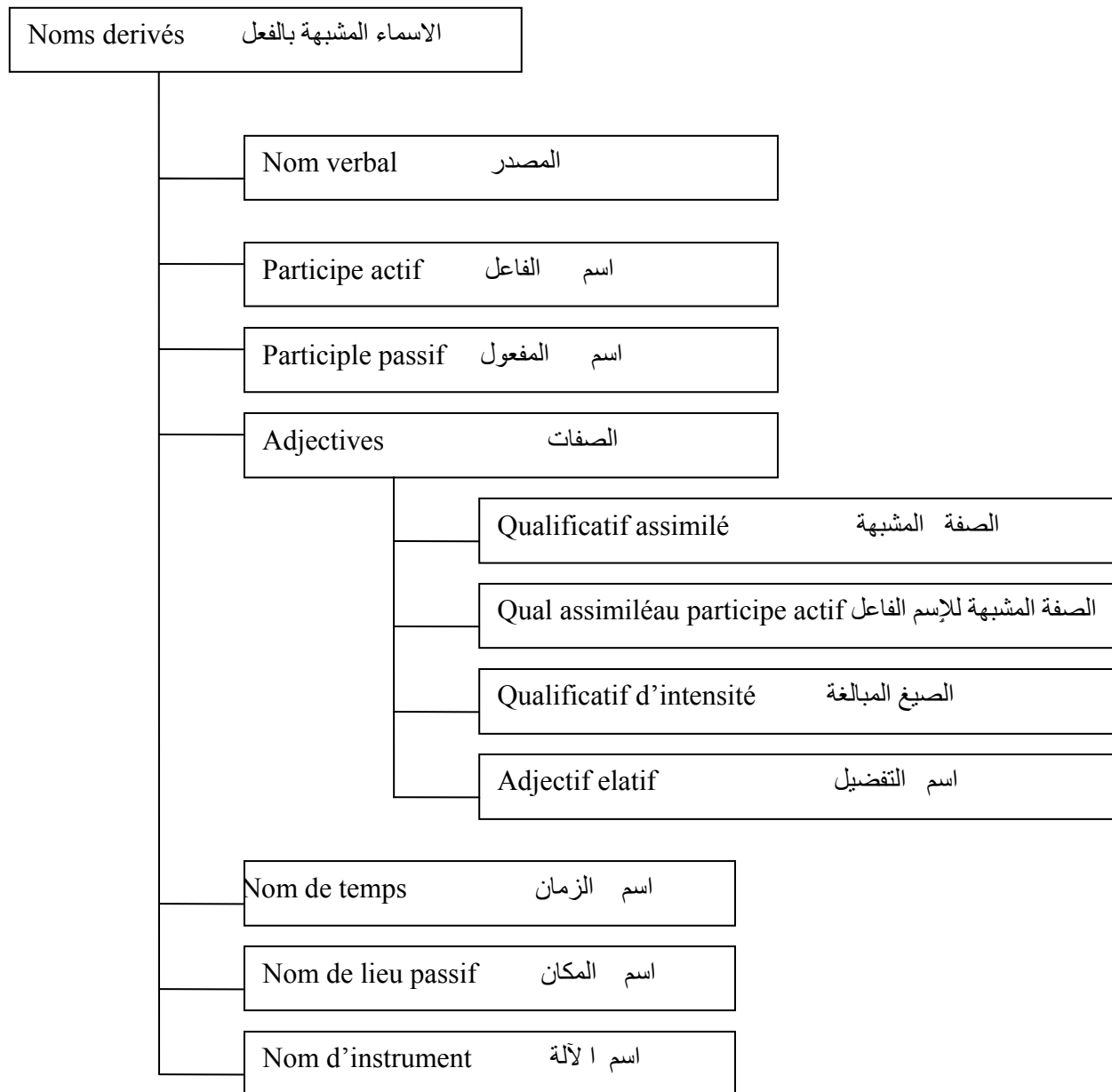


Figure 4.3 : Partie de l’Ontologie représentant les noms dérivés

- Nom d’instrument** : Cette catégorie de nom dénote des instruments utilisés pour effectuer l'action décrite par le verbe. Les modèles des noms d'instrument sont : مِفْعَال, مِفْعَلَة et مِفْعَل; par exemple (مِفْعَال \ clé) est un nom dérivé du verbe (فَتَحَ \ ouvrir).

Nous pouvons incorporer dans cette ontologie l’adjectif de relation et le diminutif.

La partie de l'ontologie qui modélise les noms dérivés est indiquée dans la Figure 4.3 et montre les six catégories principales : des noms dérivés et les trois sous-classes des adjectifs à laquelle on peut attacher l’adjectif de relation et le diminutif.

5. Causalité dans la langue arabe

Les écrits d'Aristote ont été étudiés par les érudits arabes. La causalité d'Aristote a envahie entre autre les domaines de la langue arabe [Badaoui, A. 1968]. La TGA et particulièrement les exégètes en Usul El Fikh¹ ont utilisé la causalité mais pas dans le même sens qu'Aristote. La causalité chez Aristote est un principe lié à l'existence des concepts. Les exégètes ont utilisé la causalité à des fins d'obtenir des jugements en comparant des écrits sur le plan linguistique et religieux. La causalité chez Aristote est ontologique mais la causalité chez les exégètes est logique. Le but des études de la TGA était lié à la compréhension des textes et la préservation de la pureté de la langue en vue de son utilisation [Badaoui, A. 1968]. [Lalande, A., 1963] cité dans [Yakoubi, M., 1994] a écrit en ce qui concerne la langue arabe : 'la construction grammaticale des phrases et les règles qui les gouvernent est une étape de l'analyse des propositions. L'analyse sémantique des mots ou le sens des mots est compris dans leurs définitions et cette analyse est la voie qui mène à la démonstration'. Dans le langage naturel français on trouve l'expression de la cause dans la plupart des grammaires [Nazarenko, A., 2000]. En langue arabe, il n'y a pas un chapitre consacré à la causalité mais la notion de cause s'y trouve avec les autres notions. En fait, la causalité a été étudiée à coté d'autres notions théologiques, philosophiques ou grammaticales par quatre courants ; (Usul ElFikh\ source du droit), (El Fiqh \droit musulman), (Moutakalimin \ exégètes philosophes) et (TGA\ tradition grammaticale). Chaque discipline donne une définition à la causalité. Nous nous intéressons aux définitions s'y référant à la linguistique.

5.1. Définition de la causalité par la TGA

La causalité a deux appellations assababia (السبب : cause) et (i'la: cause)

- **Assabab** (السبب) est le fil ou toute chose qui permet d'arriver à autre chose différente. Ainsi assabab dans le langage arabe est le ou les moyens avec lesquels on arrive à quelque chose.
- **El'ila** (العلة): c'est une chose prise par autre chose. Une chose qui affecte une autre chose. Par exemple la maladie affecte les êtres vivants.

¹ On dira exégètes pour mentionner exégètes Usul El Fiqh (Source du Droit Musulman)

La tradition grammaticale a utilisé dans leur démonstration les mots eta'lil et sababia qui veulent dire cause avec des différences par exemple on dira « lam eta'lil et ba assababia ou bien fa eta'lil et fa assababia ».

5.2. D'autres définitions de (السبب \ cause)

Dans le dictionnaire لسان العرب Lisan El Arab : (الجمع أسباب \ السبب) pluriel)

(السبب كل شيء يُتوصل به إلى غيره وفي نسخة) \ la cause est toute chose permettant de relier un tiers ou éléments s'y afférents), (شيء يُتوصل به إلى شيء غيره) (تoute chose qui sollicite autre chose).

(\ و السَّبَبُ : الحبل وكل شيء يتوصل به إلى غيره ' قال ElRazi \ الرازي) - (la cause est le lien et toute chose permettant de se relier à un tiers').

- Un des 'linguistes' (بدر الدين الزركشي) Badreddine Elzarkachi : 'السبب ما يُتوصل به إلى' \ la cause est ce qui permet de relier un tiers meme avec des intermédiaires et par suite la corde est appelée sabab).

5.3. D'autres définitions (العلة \ cause)

Dans le dictionnaire لسان العرب Lisan El Arab :

(العلة : المرض ، علّ يعلّ ، مرض) (un des sens de العلة est la maladie). (من معاني العلة : المرض) \ واعتلّ el'ila est la maladie(مرض), provient du verbe tomber malade).

- (بدر الدين الزركشي) Badreddine Elzarkachi) fait remarquer que la TGA disait :

(\ il a dit \ قال أكثر النحاة : وقالوا : الباء للسببية ولم يقولوا : للتعليل و اللام للتعليل ، ولم يقولوا لام السببية ،) que la plupart des grammairiens parlent de « ba essababia; et non pas et ba eta'lil » et « lam eta'lil et non lam essababia ».

- (صرح ابن مالك \ Ibn Malek) a affirmé que:

(صرح ابن مالك بأن الباء للسببية والتعليل ، وهذا تصريح بأنهما غيران)

Nous présentons ci-après l'expression de la causalité dans la langue arabe:

6. Expression de la Causalité dans la Langue Arabe

Cette étude n'est pas complète. C'est un compte rendu de la causalité dans la langue Arabe tout en établissant une analogie avec la langue française. La langue arabe comme il a été mentionné, a été étudiée dans les textes selon le besoin et liée à d'autres notions grammaticales ou théologiques. En comparant l'étude de la causalité faite par [Nazarenko. A, 2000], nous avons obtenu ces expressions de la causalité dans la langue arabe. L'arabe classique (comme d'autres langues) a des mots outils qui se présentent comme des noms et des particules. Il existe deux sortes de prépositions les unes ont gardé une valeur précise et sont des (مصادر \ noms verbaux) au cas direct faisant fonction de termes circonstanciels [À cause de, pendant, durant]. Les autres sont des mots qui sont réduits à des mots outils [Par, à, de ...] [Blachere R. & all, 1975]. Les phrases causales sont des propositions qui expriment ce pourquoi l'action se produit ou s'est produite. Nous présentons les connecteurs (mots outils) avec leurs propriétés ensuite les propositions utilisant la causalité.

6.1. Les connecteurs causaux :

Les connecteurs en langue arabe sont soit des particules (حروف) soit des noms (أسماء). Nous donnons leur signification selon les connecteurs de la langue française.

À cause de { ل - بسبب ان - }, Car : (conjonction) : { إذان-بمأن- لأن }, Cause : { سبب }
 A cause de : { بالنظر إلى - بسبب - ل }, Effectivement : { حقيقة- فعلاً }, Effet : { أثر - مفعول -
 إنجاز- تحقيق- إنجاز- نفاذ(قانون)-تنفيذ - قوة آلة- طريقة ماثورة - تأثير
 - بهذا الصدد- فإن- لذا }, En effet (locution conjonctive) : { فعلا - من الواقع }, A cet effet (locution conjonctive) :
 -على أثر : { حقيقة- حقا- في الواقع }, du fait (locution prépositionnelle) : { على أثر-
 بعد إذ }

En fait (locution prépositionnelle) : { بصدق- بشأن }, Par le fait (locution adverbiale) : {
 لكون - بسبب - لان - إذ- بمأن- لأن }, Parce que (locution conjonctive) : { فعلا- في الواقع },
 Par conséquent (locution adverbiale) : { إذا - بالتالي - بالنتيجة- بالتال - إذا }, en conséquence (locution
 adverbiale) : { بحيث- إذان- بمأن }, Puisque (conjonction) : { من ثم- بناء على- من ثم-
 مقابله- لقاء - من ناحية- لكي - كي - حتى - إلى- بالنسبة - لأجل - بقصد - كذا - ل-
 من أجل (locution conjonctive) : { حتى - كي - ل }, C'est pourquoi (locution conjonctive) : {
 لهذا السبب- هذا
 Le pourquoi de toute chose : { سبب كل الأشياء }, d'où :

{ من أي - من حيث - من أين } , par où : { (من حيث - بمكان) - بأن } , Notamment (adverbe) { من ثم - من الأثر - بالتالي } , Par suite (locution adverbiale) : { لاسيما - خصوصاً - خاصة }

Par suite (locution adverbiale) : { بناء على - بسبب - على أثر } , Raison : { واجب - علة - سبب } , En raison : { لإعتبار } , Comme de raison : { من العدل أن - بمأنه } , Motif : { دافع - دافع - دافع } , Sous motif : { دون سبب } , bon motif : { من أجل } , حافز - حافز - سبب - باعث

en vertu : { إستناد إلى - بموجب - بناء على } , afin de /que, a l'avantage de, en faveur de, en raison de, pour, pour que , de la, aussi, c'est pourquoi : { لذلك - لذا } .

6.1.1. Propriétés des connecteurs

Nous remarquons que les 'connecteurs' de cause se comprennent à travers le sens de la phrase. Ils se présentent sous forme d'une particule, de composition de particules ما+إن=إما ou composition d'un mot du lexique avec ou une ou plusieurs particules. Par exemple la particule لا peut être un connecteur de cause (خرج ليعمل \ خرج للعمل) (sortir pour travailler), peut s'attacher à un mot du lexique cause لسبب ou à une autre particule - لذلك - لذا - ou à un mot du lexique qui aura un sens de cause لإعتبار , لأجل . Egalement cette particule a d'autres sens : de temps (moment de la rencontre) لاجبه , une énonciation (dire à son frère) قال (le crayon appartient à son frère) : القلم لأخيه (le crayon appartient à son frère). Ainsi l'étude de la causalité n'est pas automatique par l'intermédiaire des 'connecteurs' mais dans le sens de la phrase et du contexte. D'ailleurs, la TGA appelle ces 'connecteurs' mots outils et les catégorise soit dans les noms soit dans les particules avec leur emploi grammatical. Leur sens de cause ou autre se déduit selon le contexte i.e. par rapport au sens des mots et leurs relations entre eux. Nous donnons les propriétés de ces mots outils et des phrases (propositions) qui s'y rapportent (les conditionnelles \ (جمل الشرطية) , les phrases avec complexes prépositionnels \ أدوات الجر) .

6.1.2. Les mots outils :

Ils sont soit des noms ou particules

- أيان est un nom qui exprime la condition et a un rôle d'adverbe de temps.

(أذهب أين أو أينما تذهب \ أياك أهرب منك أجدك أمامي) (quoi que je fasse pour te fuir, je te trouve devant moi)

- متى peut être un nom de condition.

- **لاكن** forme allégée (mais) لاکن أكثر الناس (mais la plupart des gens
- **إما** est une particule de condition et d'explication. Elle est composée de **إن** et **ما**.
est accompagné de **ف**
أما أن تتطلب منه الدقة فهذا مستحيل
- **لما** est une particule de condition si elle se place devant un verbe conjugué à l'accompli
(لما إجتهدت نجحت) \ parce que tu t'es appliqué, tu as réussi)
(لما إعتمدت على نفسك فزت) \ puisque tu as compté sur toi-même, tu as réussi)
- **كلما** est une particule de condition et temps . Elle est composée de **كل** et **ما** .
(كلما أتاك زيد أكرمته) \ toutes les fois que zaid te rende visite, alors tu l'honores)
- **لولا** est particule de condition
(لولا الأمل لا نقطع الرجاء) \ si ce n'est l'espoir, il n'y aurait pas de fois en l'avenir)
(لولا المطر ليبس الزرع) \ s'il n'y avait pas de pluie, le blé serait desséché)
- **لو** est une particule, elle a le sens de condition, peut se traduire par si(Si elle se place devant le verbe elle a des comportements syntaxiques :
(لو إفتحت الزهرة لقطفتها) - (si la fleur avait éclo, je l'aurai cueillie) (le verbe est à l'accompli)
(لو زرتني لأكرمك) (لو se place devant un nom. Ce dernier a le rôle de sujet d'adverbe implicite)
(لو الشاهد جاء لحكم القاضي) (si le témoin s'était présenté, le juge aurait prononcé son verdict \
(لو جاء الشاهد جاء تفسر الفصل المحذوف)
- **كيف** - est 'nom' de condition (كيف تصنع أصنع) (comme tu fais, je fais)
- **كيفما** : composé de **كيف** et **ما** est dans ce cas nom de condition **كيفما تعملُ تُوجرُ** (chaque travail mérite salaire)
- **إذا** (إذا) **إذا**
- **إذا** est un adverbe (ظرف) qui est lié à des notions de temps futurs

- إذا est au début de deux phrases l'une la condition et la seconde la réponse à la condition

-Dans le cas où un nom suit إذا, ce nom est vu comme sujet d'un verbe implicite si le verbe explicité qui vient est verbe implicite (إذا المشروع أنجز فسيحقق الخير) \ (إذا انجز) si le projet avait été réalisé alors la richesse serait répandu)

إذا-se rapproche de إذ - , إذا se construit avec un verbe à l'accompli qui signifie lorsque au moment où; إذا peut commencer une proposition nominale et indique que le fait ou l'état expliqué par celui-ci vient de se manifester

- فاء السببية avec " أن مضمر " cette particule a le sens causalité avec d'autres notions

-avec la négation (النفي) لست أنكر الفصل فأتهم بالجحود) (Je ne renie pas la gratitude pour ne pas être accusé d'ingratitude).

-après un ordre (طلب الأمر) (سري إلى البيت فتستريح) \ (vas à la maison pour que tu te reposes)

- أين est un nom indiquant une position, une place, tout en comprenant le sens de condition (أين تجلس أجلس) \ (ou tu t'assoies je m'assoie)
- ما : composition de إذ et ما . Dans ce cas, c' est nom de condition qui rend apocopé deux verbes (تجتهد تتجح إذا) \ (si tu t'appliques tu réussis)
- حتى vue à travers le Français, est tantôt une conjonction , tantôt un adverbe , tantôt une proposition introduisant une subordonnée verbale . Elle a plusieurs sens, nous mentionnons les liens avec la causalité, comme le but.

-حتى a une notion de but (فم حتى أعود) \ (Lève-toi pour que je m'asseye)

-حتى a le sens de كي (pour) qui est l'explication causale (لا يزالون يبتون مشروعهم حتى) \ (Ils n'ont cessé de travailler leur projet jusqu'à réalisation).

-حتى a le sens de إذ. (je n'ai cessé d'apprendre l'anglais jusqu'à le parler couramment).

6.1.3. Complexes prépositionnels (أدوات الجر)

Définition : (أدوات الجر \ complexes prépositionnels) ont un emploi syntaxique. Le nom qui succède une voyelle finale /i/. Cette particule donne ou ajoute le sens du verbe au nom qui suit le verbe. C'est un lien entre le sens du verbe et le nom qui vient après la particule (كَتَبْتُ بِالْقَلَمِ \ J'ai écrit avec le crayon : l'écriture se fait par l'intermédiaire, grâce au crayon) . Si l'écriture n'est pas lisible je dirai **à cause** du crayon. Ainsi elles peuvent donner un sens de causalité. Nous présentons ces particules:

▪ لِ a trois rôles : deux syntaxiques (الجر), (apocopé \ الجزم), et le troisième (غير عاملة \ neutre). Sémantiquement, elle peut se définir

- Par énonciation : (لِ اللَّهِ \ pour Dieu :demander du secours (A cause du danger) .
 - A un sens de grâce à Dieu (الحمد لله \ Louange a Dieu).
 - particularité (الإختصاص) (الجائزة للمقائزين \ Le prix pour les gagnants).
 - Le devenir (الصيرورة) (وُلِدَ الْإِنْسَانُ لِحَيَاةٍ أَبَدِيَّةٍ) (l'homme est créé pour vivre éternellement).
 - Explication causale (خُذِ الدَّوَاءَ لِتَبْرَأَ \ prends les médicaments pour guérir)
 - apocopé (لِيَحْكُمَ الْقَاضِي \ pour que le juge jugera)
 - neutre (emploi syntaxique) s'emploie toujours لِ a un sens de alors après : (لَوْ، لَوْ، لَوْ) : (لَوْ لَوْنَا \ sans la justice,les hommes aurait péri), (لوْنَا العَدْلَ لِهَلَكَ النَّاسُ \ si vous revenez, nous reviendrons), (عُدْنَا لِعُدْنَا
 - لِ a des emploi de but avec des nuances de but (مَضَى لِسَبِيلِهِ \ Il est parti pour ses affaires) .
 - لِ a un sens abstrait de but et en même temps de cause {pour, à cause de, du fait de,} etc ... (جِئْتُكَ لِحَاجَةٍ \ je suis venu pour affaire),
 - لِ لِأَجْلِ ذَلِكَ - à cause de cela – c'est pourquoi
 - Un sens de : en en faveur de, où. (دَعَا لَهُ \ Il pria pour lui . Il pria (en sa faveur)).
 - كِي a le sens de l'explication causale. Elle est explicite et implicite.
- Explicite (اِجْتَهْدْ كِي تَنْجَحَ \ applique-toi pour que tu réussisses)
- كِي est devant un verbe mais le nom est implicite. Dans cette phrase كِي a le sens de لِ

(\اجتهد للتّجّاح) \applique-toi afin que tu réussisses)

De même : elle peut être suivi de \إنّ، (أحسن السّكوتَ كي تُحسنَ الفهمَ) (كي أنّ تُحسنَ الفهمَ :)
 (اجتهد لكي تتجّح - اجتهد كي تتجّح), \apprends à écouter pour apprendre à comprendre),
 (اجتهد كي أنّ تتجّح - \ appliques toi pour que tu réussisses).

▪ **على** Parmi le sens de cette particule l'explication causale a le sens de \

-Une idée d'effort (هُوَ حَرِيصٌ عَلَى الْعِلْمِ \ Il est avide de science) ,

- et pour \او لتشكر أخيك على فضله) (\إنّ : le sens de : \على exprime aussi la cause , comme le sens de :
 (remercier ton frère pour ses bienfaits) ,

-L'emploi des verbes signifiant attaquer, se révolter contre, (\خَرَجَ عَلَى - عَضَبَ عَلَى)
 (se courroucer contre),

-Une obligation (\ je suis venu vers toi parce que tu es généreux) (\ قصدتك على انك كريم) .

Une idée de conformité, selon, conforme (\على ما رأيتُ في الكُتُبِ) (Selon ce que j'ai vu dans les livres)

-A le sens de par (\ فِتَحَتْ هَذِهِ الْبِلَادَ عَلَى يَدِ عَمْرٍ) Elle fut conquise par Amr, a le sens (à cause de, pour),
 (\ نَتَّارَكُنَا عَلَى غَيْرِ شَيْءٍ) (Nous nous sommes quittés pour un rien, à cause d'un rien) .

▪ **الباء ب** (cette particule est l'une des vieilles prépositions sémitique).

-Parmi le sens de cette particule l'explication causale.

-Notion d'instrumentale d'échange (pour) (\أَعْطَاهُ بِأَبْيَاتِهِ أَلْفَ دِينَارٍ) \il lui donna pour ses
 vers mille dinars) .

-Notion d'instrumental de causalité (\ فَرَحْنَا بِذَلِكَ) (Nous nous réjouîmes de cela- à cause de cela).

▪ **عن** après [Blachere R. & all, 1975], cette préposition n'existe qu'en arabe. Souvent, elle permute avec من mais elle a des emplois spéciaux. Parmi ses plusieurs sens l'explication causale

(\ نَحْنُ بِتَارِكِي آلِهَتِنَا عَنْ قَوْلِكَ) (à cause de tes dires, nous quitterons nos dieux)

▪ **من** a plusieurs sens, parmi ces sens l'explication causale .

(مِنْ كَذَّكَ نَجَحْتَ \ tu as réussi à cause de ton application.)

-Cette notion d'origine conduit à celle de cause en générale et cette proposition introduira le mot indiquant ce qui est à l'origine d'un fait ou d'une action.

(أَنَّهُ مُعْتَذِرًا مِنْ ذَنْبٍ (Il est venu à lui s'excusant de ses mauvais agissements) .

A le sens de « du fait » أَظْهَرَتْ مِنْ نَجَاحِ صَدِيقِهَا فَرَحًا (Elle montra de la joie du fait de la réussite de son ami).

- (الكاف) ك Parmi ses sens L'explication causale (إليك \ sois généreux comme on l'a été envers toi).
- لعل : exprime la cause. (اجتهد لعلك تنجح \ applique- toi pour que tu réussisses)

6.2. L'emploi des mots outils dans les phrases

Comme nous venons de le voir, les mots outils n'ont pas seulement le sens de la causalité. Néanmoins ils permettent un repérage de la causalité dans les phrases selon le contexte. Parmi ces phrases, nous citons les propositions (conditionnelles \ الجمل الشرطية), (les causales \ مفعول له), (les finales \ لأجله), (les consécutives \ النتيجة)¹

- **Les conditionnelles** (الجمل الشرطية)

Les mots outils employés dans les phrases de conditions (جمل الشرطية) sont appelés entre autres (ادوات الشرط) et sont soit des noms ou des particules. Les noms de conditions (أسماء الشرط) sont [مهمما - أي - حيثما - من - ما - إن - إذما - متى - أيان - أن] et les particules de condition sont [إذا - كيف - لو - لولا - كلما - لَمَا - أمّا]. Ces mots outils sont classés également selon leur syntaxe.

Les propositions conditionnelles se composent de deux parties: la première partie s'appelle جملة الشرط (la phrase de Condition) et la seconde: la réponse à la condition (جواب الشرط). Elles ont des nuances diverses dont il faut tenir compte. Elles peuvent marquer :

- Une possibilité réelle : si = s'il est vrai que

On emploie l'indicatif présent (فأنا أكرمك) - إن أتيت إليّ ، أكرمتك \ Si tu viens, je t'honore.)

¹ La traduction et les exemples sont inspirés de [Hajjar, J.N, 1986]

- Eventuelle (للدلالة على ذلك الإمكان في المستقبل) si = s'il arrive que (au cas où) و في (في اللغة الحديثة: إذا أتيت، فأنا أكرمك) (Si tu viens, je t'honorerai, la réponse au futur) dans le MSA (إن أتيت، أكرمك)
- Une supposition possible (للإفترض الممكن) si = supposons que: (Si tu venais, je t'honorerais on à l'imparfait, réponse au conditionnel) (إن تأت إليّ، أكرمك - فأكرمك)
- Irréelle (غير الممكن): si = supposons par, impossible que . (Si tu venais, je t'honorerais \ Si tu étais venu, je t'aurais honoré) (لو أتيت لأكرمك)
- Corrélation (conditionnelle temporelle : للمناسبة في الزمان) si = toutes les fois que (في اللغة الحديثة : إذا درست، تتجّح - si tu travailles, tu réussis \ إذا درست نجحت)
- **Les causales (مفعول له)**

Ce sont des propositions qui expriment ce pourquoi l'action de la principale se produit ou s'est produite. Elles commencent par { وقد - إذ } pour les phrases verbales (جمل فعلية) et { لأنّ - بسبب أنّ - من حيث أنّ - لما أنّ - بما أنّ - إذا كان - لما كان - واو الحالية (أحيانا) إن } pour les phrases nominales (جمل إسمية).

- Elles sont souvent juxtaposées (Mon père n'est pas venu : Il était malade) ou (لم يأت أبي ، وقد مرض)
- Coordonnées (Mon père n'est pas venu, il était malade) ou (لم يأت أبي ، وقد مرض)
- Exprimés par une apposition (Etant malade, mon père n'est pas venu) ou (إنه مريض ، لم يأت أبي)
- Une principale (Le chat parti, les souris dansent) ou (إذ انطلق القط ، رقصت الفئران)
- Le plus souvent elles sont conjonctives (Mon père n'est pas venu, parce qu'il est malade), (لأنّه كان مريضا ، لم يأت أبي) (Nous avons réussi, parce que nous avons travaillé) (لقد نجحنا ، لأننا درسنا)
- Certaines causales ont un sens un peu temporel après « comme » (الأمير لما كان) (Comme le prince était à la chasse, il vit un oiseau) (إذا كان يصطاد) يصطاد رأى طائرا

▪ **Les finales** (المفعول لأجله)

Les propositions marquant le but sont à l’infinitif précédé de « pour », lorsque le sujet se la proposition principale est de la même que celui de la proposition subordonnée. Les propositions qui exprime المفعول لأجله sont verbales et les mots objets sont : الأدوات (اجتهدت لأنجح), (Etudie, pour réussir \ أدرس فتفجح) { لكي - كي - ل - حتى - و - ف - لكي لا - لئلا } الناصبة (J’ai travaillé, pour réussir), (Je travaille, pour que mes parents soient heureux \ أجتهدُ ، كي يسعد والديّ) (Ne bois pas de vin, de peur de t’enivrer) \ لكي لا تسكر - لئلا تسكر \ لا تشرب الخمر ، فتسكر) (

▪ **Les consécutives** (النتيجة)

Elles expriment la conséquence d’un acte ou d’une qualité de la proposition principale. On les trouve après les expressions suivantes : de façon que, de telle manière que, de sorte que...

(هو طيب ، حتى) (Ils me nourrissent si bien, que la vie revint \ أطعموني ، حتى تراجعت نفسي) (يمتاز بطيبة نفس ، تجعله) (Il est si bon, qu’il excuserait même son ennemi) \ إنه لقد يصفح عن عدوه (Il est si bon, qu’il excuse toujours ses rivaux) \ يصفح دائما في أخصامه

On déduit que la causalité dans les causales et les finales est syntaxique et lexicale. Comme les connecteurs ou mots outils ne sont pas exclusifs pour la cause c’est au lexique de donner ce sens. Le lexique joue un grand rôle dans la causalité de la langue arabe.

6.3. Le Lexique

Le lexique joue un grand rôle dans la causalité de la langue arabe. Déjà en français, le lexique de par sa richesse a des possibilités de création de tournure qui exprime la causalité. C’ est un moyen privilégié pour exprimer les différents types de causes. Comme en français, nous donnons des expressions lexicales qui exprime la cause:

- Les expressions de cause ou des locutions { دون - لهذا السبب - سبب كل الأشياء - بسبب } تحقيق - حقيقة - حقا { { فعلا - مفعول } , { على أثر - طريقة متأورة - على أثر - تأثير - أثر } , { سبب - سبب } , { لأجل هذا - لأجل - من أجل - من أجل هذا } , { في الواقع - من الواقع - إنجاز - نفاذ (قانون) - تنفيذ } , { بالنسب - بقصد - بناء على - منطقية } , { كنتيجة - بالتال - لكن } , { في الواقع - بصدد - بشأن } - من العدل أن - لإعتبار - واجب - علة - لاسيما - خصوصا - خاصة - بمكان } , { مقابل - لقاء - من ناحية } { بالنظر إلى - بهذا الصدد - قوة آلة - إستناد إلى - بموجب - داع - حافظ - باعث - دافع

- Des classes de mots peuvent être formées à la base de la racine et de schème, qui sont composés par les substantifs, les adjectifs et leurs correspondants adverbaux (nom verbal, participe actif, participe passif). Ses correspondants reposent le plus souvent sur des phénomènes de dérivation et des paraphrases morpho-syntaxique qui permettent des variations stylistiques autour d'une même « notion causale. D'ailleurs notre construction d'ontologie repose sur ces constructions (voir l' Annexe 1).

Le lexique de la langue arabe est 85% formé à partir d'une racine triconsonnantique qui est représentée par un verbe que nous considérons en général comme action.

De même la voix passive a un rôle important dans la lecture de la causalité qui a été nommé par [Nazarenko, A.,2000] (La participation actancielle). A la frontière entre la syntaxe et la sémantique lexicale la catégorie de la voix est reconnue pour véhiculer indirectement des informations causales. La voix décrit la manière dont les actants participent au procès décrit par le verbe. En langue Arabe cela se traduit par la voix passive : [Blachère, R. 1975]. La voix passive a en Arabe une signification et un emploi syntaxique assez différent de ceux du passif français. Elle n'a point d'impératif, elle a l'accompli, l'inaccompli avec les trois modes et les deux énergiques. La voix passive est spécifique dans la langue arabe. Elle est lexicale et fait ressortir le sens du causateur.

La causalité est déjà présente dans la morphologie des mots de la langue arabe. Nous avons exposé un résumé qui est loin d'être complet. Nous avons juste établi que la causalité en langue arabe est lexicale et son lexique qui repose sur les verbes est porteur d'inférence. A partir de DeArOntology, on peut avoir les verbes, les formes de verbes, le temps, la voix passive.

7. Conclusion

La présentation de l'ontologie en philosophie, informatique et ingénierie des connaissances nous permettra d'introduire la DeArOntology. Cette dernière se situe dans le plan conceptuelle d'une ontologie et formalise le lexique sur la base des caractéristiques de la langue arabe : racine, schème, dérivation et flexion et se situe dans le même cadre de conception de la TGA. Nous avons présenté les ingrédients de cette formalisation : classification à partir de verbe et génération des mots. Ensuite à l'aide des

‘outils concepts’ mathématiques de la théorie des ensembles, nous avons construit cette métaontologie qui peut être pris comme cadre formel à toute application de linguistique et informatique car cette dernière est implémentable. Nous avons étudié la causalité dans la langue arabe par analogie à la langue française : les connecteurs, les propositions (tournures syntaxiques) et le lexique. Il est à remarqué comme en langue française, la relation de causalité se superpose avec les autres relations de temps, de condition et de consécution.

La causalité dans le langage naturel est souvent implicite. Pour pouvoir la représenter, on a besoin d’une représentation de la causalité basée sur la logique permettant d’inférer les causes (explication) ou les effets (prédiction). Une étude que nous avons adoptée dans notre approche pour la langue arabe. De même que la langue française, la relation de causalité en langue arabe, est surtout lexicale (lexique verbal) qui est adéquat à la DeArOntology. Les verbes peuvent être considérés comme des actions, entités qui ont été étudiées en Intelligence Artificielle dans le cadre de la formalisation de la causalité par [Mokhtari, A.1997].

CHAPITRE 5

Application et Evaluation

1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons dans la première partie la validation de la DearOntologie. Dans la deuxième partie, nous exposons la théorie causale d'Aicha Moktari [Moktari, A., 1997] avec une application à la causalité (Yale shooting problem (YSP) pour la langue arabe).

2. Présentation de l'approche causale

La théorie causale [Moktari, A., 1997] est basée sur les actions i.e. une préférence de sélectionner les causes parmi un ensemble d'actions qu'un agent a la possibilité d'effectuer ou pas avec la notion du libre arbitre et une structure de temps avec un branchement du passé vers le futur. Cette approche modélise le raisonnement causal proche du raisonnement humain. L'action joue un rôle important dans cette représentation pour déterminer les causes d'un effet et il est question des causes volontaires (libre arbitre).

2.1 Action et causalité

Agir c'est produire intentionnellement (à volonté) ou empêcher un changement dans le monde¹. Le concept de l'action a été abordé par plusieurs approches. Parmi elles, 'frame problem' dans le calcul situationnel avec les problèmes de qualification, de persistance et ramification. Les solutions proposées ont des limitations dues à l'inadéquation du traitement du temps notamment la durée (sachant qu'une action prend généralement du temps), les effets qui peuvent ne pas suivre immédiatement) et les effets d'actions concurrentes. Pour résoudre ces questions une représentation du temps est proposée.

2.2. La représentation du temps dans la causalité

La continuité du temps correspondant aux actions, événements ou autres est considérée comme n'arrivant pas de façon discontinue. De même, l'idée que le temps est indéterminé avec l'ouverture du futur et du passé mais d'un point de vue permettant le raisonnement causal. Le temps a été défini explicitement au moyen de points du temps.

¹ Cette définition englobe aussi ne pas agir.

- **Un point du temps t** est un état instantané de l'univers défini par un sous-ensemble de propositions vraies à une certaine date et par cette date. L'ensemble des points t est noté T et ce sous ensemble des propositions n'est pas quelconque mais le résultat d'une relation causale.

- **La date d'un point du temps** est définie par la fonction *Date* qui associe à chaque élément de T sa date le projetant sur l'axe des réels.

- **Une ligne de temps l** (ou 'chronique', selon la terminologie de McDermott [McDermott, D.V., 1982b]) est une succession de points du temps, qui est en bijection avec un ensemble de dates et représente une évolution possible de l'univers vue comme une connaissance complète des propositions 'intéressantes'. Un point de temps de cette succession répond à la règle : «*il n'y a pas d'effet sans cause*».

- Soit L l'ensemble de toutes les lignes de temps. Les points de temps d'une ligne du temps sont totalement ordonnés par la relation de la précédence notée " \leq "; telle que $t_1 \leq t_2$ est équivalent à ' t_2 ne précède pas t_1 '. Si t_1 précède strictement t_2 on écrira $t_1 < t_2$ qui exprime que "*aucun effet ne précède sa cause*".

- tout point de temps appartient à une ligne de temps.

- Comme on a une bijection entre l'ensemble des points du temps et l'ensemble des dates, on a la compatibilité entre des deux relations d'ordre¹ :

- De même nous avons la propriété de densité pour les points de temps de l quelconque,

Parmi les points de temps, des points de temps particuliers (mis en évidence) sont appelés «*points de choix* ». Ces points de choix sont des points de temps associés aux actions. Comme une action n'a pas toujours lieu parce que l'agent l'a décidé (libre arbitre) ou les conditions ne sont pas réunies (qualification de l'action, nous choisissons des structures sous la forme de branchement (voir Figure 5.1.)). Notons l'ouverture du passé et du futur. Egalement, nous pouvons envisager des lignes qui se rejoignent en un point futur : cas d'une action sans effet 'intéressant' à moyen terme par exemple ligne l_2 et l_3 .

¹ Les deux relations d'ordre sont notées par le même symbole

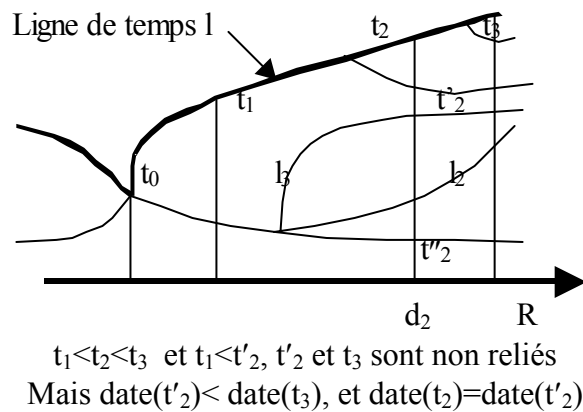


Figure 5.1 : Structure de branchement

Pour les définitions plus formelles, se référer à [Mokhtari, A. 1997]

2.3. Langage

Cette approche s'exprime dans un langage propositionnel du premier ordre étendu par la temporalité et normalité. Tout système formel se compose de la syntaxe et sémantique.

2.3.1. Syntaxe

La syntaxe se définit sur deux niveaux :

- **Le premier niveau** représente les informations statiques. C'est un langage propositionnel ordinaire avec :

P un ensemble des propositions auxquelles nous nous intéressons,

A est un sous ensemble de P (les éléments de A sont des actions) et

E est un sous ensemble de P (les éléments de E sont des effets qui sont des faits évènements ou autre) tels que $A \cap E = \emptyset$ et $P = A \cup E$.

Une formule de ce langage est un regroupement particulier dans lequel la composition des actions avec des événements n'est pas permise.

Soit * un des opérateurs binaires classiques : \wedge , \vee ou \supset , $a, a' \in A$ et $e, e' \in E$.

Soient a et a' des formules, $\neg a$ et $a * a'$ sont aussi des formules.

Soient e et e' des formules, $\neg e$ et $e * e'$ sont aussi des formules.

• *Le deuxième niveau* exprime les informations ‘dynamiques’ qui contiennent des prédicats avec des variables de temps. Si p une formule du premier niveau, l une ligne du temps et $t \in l$, t un état de temps on a les valeurs \mathcal{V} et nocc telle que :

○ $\mathcal{V}(p, l, d_t)$ signifie que la proposition p est vraie dans la ligne du temps l à la date d de l’état de temps t .

○ $\text{nocc}(p, l, dt, \Delta)$ signifie que la proposition p est toujours fausse (ou n’apparaît pas) dans la ligne de temps l à partir de la date de l’état de temps t sur toute la durée Δ . Autrement dit

$$(\forall t') (t' \in l \wedge d_t \leq d_{t'} \leq d_t + \Delta \supset \neg \mathcal{V}(p, l, d_{t'}))$$

2.3.2. Sémantique

La théorie des modèles associée est une généralisation de la sémantique de Kripke des mondes possibles [Kripke, S.A., 1963]. Dans ce modèle, une interprétation est définie comme une fonction I :

$$I : L \times \mathbb{R} \rightarrow 2^P$$

telle que L est l’ensemble des lignes de temps, \mathbb{R} est l’ensemble des réels.

Cette interprétation définit un modèle :

• $t \in l$ est vrai dans le modèle si et seulement si à l’état de temps t , l’ensemble des propositions vraie est égal à l’ensemble des propositions $I(l, d_t)$,

▪ $\mathcal{V}(p, l, dt)$ est vraie dans le modèle si et seulement si $p \in I(l, dt)$, i.e., la proposition p est vraie à l’état de temps t déterminé par la ligne de temps l et la date d_t ,

▪ $\text{nocc}(p, l, dt, \Delta)$ est donc vraie dans le modèle si et seulement si

$$(\forall t') (t' \in l \wedge d_t \leq d_{t'} \leq d_t + \Delta \supset p \notin I(l, d_{t'}))$$

Qui signifie que la proposition p n’apparaît pas,

• Les interprétations des formules $\mathcal{V}(p, l, d_t)$ et $\text{nocc}(p, l, dt, \Delta)$ permettent facilement les définitions des formules prédicat :

▪ $\mathcal{V}(p \wedge q, l, d_t)$, $\mathcal{V}(p \vee q, l, d_t)$ et $\mathcal{V}(\neg p, l, d_t)$, ou

- $\text{nocc}(p \wedge p, l, d_t, \Delta)$, $\text{nocc}(p \vee q, l, d_t, \Delta)$ et $\text{nocc}(\neg p, l, d_t, \Delta)$.

Les actions peuvent causer des événements, des faits ou autres. Comme dans [Shoam, Y., 1988], aucune distinction n'est faite entre ces objets, ceci permet d'éviter de définir plusieurs types de causes telles que les 'Ecause' et 'Pcause' [McDermott, D.V., 1982b] ou 'Ecause' et 'Acause' de J. Allen [Allen, J., 1984].

Le second niveau est le langage enrichi par deux opérateurs : \rightarrow et \Rightarrow

- L'opérateur \rightarrow exprime que l'action **a** implique dans tous les cas l'effet **e** après un délai Δ . Néanmoins la dépendance entre la cause et l'effet n'est souvent pas strict et varie selon le contexte. Ce qui a amené à définir les sous-ensembles de lignes de temps préférés et à augmenter le langage par un autre opérateur \Rightarrow qui signifie 'a implique normalement'.

- L'opérateur \Rightarrow exprime que l'action **a** implique normalement l'effet **e** après un délai Δ $\mathbf{a} \Rightarrow \mathbf{e}[\Delta]$ dans certaines lignes de temps appelées 'lignes préférés' avec cet opérateur.

$\mathbf{a} \Rightarrow \mathbf{e}[\Delta]$ est une formule bien formée et son interprétation nécessite d'autres informations que la logique développée jusqu'à présent ne peut représenter. Pour donner un sens à cette notion de normalité, il est demandé de raisonner avec des informations incomplètes. Dans l'absence d'informations spécifiques, nous supposons la croyance que les choses se comportent normalement sachant qu'il peut y avoir des 'cas anormaux' où ces effets n'ont pas lieu. Il y a lieu d'avoir une extension de la logique pour rendre compte de cet aspect. Ainsi, nous devons prendre en compte toute théorie de changement (il s'agit de résoudre les problèmes inhérents à la théorie de l'action tel le 'frame problem' :

Les pré-conditions d'une action **a** ou *qualification* de l'action **a** revient à représenter ce qui est 'raisonnable' avant d'effectuer l'action **a** ;

Les conditions d'inhibition d'une action **a** revient à représenter les effets des autres actions qui peuvent inhiber les effets de **a** ;

La persistance des états, correspondant au fait que des propositions continuent d'être vraies pendant une durée de temps jusqu'à l'apparition d'un événement externe qui entraînera leur fausseté.

Les définitions de toutes ces notions se trouvent dans [Mokhtari, A. 1997]

2.3.3. Lignes de temps préférés

Pour définir la notion de lignes de temps préférés, nous avons besoin d'introduire les notions de coïncidence, de préférence et d'existence (consistance).

Définition (coïncidence) Deux lignes de temps l_1 et l_2 coïncident dans l'état de temps t , notée $\text{coïncide}(l_1, l_2, t)$ si pour chaque état de temps t' précédant t on a $t' \in l_1 \iff t' \in l_2$. En d'autres termes un modèle satisfait $\text{coïncide}(l_1, l_2, t)$ si et seulement si

$$(\forall t') (d_{t'} < d_t \implies I(l_1, d_{t'}) = I(l_2, d_{t'}))$$

- Nous définissons $L_p(l, d_t)$ l'ensemble des *lignes de temps préférées* de la ligne l à l'état de temps t et la date d_t comme une fonction L_p de l'ensemble des lignes de temps $L \times \mathbb{R}$ dans 2^L .

Nous pouvons introduire la notion de coïncidence dans les lignes de temps préférés. Une ligne de temps l' qui appartient à l'ensemble des lignes de temps préférées l à l'état de temps t , contient les mêmes états de temps que l au moins jusqu'à l'état t .

- *Existence* : nous avons toujours une préférence pour un certain ensemble de lignes de temps. Nous exprimons cette supposition à l'aide de ce postulat :

$$\text{Postulat (de consistance)} : (\forall l, t) (t \in l \supset L_p(l, d_t) \neq \emptyset)$$

- *Préférence*

$$\text{Postulat (de préférence)} : (\forall l_1, l_2) \text{coïncide}(l_1, l_2, t) \supset L_p(l_1, d_t) = L_p(l_2, d_t)$$

Tous ces aspects nécessitent généralement l'utilisation d'un raisonnement non monotone.

2.4. Raisonnement non monotone de la causalité

Faire des inférences dans une évolution normale du monde, on suppose l'existence d'une fonction appelée norme. Pour chaque action est définie un ensemble de propositions qui doivent être normalement vraies pour l'exécution de l'action. Formellement, la norme est définie

$$\text{norme} : A \rightarrow 2^P$$

Où $\text{norme}(a)$ contient toutes les propositions (pré-conditions) vraies ou spécifiées pour que l'action a puisse être exécutée.

Vu l'importance de définir les inhibitions, on suppose aussi l'existence de la fonction appelée *inhibe* telle que pour tout couple (e, a) ou e est normalement l'effet de a qui détermine les événements qui empêchent e d'apparaître après l'action a :

$$\mathit{inhibe} : E \times A \longrightarrow 2^E$$

$\mathit{inhibe}(e, a)$ est le sous-ensemble E' de E avec $e' \in E'$ si et seulement si à chaque fois que e' apparaît durant le délai après l'action a , où e devrait devenir vrai, e devient faux dans tous les futurs préférés. Nous disons que e' inhibe l'effet e de l'action a .

2.4.1. Implications et actions

Définition (implication stricte) : Une action a implique strictement un effet e dan un délai Δ notée $a \rightarrow e[\Delta]$:

$$a \rightarrow e[\Delta] \text{ si et seulement } (\forall l, t) (t \in l \wedge \mathcal{O}(a, l, d_t) \supset (C1 \wedge C2))$$

$$C1 : \{(\exists t')(t' \in l \wedge d_t \leq d_{t'} \leq d_t + \Delta \wedge \mathcal{O}(e, l, d_{t'}))\}$$

$$C2 : \{(\forall l')((\forall t')(t' < t \supset (\text{coïncide}(l, l', t') \wedge \mathcal{O}(a, l', d_t) \wedge \neg \mathcal{O}(a, l', d_t, \Delta)))\}$$

$C1$ dénote que e se produit dans un délai indépendant du contexte ;

$C2$ exprime que a est pertinent pour un effet e et tout est égal par ailleurs. Si a n'a pas lieu e n'est pas garanti de se produire. Cette condition reflète la contrefactualité toujours présente dans la causation.

Définition (implication normale) : Une action a implique normalement l'effet e dan un délai Δ , notée $a \Rightarrow e[\Delta]$

$$a \Rightarrow e[\Delta] \text{ si et seulement si } (\forall l, t) [\forall p (p \in \text{norme}(a) \supset \mathcal{O}(p, l, d_t)) \supset (C1 \wedge C2)] \text{ où}$$

$$C1 : \{ \mathcal{O}(a, l, d_t) \supset [(\forall l') ((l' \in Lp(l, d_t)) \supset (\exists t')(t' \in l' \wedge d_t \leq d_{t'} \leq d_t + \Delta) \wedge \mathcal{O}(e, l', d_{t'})) \vee$$

$$(\exists e', t'')(e' \in \mathit{inhibe}(a, a) \wedge t'' \in l' \wedge \mathcal{O}(e', l', d_{t''}) \wedge d_t \leq d_{t''} \leq d_t + \Delta)] \}$$

$$C2 : \{ \mathcal{O}(\neg a, l, d_t) \supset (\exists l')(l' \in Lp(l, d_t) \wedge \text{nocc}(e, l', d_t, \Delta)) \}$$

Explication

- Si l'action **a** est exécutée sous des *conditions normales* il existe **e** qui se produit dans tous les futurs préférés après un délai Δ , ou bien il y existe un événement **e'** tel que (**e'** inhibe **a**) après t et dans un délai Δ . (C1)

- Si l'action **a** n'est pas effectuée, alors il existe au moins un futur préféré où **e** n'a pas lieu pendant le délai Δ . Cette condition prend en compte l'idée implicite de contrefactualité toujours présente dans la causalité. Nous ne sommes pas prêt de dire que **a** implique normalement **e** si nous pensons que meme sans effectuer **a**, e apparaitrait dans chaque futur préféré. (C2)

Définition (règles causales)

Les implications $\mathbf{a} \rightarrow \mathbf{e}$ «*implique strictement*» et $\mathbf{a} \Rightarrow \mathbf{e}$ «*implique normalement*» sont appelées *règles causales*. L'ensemble de ces règles est assemblé dans une base de règles appelée BR.

Par ailleurs, nous considérons des *liens statiques* qui existent entre certaines informations. Ces liens statiques seront regroupés dans une base de connaissances statiques appelés BS.

Exemple :

' \neg vivant' signifie 'est mort' signifie ' \neg respire'

' \neg vivant', ' \neg respire', 'est mort' est reliés par un lien qui appartient à la base BS.

Postulat (relation entre inhibition et préférence)

$(\forall \mathbf{a}, \mathbf{e}, l, t) [\mathcal{C}(\mathbf{a}, l, d_t) \wedge \forall p(p \in \text{norme}(\mathbf{a}) \supset \mathcal{C}(p, l, d_t) \wedge \mathbf{a} \Rightarrow \mathbf{e}[\Delta] \in \text{BR})] \supset [(\forall l') ((l \in L_p(l, d_t) \equiv (\text{coïncide}(l, l', t') \wedge (\forall \mathbf{e}') (\mathbf{e}' \in \text{inhibit}(\mathbf{e}, \mathbf{a}) \supset \text{nocc}(\mathbf{e}', l', d_t, \Delta))))]$, i.e. les futurs préférés après qu'une action a été produite sous des conditions normales et n'a pu être neutralisée par des événements inhibiteurs.

2.4.2. La persistance normale

Deux problèmes sont à considérer pour introduire la notion de persistance :

1. le problème lié à la non monotonie temporelle correspondant à la possibilité qu'un événement externe puisse empêcher l'effet **e** de continuer à être vrai, et

2. le problème lié à la durée de persistance d'un fait (à quel moment ce fait a commencé à être vrai ? Et qu'arrivera-t-il au-delà du délai de persistance ?).

Définition

Soit e un évènement et soit δ la durée normale de e , la persistance se définit comme suit :

$$\text{Persiste}(e, \delta) \equiv [(\forall l, t) ((t \in l) \wedge \mathcal{E}(e, l, d_t) \wedge (\exists t'') (t'' \in l \wedge \text{noce}(e, l, d_{t'}, d_{t-t''})) \supset (\forall l', t') (t' \in l' \wedge (C1 \wedge C2 \wedge C3) \supset \mathcal{E}(e, l', d_{t'}))].$$

Où $C1$, $C2$, $C3$ sont les abréviations des conditions suivantes :

$$C1 : l' \in Lp(l, d_t)$$

$$C2 : d_t \leq d_{t'} \leq d_t + \delta$$

$$C3 : (\forall a', \Delta) [a' \Rightarrow \neg e[\Delta] \in BR] \vee (a' \rightarrow \neg e[\Delta] \in BR) \supset \text{noce}(a', l', d_t - \Delta, d_t + \Delta)].$$

t est le point de temps à partir duquel e devient vrai dans la ligne de temps l .

$C1$ exprime que la persistance est prédite au moins dans les futurs préférés ;

$C2$ exprime que la persistance dure au moins durant δ ,

$C3$ sans qu'il y ait inhibition pendant cette durée (cette notion est définie sans faire référence à la fonction *inhibe*, pour ne pas faire référence à la cause et l'effet de cet évènement).

$C3$ s'il n'y a pas une action a' sur cet intervalle qui puisse l'annuler

La persistance d'un évènement est relative à son début de réalisation. La durée de persistance varie selon le type d'évènement.

2.4.3. Rôle de l'agent

La propriété du rôle de l'agent est déterminante dans la définition de la causalité. La propriété de l'*intention* chez l'agent est reliée par Shoham dans [Shoham, Y., 1989] à la notion de « libre arbitre » qui est représentée dans le formalisme par le choix d'exécuter l'action ou pas (appelé point de choix).

Définition 1 :

Un point de temps t est dit point de choix relativement à l'action a pour les lignes de temps l_1, l_2 noté $P_{\text{choix}}(a, l_1, l_2, t)$:

$Pchoix(a, l_1, l_2, t) ssi (\forall t')(d_{t'} \leq d_t \subset (coïncide(l_1, l_2, t') \wedge \mathcal{O}(a, l_1, d_{t'}) \wedge \mathcal{O}(\neg a, l_2, d_{t'})))$.

L'ensemble BR et plus l'ensemble des définitions données jusque là nous permettent de définir la (ou les) cause(s) volontaires **a** d'un effet **e** observé au point de temps t' sur une ligne de temps l' .

Définition 2 : Les causes volontaires sont définies comme une fonction partielle :

$$cause_{\mathcal{O}}: E \times L \times T \rightarrow 2^A$$

définie seulement si $\mathcal{O}(e, l', t')$ et $t' \in l'$ est vrai alors $cause_{\mathcal{O}}(e, l', t')$ est le sous-ensemble A' ,

$A' \subset A$ et $a \in A'$ si et seulement si **a** satisfait soit les contraintes C1-C4 soit C'1, C2, C'3, C4

$$-C1 : (\exists \Delta) (a \Rightarrow e[\Delta] \in BR) \qquad -C'1 : (\exists \Delta) (a \rightarrow e[\Delta] \in BR)$$

$$-C2 : (\exists t, l, l'') (pchoix(a, l, l'', t) \wedge d_t \leq d_{t'} \leq d_t + \text{Delai Pertinent}), \text{ où}$$

$$\text{Si } (\exists \delta)(\text{Persist}(e, \delta) \in TP) \text{ TP (temps préférés) } \qquad \text{Délai Pertinent} = \Delta + \delta$$

$$\text{Sinon} \qquad \text{Délai Pertinent} = \Delta.$$

$$-C3 : l' \in L_p(l, d_t); \qquad -C'3 : coïncide(l, l', t)$$

$$-C4 : \mathcal{O}(\neg e, l, d_t).$$

C1 et (C'1) sélectionne l'ensemble des règles causales de BR contenant l'effet **e** dans leur partie droite,

C2 suppose le libre arbitre de l'agent i.e. L'agent avait le choix entre faire ou non l'action (en un temps pertinent pour l'observation de **e**) et le choix de produire l'action **a** au point de temps $t \leq t'$.

C3 et (C'3) suppose que l'événement **e** est apparu sur une ligne l' de temps préférée de l , (pour laquelle la ligne de temps l' , où l'événement **e** a été réalisé, était parmi les futurs préférés au moment où le choix a été fait).

C4 spécifie la pertinence de l'action **a** pour l'événement **e** qui ne devrait pas être vrai au moment de l'exécution de **a** dans l .

$$C5 : \neg \exists a' \text{ satisfaisant C1- C4 et apparaissant dans } l \text{ après } t.$$

C5 exclut l'occurrence de toute autre action potentielle causant e après l'exécution de l'action déterminante de l'événement e.

2.4.4. Algorithme et Application

Dans ce qui suit, nous utilisons le formalisme précédent qui valide la théorie causale à l'aide d'algorithmes généraux d'explication causale et de prédiction. Ces algorithmes sont concrets et calculables. Nous donnons une application du Y.S.P1.

Un scenario

Exemple 1

Si nous appliquons l'exemple de 'Yale shooting problem' à la langue arabe avec les faits suivants:

- | | |
|---|---|
| 1. $\mathcal{O}(\text{vivant}, l, \text{date}(t_0)),$ | 1. $\mathcal{O}(\text{حي}, l, \text{date}(t_0)),$ |
| 2. $\mathcal{O}(\text{chargé}, l, \text{date}(t_1)),$ | 2. $\mathcal{O}(\text{مُلقم}, l, \text{date}(t_1)),$ |
| 3. $(\text{tirer}, l, \text{date}(t^2))$ et, | 3. $(?, l, \text{date}(t^2))$ et, |
| 4. $\mathcal{O}(\text{vivant}, l, \text{date}(t_3)),$ | 4. $\mathcal{O}(\text{غير حي}, l, \text{date}(t_3)),$ |

1. Nous considérons que nous avons :

1. $\mathcal{O}(\text{حي}, l, \text{date}(t_0))$ et 2. $\mathcal{O}(\text{مُلقم}, l, \text{date}(t_1)),$

Les liens statiques de 'vivant' 'est vivant x', en français vivant est un adjectif qui décrit un état, être qui vit, respire, qui est non mort. Par suite 'est vivant x' a une relation avec mourir par un coup de feu i.e. 'tirer'

■ **حي** en langue arabe est un nom qui fait partie de l'être humain. Nous avons les dérivés de la racine **ح ي ي** représenté par le verbe **حَيَّي**. Ce dernier est défini par l'action de vivre ; cesser cette action c'est mourir.

■ **حي** → a une racine **ح ي ي**

حي en langue arabe est un nom qui fait partie de l'être humain. Nous avons les dérivés de la racine **ح ي ي** représenté par le verbe **حَيَّي**. Ce dernier est défini par l'action de vivre ; cesser cette action c'est mourir.

¹ Pour tous les développements se référer à [Mokhtari, A., 1997]

Chapitre 5 | Application et Evaluation

$\text{حَيِي} = \{ \text{حَيِي} (\text{vivre}) \setminus \text{حِي} (\text{\textcircled{e}tre vivant}) \setminus \text{أَحْيَا} (\text{faire vivre}) \setminus \text{مَحْيَاة} (\text{endroit ou vivent les animaux vivants dans un endroit naturel}) \}$

- $\text{ل ق م} \rightarrow$ a une racine $\text{ل ق م} \rightarrow$ مُلَقَّم

Le verbe لَقَم (obstruer, boucher un trou) et possède d'autres sens. Les dérivées ne sont données que par rapport à *tirer* et *non vivant* car le mot *chargé* a *des liens statiques* avec 'pistolet, mitraillette, canon chargé' d'où nous avons les dérivés :

$\text{لَقَم} = \{ \text{لَقَم} (\text{obstruer}) \setminus \text{لَقَمَ} (\text{charger}) \setminus \text{مُلَقَّم} (\text{servant arme automatique}) \setminus \text{مُلَقَّم} (\text{chargé à bloc, à fond}) \setminus \text{أَلَقَم} (\text{charger un fusil}) \setminus \text{مُلَقَّم} (\text{arme chargée}) \setminus \text{مُلَقَّم} (\text{servant une pièce d'artillerie}) \setminus \text{لِقَام} (\text{chargement d'une arme}) \}$.

Liens statiques de لَقَم

لَقَم a un lien avec **arme chargée** qui a un lien avec l'action de **tirer**

- $\text{رَمَى} \rightarrow$ a une racine ر م ي on lui associe les dérivées :

$\text{رَمَى} = \{ \text{رَمَى} (\text{tirer, jeter}) \setminus \text{رَمَى} (\text{tir, jet}) \setminus \text{رَمَاهُ بِالرِصَاصِ} (\text{abattre, passer quelqu'un par les armes, fusiller}) \setminus \text{الرَّمَايَةُ} (\text{tir}) \setminus \text{تَرَامَى} (\text{échanger des coup de feu}) \}$

Tirer $\in A$ (ensemble des actions) et $\{\text{chargé, vivant}\} \in E$ (ensemble des effets),

- $(\text{tirer}, l, \text{date}(t_2)) = (\text{رَمَى}, l, \text{date}(t_2))$
- $t_0, < t_1 < t_2 < t_3$, et
- $\text{norme}(\text{tirer}) = \{\text{chargé, vivant}\}$,

D'où $\text{norme}(\text{tirer}) = \{\text{chargé, vivant}\}$, $\text{norme}(\text{رَمَى}) = \{\text{مُلَقَّم}, \text{حِي}\} = \{\text{مُلَقَّم} (\text{charger un fusil}) \setminus \text{مُلَقَّم} (\text{celui qui a chargé l'arme}), (\text{حِي} (\text{\textcircled{e}tre vivant}), \text{'qui peut devenir non vivant'})\}$

Soit la règle causale : $\text{tirer} = \neg \text{vivant}$ [2mn]

1. $\mathcal{V}(\text{حِي}, l, \text{date}(t_0))$,
2. $\mathcal{V}(\text{مُلَقَّم}, l, \text{date}(t_1))$,

3. (? , l, date (t₂)) et, il n'y a pas d'infinitif en langue arabe, il y a l'action de tirer qui est la racine représentée par le verbe à la troisième personne à l'accompli et à laquelle on associe une classe d'équivalence de ses dérivées.

4. \emptyset (غير حي, l, date (t₃)),

Le verbe tirer sera conjugué à l'accompli رَمَاهُ بِالرِّصَاصِ (il l' a abattu) i.e l'action s'est accompli. Le lien statique de abattu : non vivant.

La définition précédente nous permet d'expliquer l'évènement observé \neg vivant par l'action produite « tirer ». Il suffit de supposer que :

- Un agent avait le choix entre tirer ou ne pas tirer et avait choisi de « tirer » : رَمَاهُ بِالرِّصَاصِ
- « \neg vivant » n'était pas vrai au moment où l'action « tirer » est effectuée (nous utilisons ici la supposition de persistance). En langue arabe, حي (vivant) est un nom qui veut dire être qui vit jusqu'à t₃
- L'évènement chargé qui est vrai dans l'interprétation fait partie de la norme de tirer (là aussi nous utilisons la supposition de persistance), مُلَقِّمٌ traduit le fait que l'arme a été chargé par (مُلَقِّمٌ) un agent et qu'elle l'a été à l'instant t₁.
- Il n'y a pas d'autres actions après le tir qui pourrait être potentiellement la cause de l'évènement observé selon la condition C5 sur a' de la définition.

Trouver les liens statiques entre les éléments demandent de trouver les mots de la même famille pour établir l'implication de normalité. Pour cela une ontologie de la langue arabe a été établie qui permet de formaliser ces mots dans un même ensemble. Nous présentons la validation de la DeAR Ontology .

Exemple2

Texte 1 (assurance de chlef)

- كنت في حالة توقف ، وهو أراد الدخول للتوقف فاصطدم بالسيارة أ

[Mon véhicule était à l'arrêt. Mon adversaire faisant marche arrière pour se garrer ,il heurte mon véhicule .]

Nous avons le lexique suivant à partir des classes d'équivalence :

- كنت في حالة توقف

cl(وقف) = { [faire halte: يقف], [stationner\s'arrêter : توقّف], [être en situation stop متوقفة] }
 \وقف }

وهو أراد الدخول للتوقف

cl(يدخل) = { [le fait d'entrer\الدخول], [entrer dans يدخل], [entrée\ مدخل], [faire entrer] , [أدخل\ دَخَلَ] }
 \دخول\ , [dedans : l'intérieur] , [دخول في] }

فاصطدم بالسيارة

cl(صدم) = { [se tamponner\اصطدم], [heurter quelqu'un: صدمه ، صادمه ، صدم] ,
 [s'entrechoquer], [collision = اصطدام], [s'entrechoquer [صدمة = heurt, coup, choc],
 [heurté, choqué] مصدوم] }

Représentation par le verbe

cl(وقف) = { [être en situation stop متوقفة], [s'arrêter : توقّف], [faire halte: يقف] }

cl(يدخل) = { [le fait d'entrer\الدخول], [entrer dans يدخل], [entrée\ مدخل], [faire entrer] , [أدخل\ دَخَلَ] }
 \دخول\ , [dedans : l'intérieur] , [دخول في] }

cl(صدم) = { [heurter quelqu'un ou quelque chose : صدمه ، صادمه ، صدم], [collision = اصطدام], [s'entrechoquer \ se tamponner اصطدم] ,
 [s'entrechoquer [صدمة = heurt, coup, choc], [heurté, choqué] , [مصنّدم (participe passif) et مُصنّدم (participe actif) de اصطدم] }

norm(صدم) = { quelqu'un ou quelque chose(obstacle\ مُصنّدم), l'agent (مُصنّدم) ,
 = heurt, coup }

norm(دخول في) = { dedans : l'intérieur(parc), stationner\ توقّف }

Inhibit(stationner(توقّف), cl(صدم) = (دخول في))

1.V (situation d'arrêt (حالة توقف), l, t0)

2. (l'intention d'entrer pour stationner (أراد الدخول للتوقف), l, t1)

Nous avons les liens statiques dans cl(دخول)

3. V (entrer (دخول في), l, t1)

3. (se tamponner\اصطدم), l, t2)

Nous avons les liens statiques cl(صدم),

((اصطدام = collision), t_1, t_2)

Soit la règle causale suivante :

Stationner => pas d'obstacle

Heurter => perdre le contrôle de son véhicule, ne pas freiner à temps

L'explication de l'événement de la collision par l'action stationner. Il suffit de supposer que

-Un agent avait le choix de stationner ou ne pas stationner

-Le stationnement n'était pas vrai au moment où l'action stationner est à effectuer (nous avons la supposition de persistance) jusqu'au moment de la collision qui a inhibé l'action de stationner.

- Inhibit (e,a) = (e',a') tel que e= stationnement , a= action de stationner, e'= collision a'= ne pas contrôler son véhicule.

-Il n'y a pas d'autres actions après la collision qui pourrait être potentiellement la cause de l'événement observé selon la condition C5.

Les exemples ci-après sont pris de [Nouioua F., 2007] peuvent être traité de la même façon

Texte D32

En sortant de chez moi (véhicule A), j'ai accroché le véhicule B qui était en stationnement.

Texte D15

J'étais stationné quand ce véhicule a heurté mon aile et mon pare-chocs.

Texte D20

Je me suis arrêté à un feu rouge et le véhicule A est venu me percuter à l'arrière.

Texte D25

Je me trouvais à l'arrêt en stationnement devant mon entrée de garage. Le voisin est sorti du sien qui se trouve à proximité en marche arrière et m'a heurté la porte avant gauche.

Texte D26

Garé sur une place de parking, l'autre véhicule heurte l'arrière droit du mien en voulant se garer à ma gauche.

3. Validation de la Dear Ontologie

Notre modèle formalise la langue arabe en utilisant les règles de dérivation et de flexion qui sont deux caractéristiques importantes liées à sa conception. Nous croyons fortement qu'un tel modèle puisse être employé avec succès dans beaucoup d'applications en langue arabe, reliées à NLP ou pas. Nous récapitulons l'implémentation et certaines des applications où notre modèle peut être employé.

Implementation et Validation

La validation est donnée par le système de génération des formes fléchies et dérivées qui est se trouve dans Open Source <http://sarf.sourceforge.net/>. Nous reprenons ici les différents points de cette validation. Le tableau 5.1 présente un certain nombre de cases. La première à droite représente l'entrée lexicale. Il est demandé à l'utilisateur humain d'effectuer l'entrée d'une racine représentée par un verbe à la troisième personne du singulier conjugué au passé (الماضي).

Pour connaître les dérivations, il suffit de cliquer sur les quatre cases :

- الأفعال المبنيّة للمعلوم (les formes verbales) Tableau 2.1.
- الأفعال المبنيّة للمجهول (conjugaison a la voix passive) Tableau 2.2
- المصاندر (les noms verbaux). الأسماء المشتقة (les noms dérivés) Tableau 2.3

Pour connaître la conjugaison aux trois temps et modes d'une forme il suffit de cliquer sur cette forme.

Exemple : كَتَبَ يَكْتُبُ

Nous obtenons le Tableau 2.3

Pour avoir les autres conjugaisons, il suffit d'appuyer sur les boutons correspondants

Chapitre 5 | Application et Evaluation

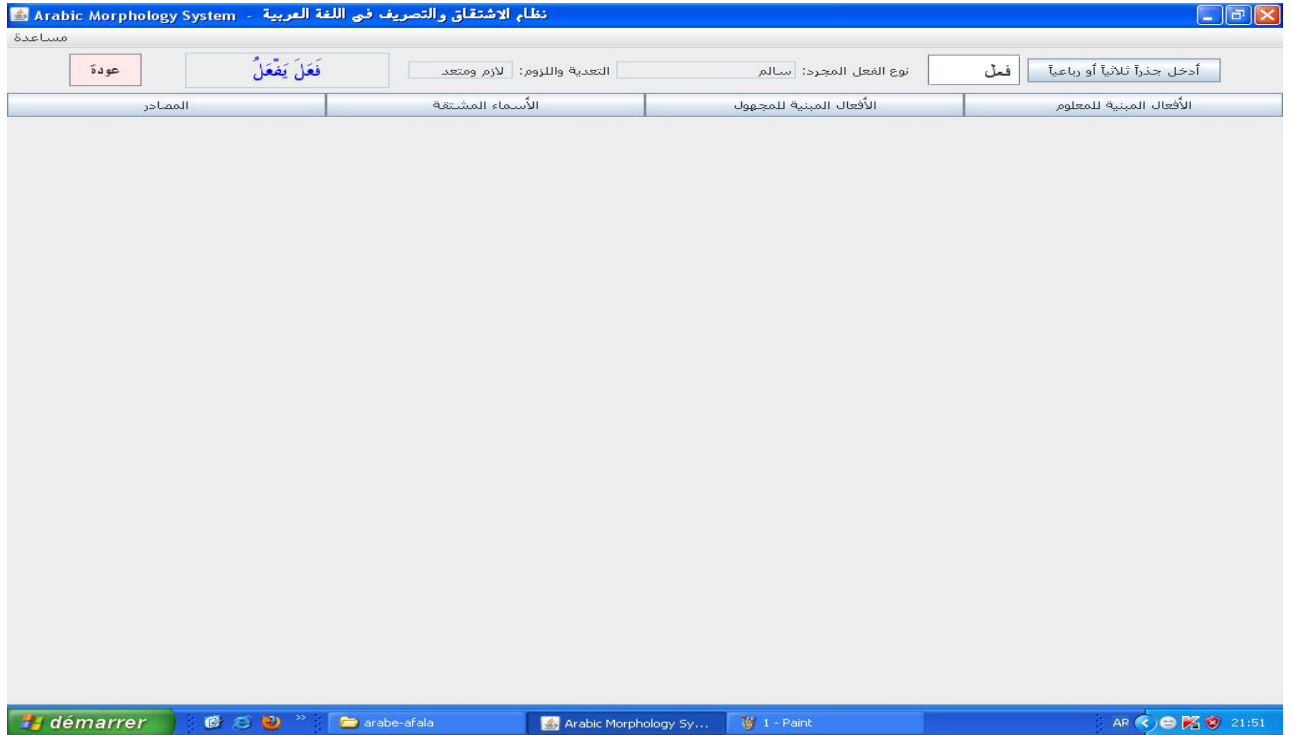


TABLEAU 5.1 : ENTREE LEXICALE



TABLEAU 5.2 : LES FORMES VERBALES (FORME 1 ET SES FORMES DERIVEES)

Arabic Morphology System - نظام الاشتقاق والتصريف في اللغة العربية

مساعدة

أدخل جذراً ثلاثياً أو رباعياً: كُتِبَ نوع الفعل المجرد: سالم التعدية واللام: لأمر ومتعدد

الماضي	المضارع المرفوع	المضارع المنصوب	المضارع المحروم	المضارع المؤكد	الأمر	الأمر المؤكد
أنا	كُتِبْتُ	هو	كُتِبَ			
نحن	كُتِبْنَا	هي	كُتِبَتْ			
أنت	كُتِبْتِ	هما (مذ)	كُتِبَا			
أنت	كُتِبْتِ	هما (مؤ)	كُتِبَا			
أنتم	كُتِبْتُمْ	هم	كُتِبُوا			
أنتم	كُتِبْتُمْ	هنَّ	كُتِبْنَ			
أننَّ	كُتِبْنَّ					

démarrer Arab Morphology Sy... Sans titre - Paint AR 08:42

TABLEAU 5.3 : CONJUGAISON DU VERBE كُتِبَ (الماضي)

Deuxième étape (الأفعال المبنيّة للمجهول (voix passive)

Si on clique sur الأفعال المبنيّة للمجهول du Tableau 2.1. on obtient le Tableau 2.4

On peut avoir les autres conjugaisons en appuyant sur les boutons correspondants avec les deux temps

Troisième Etape الأسماء المشتقة (les noms dérivés)

Pour avoir les dérivées nominales on appuie sur le bouton الأسماء المشتقة du Tableau 2.1.

Nous obtenons le le participe actif tableau 2.5. De même nous pouvons obtenir le participe passif (اسم المفعول) tableau 2.6, l'adjectif assimilé (مبالغة اسم الفاعل), le nom d'instrument (اسم الآلة) tableau 2.7 et le nom de temps et de lieu (اسما الزمان و المكان) Tableau 2.8.

Chapitre 5 | Application et Evaluation

Arabic Morphology System - نظام الاشتقاق والتصريف في اللغة العربية

مساعدة

أدخل جذراً ثلاثياً أو رباعياً: كتاب

نوع الفعل المجرد: (سالم) | التعدية وللزوم: لازم ومتعد

عودة **كَبَّ يَكْتُبُ**

المضارع المرفوع المجهول	المضارع المصوب المجهول	المضارع المحزوم المجهول	المضارع المؤكد المجهول	الماضي المجهول
كُتِبْتُ	هو	كُتِبَ	أنا	
كُتِبْنَا	هي	كُتِبَتْ	نحن	
كُتِبْتُمْ	هما(مذ)	كُتِبَتْ	أنتَ	
كُتِبْتُمْ	هما(مؤ)	كُتِبَتْ	أنتِ	
كُتِبْتُمْ	هم	كُتِبْتُمْ	أنتم	
كُتِبْتُمْ	هنَّ	كُتِبْتُمْ	أنتم	
		كُتِبْتُمْ	أنتم	

démarrer Arabic Morphology Sy... Sans titre - Paint AR 09:24

TABLEAU 5.4 : CONJUGAISON DU VERBE كَتَبَ (VOIX PASSIVE)

Arabic Morphology System - نظام الاشتقاق والتصريف في اللغة العربية

مساعدة

أدخل جذراً ثلاثياً أو رباعياً: كتاب

نوع الفعل المجرد: (سالم) | التعدية وللزوم: لازم ومتعد

عودة **كَبَّ يَكْتُبُ**

اسم الناعل | اسم المفعول | مبالغة اسم الناعل | اسم الآلة | اسم الزمان والمكان

فَاعِل

مؤنث	مذكر		
كَاتِبَةٌ	كَاتِبٌ	مفرد	الرفع
كَاتِبَاتٌ	كَاتِبُونَ	مثنى	
كَاتِبَاتٌ	كَاتِبُونَ	جمع	
كَاتِبَةٌ	كَاتِبٌ	مفرد	النصب
كَاتِبَتِي	كَاتِبِي	مثنى	
كَاتِبَاتِي	كَاتِبِي	جمع	
كَاتِبَةٌ	كَاتِبٌ	مفرد	الجر
كَاتِبَتِي	كَاتِبِي	مثنى	
كَاتِبَاتِي	كَاتِبِي	جمع	

في حالة المعرفة | في حالة الإضافة | في حالة النكرة

démarrer KTB Kataba - Microsoft W... Arabic Morphology Sy... AR 10:03

TABLEAU 5.5 : LE PARTICIPE ACTIF DU VERBE كَتَبَ (اسم الفاعل)

Chapitre 5 | Application et Evaluation

Arabic Morphology System - نظام الاشتقاق والتصريف في اللغة العربية

مساعدة

أدخل جذراً ثلاثياً أو رباعياً: **كتب** نوع الفعل المجرد: سالم التعدية وللزوم: لازم ومعتد

اسم الفاعل اسم المفعول مائة اسم الفاعل اسم الآلة اسم الزمان والمكان

مفعول

مؤنث	مذكر		
المَكْتُوبَةُ	المَكْتُوبُ	مفرد	الرفع
المَكْتُوبَاتِ	المَكْتُوبِينَ	مثنى	
المَكْتُوبَاتِ	المَكْتُوبِينَ	جمع	
المَكْتُوبَةُ	المَكْتُوبُ	مفرد	النصب
المَكْتُوبَاتِ	المَكْتُوبِينَ	مثنى	
المَكْتُوبَاتِ	المَكْتُوبِينَ	جمع	
المَكْتُوبَةُ	المَكْتُوبُ	مفرد	الجر
المَكْتُوبَاتِ	المَكْتُوبِينَ	مثنى	
المَكْتُوبَاتِ	المَكْتُوبِينَ	جمع	

في حالة المعرفة في حالة الإضافة في حالة النكرة

TABLEAU 5.6 : LE PARTICIPE PASSIF (اسم المفعول) DU VERBE كَتَبَ

Arabic Morphology System - نظام الاشتقاق والتصريف في اللغة العربية

مساعدة

أدخل جذراً ثلاثياً أو رباعياً: **كتب** نوع الفعل المجرد: سالم التعدية وللزوم: لازم ومعتد

اسم الفاعل اسم المفعول مائة اسم الفاعل اسم الآلة اسم الزمان والمكان

فَاعِلَةٌ	فَعَالَةٌ	يَفْعَالٌ	يَفْعَلَةٌ	يَفْعَلٌ
مؤنث	مذكر			
	مِكْتَبٌ	مفرد		الرفع
	مِكْتَبَانِ	مثنى		
	مِكْتَبَاتٍ	جمع		
	مِكْتَبًا	مفرد		النصب
	مِكْتَبَيْنِ	مثنى		
	مِكْتَبَاتٍ	جمع		
	مِكْتَبٍ	مفرد		الجر
	مِكْتَبَيْنِ	مثنى		
	مِكْتَبَاتٍ	جمع		

في حالة المعرفة في حالة الإضافة في حالة النكرة

TABLEAU 5.7 : LE NOM D'INSTRUMENT (اسم الآلة) DU VERBE كَتَبَ

Arabic Morphology System - نظام الاشتقاق والتصريف في اللغة العربية

مساعدة

أدخل جذراً ثلاثياً أو رباعياً: كُتِبَ

نوع الفعل المجرد: كُتِبَ

التعدية واللزوم: لازم ومتعد

اسم التفاعل: اسم الآلة: مبالغة اسم التفاعل: اسم المفعول: اسم التفاعل:

مفعلة		مفعّل	
مؤنث	مذكر		
كُتِبَتْ		مفرد	الرفع
كُتِبْنَا		مثنى	
كُتِبَاتُ		جمع	
كُتِبَ		مفرد	النصب
كُتِبْتِي		مثنى	
كُتِبَاتِ		جمع	
كُتِبَ		مفرد	الجر
كُتِبْتِي		مثنى	
كُتِبَاتِ		جمع	

في حالة المعرفة في حالة الإضافة في حالة النكرة

TABLEAU 5.8 : LE NOM DE TEMPS ET DE LIEU (اسما الزمان و المكان)

المصادر (les noms verbaux)

Pour avoir les noms verbaux on appuie sur le bouton المصادر tableau 2.1. Nous obtenons le tableau 2.9 et 2.10 avec les schemes (فِعْلَةٌ فِعَالَةٌ فِعَالٌ فِعْلٌ) et le nom verbal commençant par 'm' المصادر الميمية.

L'ontologie donnée que nous avons donné dans [Belkredim, F.Z.& all.,2008a] donne seulement le cadre formel qui est à compléter¹.

¹ Nous avons jugé que le genre, le nombre, les modes et certains noms verbaux tels que le nom d'unité (مصادر المرة) nom de manière (مصادر الهيئة) sont à compléter dans les travaux futurs.

Chapitre 5 | Application et Evaluation

Arabic Morphology System - نظام الاشتقاق والتصريف في اللغة العربية

مساعدة

أدخل جذراً ثلاثياً أو رباعياً: **كتب** نوع الفعل المجرد: سالم التعدية واللام: لازم ومتعد

المصدر الأصلي المصدر الميمي مصدر المرة مصدر المنة

فعل	فعل	فعل	فعل
مؤنث	مذكر		
كُتِبَتْ		مفرد	الرفع
		مثنى	
		جمع	
كُتِبَ		مفرد	النصب
		مثنى	
		جمع	
كُتِبُوا		مفرد	الجر
		مثنى	
		جمع	

في حالة المعرفة في حالة الإضافة في حالة النكرة

démarrer Arabic Morphology Sy... Sans titre - Paint Kataba - Microsoft W... AR 09:57

TABLEAU 5.9 : NOM VERBAL

Arabic Morphology System - نظام الاشتقاق والتصريف في اللغة العربية

مساعدة

أدخل جذراً ثلاثياً أو رباعياً: **كتب** نوع الفعل المجرد: سالم التعدية واللام: لازم ومتعد

المصدر الأصلي المصدر الميمي مصدر المرة مصدر المنة

فعل	فعل	فعل	فعل
مؤنث	مذكر		
	الكُتِبَتْ	مفرد	الرفع
		مثنى	
		جمع	
	الكُتِبَ	مفرد	النصب
		مثنى	
		جمع	
	الكُتِبُوا	مفرد	الجر
		مثنى	
		جمع	

في حالة المعرفة في حالة الإضافة في حالة النكرة

démarrer Arabic Morphology Sy... Sans titre - Paint Kataba - Microsoft W... FR 09:56

TABLEAU 5.10 : NOM VERBAL

4. DEAR-ONTO Avantages Pratiques et Applications

Cette recherche est importante et rentre dans plusieurs disciplines scientifiques nous donnons quelques applications :

- **Description formelle du langage naturel** (langue arabe) en liaison avec la linguistique (phonétique, morphologie, syntaxe, sémantique et pragmatique) et sa formalisation.

- **Les théories fondamentales de l'intelligence artificielle** concernant le problème de la représentation des connaissances liées à la psychologie cognitive et la modélisation des structures conceptuelles et du processus de raisonnement

-développement des systèmes a base de connaissance avec un large lexique en extension.

- **Construction automatique d'Ontologie** Avec notre modèle, nous pouvons utiliser la liste de verbes et de schèmes arabes existants pour produire de toutes ses dérivations et pour

- Peupler l'ontologie d'une façon directe. Comme tous les verbes n'ont pas toutes les dérivations [Al-Sughaiyer I. A & all, 2004], il est nécessaire d'employer un dictionnaire électronique pour éliminer les noms qui ni s'y trouvent pas.

- **Analyseur Morphologique** : Le modèle proposé peut être employé comme analyseur de morphologie parfait pour la langue arabe car utilise la conception de cette langue. Pour chaque travail d'une classe d'équivalence spécifique, la racine et tous les mots relatifs peuvent se structurer en ontologie. C'est une approche informatique efficace et linguistiquement complète. Ce système peut être intégré dans tout analyseur syntaxique ou autre et un système fort de morphologie aidera le développement de beaucoup d'applications telles que la recherche et extraction d'information. Par exemple, un système « Al Mouhit » a été développé au département d'informatique de l'université Hassiba Benbouali Chlef [Loukam ,M. 2008], composé d'un analyseur morpho-lexical de l'arabe standard, d'un générateur de formes fléchies et formes dérivées et d'un module de recherche sur internet.

- **Compréhension de la Langue Arabe** : L'ontologie développée est basée sur divers schèmes liés aux dérivations de verbe et la plupart de ces schèmes portent également la connaissance sémantique et contextuelle qui peut être employée pour améliorer les systèmes de compréhension existants en L.A.

- **Apprentissage du Langage Arabe** : Une telle Ontologie peut être employé pour enseigner la langue arabe. Une fois la signification d'un verbe et de ses règles de dérivation connus. Il est facile de développer le vocabulaire et la compréhension de l'étudiant de la langue arabe.

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par présenter l'implémentation et la validation de la Dearontology. En effet, notre ontologie basée sur les verbes actifs. Nous avons présenté ensuite une théorie causalité basée sur les actions et nous avons montré que cette approche cadrerait avec notre ontologie. La causalité peut facilement être combinée avec cette approche pour représenter le sens d'une phrase (dans le sens explication causale) l'approche existante en langue française considéré les connecteurs causaux (ceci est nécessaire) et nous l'avons fait pour la langue arabe mais cela est non suffisant. La plupart des explications causales en langage naturel sont implicites et l'utilisation des graphes conceptuels tels utilisés par A.Nazarenko est clairement insuffisante car ils ne tiennent pas compte de la non monotonie. En effet, on peut avoir plusieurs causes et une cause peut avoir plusieurs effets. A la fin de ce chapitre, nous avons illustré à travers l'exemple du YSF comment tout ceci s'adapte à notre ontologie sur la L.A.

Conclusions et Perspectives

1. Conclusion générale

Au départ, notre objectif était de mener une étude sur la formalisation de la causalité dans la langue arabe avec des outils mathématiques. La langue arabe n'a pas de système formel ayant un consensus. Les formalisations existantes d'ordre morphologique, morpho-syntaxique, syntaxique ou à un niveau lexico-syntaxique ne sont pas valables pour notre modélisation de la causalité. Notre cadre de recherche se situe sur le plan sémantique. Le traitement automatique TALN pour la langue arabe n'a débuté que récemment et il n'existe pas de cadre formel standard. Une étude rigoureuse de la formation des mots est un préalable pour tout traitement. Ainsi la construction d'un cadre formel s'est imposée.

Nous avons utilisé les caractéristiques des langues sémitiques qui sont liées d'une manière incontestable à la formation lexicale, morphologique et sémantique des mots de la langue arabe : la 'racinisation', la dérivation et la flexion. Dans la L.A. les 10.000 racines peuvent donner des dérivations selon 900 schèmes. Les mots qui proviennent des racines trilitérales représentent 85% du lexique et c'est elles qui donnent le plus de dérivés. La racine et le schème ont été souvent utilisés dans l'analyse morphologique. Le problème se posait au niveau de la représentation de la racine (concept lié à des mythes). Nous avons représenté cette racine par un verbe primitif conjugué à la troisième personne. Pour que la construction de notre formalisation soit efficace, nous avons suivi la démarche suivante. Dans les livres de grammaires, la conduite habituelle dans la classification des mots est celle des grammairiens de Basra i.e. les mots dérivent du nom verbal qui est la source (المصدر). Il n'y a pas de règles générales, ni de structures logiques des noms verbaux du verbe trilitère. La complexité, les différentes variations rendent difficiles leur emploi comme racine pour dériver des verbes et des noms. Nous avons suivi le point de vue des grammairiens de Koufa qui voyaient que la source était un verbe (المصدر). Notre choix était conduit aussi par le point de vue informatique pour avoir une seule entrée. Pour une racine triconsonantique, il peut exister deux noms verbaux (مَصْدَرَيْن) or l'entrée du verbe est unique. De plus, pour les verbes trilitère augmenté ou quadrilitère et quadrilitère augmenté ont pour (المصدر) un verbe. Notre choix a donc été de représenter la racine par un verbe primitif (trilitère ou quadrilitère). Chaque racine représentée par un verbe donne une classe d'équivalence de cardinal fini (qui peut être étendue). A l'aide des ontologies et des mathématiques (théorie des ensembles), nous avons établi un cadre formel nommée DeArOntology.

Conclusion et Perspectives

En ce qui concerne la formalisation de la causalité, nous avons suivi les démarches de [Nazarenko, A., 2000] pour le côté linguistique et [Mokhtari, A., 1997] pour le traitement automatique. Les études de linguistiques de ce concept dans la langue arabe sont éparses à côté d'autres notions grammaticales ou théologiques. La TGA a utilisé la causalité pour asseoir le système linguistique de la langue arabe et les exégètes pour la compréhension des textes. La causalité s'exprime par les connecteurs, les tournures syntaxiques, puis le lexique. La relation causale est comprise avec les relations de temporelles, de condition et de conséquence. Comme en français, la causalité s'exprime surtout par le lexique et il est difficile de connaître un énoncé causal d'un non causal car parfois les connecteurs sont neutres. Une manière de se repérer est de poser la question pourquoi. Ainsi, le lexique est un moyen privilégié pour connaître la causalité par exemple les classes de mots (verbe, nom verbal, participe actif, participe actif) peuvent véhiculer la même notion de causalité telle que responsabiliser, responsable, responsabilité. Avec la Dearontology, le lexique de la langue arabe s'est catégorisé en classe qui véhicule la notion de causalité et d'inférence. En plus, Le lexique dans sa formation diffère des langues romanes et la causativité des verbes peut être déduite par des paradigmes et des règles morpho-lexicales (telle la diathèse).

La Dearontology est une formalisation de la langue arabe basée sur les verbes et les verbes peuvent être considérés comme des actions. La théorie causale que nous avons présenté au chapitre cinq est justement basée sur 'la normalité', les actions 'interventionnistes', la non monotonie et la temporalité et cette approche formalise la causalité exprimée par le lexique de la langue arabe.

La Dearontology a été implémenté et validée et se trouve en Open Source <http://sarf.sourceforge.net/>. Elle peut être combinée avec la théorie causale que nous avons utilisée pour répondre à des questions (explicatives) et donc montrer que nous avons bien compris le texte étudié.

2. Perspectives

Le modèle de la Dearontology que nous avons développé dans cette recherche est une modélisation de base et peut être améliorée :

1. d'un point de vue ontologique de la langue arabe :

Conclusion et Perspectives

2. Description formelle du langage naturel (langue arabe) en liaison avec la linguistique (phonétique, morphologie, syntaxe, sémantique et pragmatique) i.e. à chaque mot dans la Dearontology, lui associer sa phonétique, ses possibilités de syntaxe, de sémantique...

3. Développement des systèmes à base de connaissance avec un large lexique en extension.

Nous pouvons compléter la Dearontology en incluant les verbes défectueux (faibles)¹ des noms et les particules car nous avons seulement employé des verbes sains, les entités nommées².

4. On peut affiner l'ontologie et passer à l'analyse sémantique au niveau des consonnes avec une nouvelle relation d'équivalence 'les racines ayant les mêmes consonnes' et grouper sémantiquement des classes d'équivalence.

5. Utilisation de la DeArOntologie comme une représentation de base opérationnelle de plusieurs niveaux et peut rentrer dans la plupart des systèmes et applications associant des approches génératives, données des dictionnaires, inférences et connaissances du monde. L'étude des phrases textes pourra avoir pour base ce modèle.

6. Recherche sur Internet avec des mots appartenant à la même classe d'équivalence.

Notre point de vue est que la 'computation' et le traitement automatique de *langue arabe* serait plus efficace et donnerait une meilleure analyse et compréhension de la langue si les niveaux peuvent être pris indépendamment et/ou confondus. Le modèle de DeArOntology peut rendre des services (pour tous niveaux) pour plusieurs approches et diverses applications. La DAarOntology est une représentation de base opérationnelle de plusieurs niveaux et peut rentrer dans la plupart des systèmes et applications associant des approches génératives, données des dictionnaires, inférences et connaissances du monde. L'étude des phrases textes pourra avoir pour base ce modèle. Une fois développée, La DeArOntology peut être à la base de tout système de TALN en L.A. et peut être étendue aux autres langues.

7. d'un point de vue de la causalité :

Mise en œuvre de la combinaison citée plus haut.

¹ [Loukam, M. 2008] a construit Elmouhit mais n'est pas encore validé.

² Une communication [Sebai, A.. & all., 2009] et un magister ont été fait dans le cadre des entités nommées

Conclusion et Perspectives

8. Les relations causales et autres sont à inclure dans l'ontologie. Des relations (fonctions au sens mathématique) sont à établir entre les différentes classes d'équivalence.

9. Associer les théories fondamentales de l'I.A. concernant le problème de la représentation des connaissances liées à la psychologie cognitive et la modélisation des structures conceptuelles et du processus de raisonnement.

Références

Références

- [Abdelwahab Hassen Hamed.D 2003/2004] Abdelwahab Hassen Hamed D. كينونة الفعل . (Verbe et existence) 2003/2004. <http://www.minshawi.com/other/abdalwahab13.htm>
- [Aljohar .B 1999] Aljohar B., A Portable Natural Language Interface from Arabic to SQL, PhD thesis, University of Sheffield, UK, 1999.
- [Allen, J.,1984] Allen, J. Towards a general theory of action and times. Artificial Intelligence. 1984.
- [Allen,J 1995] Allen,J Natural language Understanding university of Rochester .the Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc. 1995 .SN 0-8053-0334-0
Arabic morphological analysis techniques: A comprehensive survey
- [Al-Sughaiyer I. A; Al-Kharashi I 2004] Al-Sughaiyer I. A; Al-Kharashi I. A .*Journal of the American Society for Information Science and Technology*; Feb 1, 2004.
- [Andersan ,A., 1975] Andersan ,A. , Belnap, N. Entailment the logic of relevance and necessity. Princeton University Press tome 1 1975.
- [Attia A.M 2000] Attia A.M., A Large-Scale Computational Processor of the Arabic Morphology, and Applications, Master's Thesis, Faculty of Engineering, Cairo University, Cairo, Egypt, 2000.
- [Attia, A. M. 1999] Attia, A. M (grammatical causality:an attempt to justify the linguistic system) . 28 . 3 صص (1) الاداب 11 م.مجلة جامعة الملك سعود . اللغة العلة النحوية محاولة تفسير لنظام \ Department of Arabic,College of Arts King Saud University Riadh 1999.
- [Badaoui,A., 1968] Badaoui,A. La transmission de la philosophie grecque au monde arabe. J.Vrin.Paris 1968.
- [Baader F., & all., 2003] Baader F., Calvanese D., McGuinness D., D. Nardi and P. Patel-Schneider (Editors), *The Description Logic Handbook*, » Cambridge University Press, UK, 2003.
- [Barr A., & all., 1982] Barr A., and Feigenbaum E. A (Editord), *The Handbook of Artificial Intelligence*, Kaufmann W., Los Altos, USA, 1982.
- [Bargelli,D., Lambek,J 2003] Bargelli,D., Lambek,J. A computationnel approach to Arabic. McGill University Montreal.2003.
- [Belkredim, F.Z 2004] Belkredim, F.Z. Ordre des Mots et Théorie des Groupes .Poster Categorical Grammars . Montpellier 2004

Références

- [Belkredim, F.Z. & Meziane, F. 2008a] Belkredim, F.Z. & Meziane, F. Dear onto A Derivational Arabic Ontology Based on Verbs . International journal of computer processing of languages, 2008a.
- [Belkredim, F.Z. 2008b] Belkredim, F.Z. «Langue arabe et causalité » communication Poster intitulé Symposium International sur le thème L'Outil Informatique au Service de la Langue Arabe face à la Mondialisation. à l'Université de Tlemcen (Algérie). 2008b
- [Belkredim, F.Z. & Sebai, A. 2009 a] Belkredim, F.Z. & Sebai, A. An Ontology Based Formalism for Arabic Language Using Verbs and their Dérivatives. conférence IBIMA Egypte, 2009
- [Belkredim, F.Z. 2009 b] Belkredim, F.Z. utilisation de la causalité dans Langue Arabe . Communication SOPHA 09. Genève Suisse. 2009
- [Belkredim, F.Z. 2010a] Belkredim, F.Z. Langue Arabe et Formalisation . Communication aux journées scientifique du Tronc Commun. 2010
- [Belkredim, F.Z. 2010b] Belkredim, F.Z. Compréhension de la causalité dans les sciences physiques. Communication aux journées du laboratoire de physique. 2010b.
- [Bendaoud, R. 2009] Bendaoud, R. *Analyses formelle et relationnelle de concepts pour la construction d'ontologies de domaines à partir de ressources textuelles hétérogènes*. Thèse de doctorat spécialité informatique université Nancy 1 France. 2009
- [Benhamouda B 1993] Benhamouda B. Les Clés de la Langue Arabe. Office des Publications Universitaires ,Alger,1993.
- [Blachere R., & all, 1975] Blachere R. and. Gaudefroy-Demombynes M., Grammaire de l'Arabe classique, (3rd edition) Maisonneuve & Larose Paris, 1975.
- [Black, W., 2006] Black, W., Elkateb, S., Rodriguez, H., Alkhalifa, M., Vossen, P., Pease, A. and Fellbaum, C., Introducing the Arabic WordNet project, Proceedings of the 3rd Global Wordnet Conference, Jeju Island, Korea, South Jeju, January 22-26, 2006.
- [Bohas, G. & all, 2007] Bohas, G., Mihai Dat. Une theorie de l'organisation du exique des langues semitiques : matrices et étymons.ENS Edition. 2007.
- [Bonato, R. 2006] Bonato, R. An Integrated Computational Approach to Binding Theory.Ph.D. Thesis. Université Verona –UniversitéBordeaux. June 22, 2006
- [Charlet, J., & all., 2004] Charlet, J., Bachimont, B., Troncy, R. Ontologies pour le Web sémantique.
http://www.eurecom.fr/~troncy/Publications/Troncy-revue_i304.pdf. 2004.

Références

[Chandrasekaran B., Josephson J. R 1999] Chandrasekaran B., Josephson J. R., . Benjamins V. R, « *What are ontologies, and why do we need them?* », *IEEE Intelligent Systems*, 14(1):20–26, 1999.

[Cohen, D 1989] Cohen, D. « *L'aspect verbal, Paris* », Presse universitaires de France, 1989.

[Davidson, D., 1993] Davidson, D. *Actions et événements. Traduit de l'Américain par Pascal Engel*. Paris: Presses Universitaires de France. 1993.

[DIAB, M., all 2004]DIAB, Mona; HACIOGLU, Kadri ; JURAFSKY, Daniel (2004). *Automatic Tagging of Arabic Text: From Raw Text to Base Phrase Chunks*, Proceedings of HLT-NAACL 2004, <http://www-nlp.stanford.edu/~mdiab/papers/ArabicChunk..>

[Dichy, J. & all 2007] Dichy, J. Farghali, A. *Grammar-Lexis Relations in the Computational Morphology of Arabic*. Springer 2007.

[Dictionnaire encyclopédique pour la maîtrise de la langue française la culture classique et contemporaine Larousse 1998].

[Dictionnaire petit Larousse illustré 1991]

[Dictionary Oxford. 2000] Advanced learner's dictionary Oxford .international students edition .A S Hornby, sixth edition. Edited by Sally Wehmeier. Oxford university Press. 2000.

[Dictionnaire, Mounjed de poche : Arabe Français - Français Arabe, 1991] Dictionnaire Mounjed de poche : Arabe Français - Français Arabe, Dar El Mechreq, Beyrouth, Liban, distribution librairie Orientale 1991.

[Elbaydhani, S 2000] Elbaydhani, S نزهة الطرف شرح بناء الأفعال في علم الصر وتيسيره (verb explanation and structure in sarf science and to render it easy). 2000.

<http://www.almeshkat.net/books/archive/books/altef.zip>

[Elghazali,A., 1962] Elghazali,A. « *تهافت الفلاسفة* » réécriture par le père Boudje .Edition catholique.Liban. 1962.

[Elkateb, S.& all 2006] Elkateb, S., Black, W., Rodriguez, H, Alkhalifa, M., Vossen, P., Pease, A.] Fellbaum, C., Building a WordNet for Arabic, Proceedings of The fifth international conference on Language Resources and Evaluation .(LREC 2006). , 2006).

[El Kateb, S. Black W 2005] Elkateb, S. Black W., RODRIGUEZ, H., ALKHALIFA M. Vossen, P. Fellbaum C. Pease, A. *Introducing the Arabic WordNet Project*. Petr Sojka, Key-Sun Choi, Christiane Fellbaum, Piek Vossen (Eds.): GWC 2006, Proceedings, c Masaryk University, 2005.

[El Kassas, D., 2005] El Kassas, D. une etude contrastive de l'arabe et du français dans une generation multilingue. Thèse Doctorat linguistique théorique descriptive et automatique. Université PARIS 7 – Denis Diderot.2005.

Références

- [El-Sadany, T.A.&, 1989] El-Sadany T.A. and Hashish M.A., An Arabic morphological system, IBM Systems Journal, 28(4):600-612, 1989.
- [El Saraqusti, A.1978] ElSaraqusti Abi Mohamed Ben Elmaarifi, (Kitab El Afa'l) كتاب الافعال . الهيئة العامة للشؤون المطابع الأشيرتي 1978.
- [Espinoza ,M., 1992] Espinoza ,M., les quatre causes de Bunge a Aristote. Revue philosophique de la France et de l'étranger.3 : 297-316. 1992
- [Etha'libi, I., 1999] Etha'libi, Ibn Mansour فقه اللغة و أسرار العربية Dar El Fikr, Liban 1999.
- [Ezzadjadji,A. 1979] Ezzadjadji,A. Clarté dans les causes grammaticales: الإيضاح في علل - Reécrit par Mazen Elmoubarek , environ le 7ieme siecle,1979.
- [Ezzamakhchari,A 1990] Ezzamakhchari Abi Elqassam Mohammed Ben Omar.(عبد الرحمان محمود ترجمة)reecrit par Abderrahmane Mahmoud.(الزمخشري ابي القاسم محمد ابن عمر 1990دار المعرفة للطباعة و النشر. اساس البلاغة (و تحقيق)
- [Friedman-Hill E 2003] Friedman-Hill E., *Jess in Action* , Manning, Greenwich, UK, 2003.
- [Fürst, F., 2002] Fürst, F. *L'ingénierie ontologique*. Rapport de recherche .No 02-07 Octobre 2002.
<http://www.sciences.univ-nantes.fr/irin/Vie/RR/>
- [Fürst, F., 2004] Fürst, F. Contribution à l'ingénierie des ontologies : une méthode et un outil d'opérationnalisation.these de doctorat informatique .université de Nantes. 2004.
- [Gasevic D., Djuric D., Devedzic V 2006] Gasevic D., Djuric D., Devedzic V., *Model Driven Architecture and Ontology Development*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg Germany2006
- [Ghayalani M 2005] Ghayalani M., جامع الدروس العربية دار ابن الهيثم القاهرة مصر , 2005.(Encyclopedia of Arabic courses) Cairo Egypt 2005.
- [Girju. R., 2003] Girju. R.. *Automatic Detection of Causal Relations for Question Answering*. In the proceedings of the 41st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL 2003), Workshop on "Multilingual Summarization and Question Answering - Machine Learning and Beyond".
- [Girju. R., 2002] Girju. R. Mining answers for causation questions. American association for Artificial intelligence.www.aaa.org. 2002.
- [Graf ,A & 1996] Graf ,A. & Le Bihan C . lexique de philosophie. Édition Seuil .Paris.1996.
- [GRUBER. T.R 1993] GRUBER. T.R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*, 1993.

Références

- [Guarino N. & all, 1995] Guarino N., Giaretta P., Ontologies and knowledge bases, towards a terminological clarification., *Towards very large knowledge bases : knowledge building and knowledge sharing*, Amsterdam IOS Press, , 1995.
- [Guarino, 1998] Guarino, N.: Formal Ontology in Information Systems. In Guarino N. (ed) 1st International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98). IOS Press. Trento, Italy. 1998. 3-15.
- [Guelati, I., 2009] Guelati Ibrahim. (l'histoire de l'i'rab. Livre de nahw et sarf pour tous les niveaux d'apprentissage – noms- verbes- particules ... Dar Elhadye) قصة الاعراب كتاب في النحو و الصرف اجميع المراحل التعليمية الاسماء- الافعال- الحروف-التصريف- والاعراب دار الهدي للنشر و التوزيع 2009
- [Guha, A., 2007] Guha, A. Compréhension de textes et representations des relations causales. These doctorat sciences cognitives Université Paris-Sud . 2007.
- [Hadj salah, A., 2003] Hadj salah, A. Al-Lisaniyyat, revue algérienne des sciences et technologie du langage, centre de recherche scientifique et technique pour le développement de la langue arabe, numéro 8, 2003.
- [Hajjar, J.N,1986] Hajjar, Joseph N. Traité de traduction grammaire, rhethorique et stylistique 4ieme edition.Dar El-Machreq Beyrouth,1986
- [Halbwachs, F 1971] Halbwachs, F . Reflexions sur la causalité physique. *Les théories de la causalité*. Presses Universitaires de France. Paris.1971.
- [Hare, P. H., & all., 1975] Hare, P. H., & Madden, E. H. *Causing, perceiving and believing*. Dodrecht: Reidel.1975.
- [Hlal, Y.,1979] Hlal, Y. *Méthode d'apprentissage pour l'analyse morphosyntaxique (expérimentéedans le cas de l'arabe et du français)*. Ph.D. dissertation, Université Paris-Sud, Centre d'Orsay. 1979.
- [Hlal, Y. 1985a] Hlal, Y. Morphology and syntax of the Arabic language. *Arab School of Sciencesand Technology: Informatics* 4C, 1–8. 1985a.
- [Hobbs Jerry R. 2005] Hobbs Jerry R. Toward a Useful Concept of Causality for Lexical Semantics. Information Sciences Institute University of Southern California Marina del Rey, California.2005.
- [Ibn Manzour] Ibn Manzour, Lisan Al-Arab. www.muhammadith.org.
- [Ibn Rochd, A. 1965] Ibn Rochd, A. تهافت التهافت . Réécriture par Dina,S. liere edition, Egypte.1965.
- [Jerwan s.,1972] Jerwan sabek. Dictionnaire français arabe. 1ière édition. Dar Sabek. Beyrut Liban. 1972.
- [Kant, E., 1963] Kant, E. Critique de la raison pure. Traduction Tremesaygues et Pacaud. P.U.F 1963

Références

- [Khoja, S. & all., 2001] Khoja, Shereen ; GARSIDE, Roger ; KNOWLES, Gerry (2001a). "An Arabic Tagset for the Morphosyntactic Tagging of Arabic" *In Corpus Linguistics 2001*, Lancaster : Lancaster University, <http://archimedes.fas.harvard.edu/mdh/arabic/CL2001.>, *In Site du projetArchimedes à l'Université de Havard*, dernière consultation 15 mars 2005.
- [Kourougli,D., 1994] Kourougli,D .Langue Arabe partie I. LALIES 13. 1994.
- [Kuhn, Th. S., 1971] Kuhn, Th. S. les notions de causalité dans le développement de la physique. Les théories de la causalité. Presses Universitaires de France. Paris.1971.
- [Kurylowiez, J. 1972] Kurylowiez, J. « *Studies in Semitic Grammar and Metrics*» ,Wroclaw 1972.
- [Kripke, S.A., 1963] Kripke, S.A.,Semantical considerationon modal logic.Acta philosophica fennica, 16, 83-94 1963.
- [Lalande, A 1963] Lalande, A. La raison et les normes. 2ieme édition. Hachette Paris . 1963.
- [Lavoie, B. 2007] Lavoie, B. *Raisonnement non monotone*. Synthèse de lectures, Programme de Doctorat en Informatique Cognitive, Université du Québec à Montréal. 2007.
- [Lewis,D.,1973] Lewis,D. Causation, journal of philosophy,70 556-557,1973.
- [Loukam, M., 2008]. Loukam, M., 2008 Un analyseur morpho-lexical pour l'arabe standard dans l'optique d'une recherche par racine sur Internet.Symposium International sur le thème L'Outil Informatique au Service de la Langue Arabe face à la Mondialisation. à l'Université de Tlemcen (Algérie). 2008b
- [Loukam Mourad 1999] Louakam Mourad, Etude critique de l'aptitude des Modèles Objets à modéliser le Langage Naturel, Application à la théorie linguistique Néo-khaliléenne, These Magister.Ecole Normale Supérieure des Sciences Humaines, Alger.1999.
- [Mackie, J. L., 1974]. Mackie, J. L. The cement of the universe. Oxford: Clarendon Press.1974.
- [Maedche, A., 2003] Maedche, A. *Ontology Learning For The Semantic Web*. Kluwer Academic Publisher second printing . Massachusetts. 2003
- [McDermott, D.V., 1980] McDermott, D.V., .Non monotonic logic 1. Artificial Intelligence, 13, 1980.
- [McDermott, D.V.,1982a] McDermott, D.V., .Non monotonic logic 2. non monotonic modal theories. J.ACM, 29, 1982.
- [McDermott, D.V.,1982b] McDermott, D.V., a temporal logic for reasoning about process and plans cognitive science,6, 1982.
- [Mazlack, L. J., 2003] Mazlack, L. J. Mining Causality From Imperfect Data FLINT-CIBI Workshop .2003.

Références

- [McCarthy, J., 1979] McCarthy, J. On Stress and Syllabification. *Linguistic Inquiry*, 1979.
- [McCarthy, J., 1982b] McCarthy, J. A temoral logic for reasoning about process and theories J.ACM29, 1982.
- [Mendes H., 2009] Mendes H. La causalité chez Ibn Roshd. 2009. <http://awudam.org/trath/74/turath74-009.htm>.
- [Michotte, A. 1953] Michotte, A. *La perception de la causalité*. Louvain: Publications universitaires de Louvain. 1953.
- [Mokhtari, A., 1997] Mokhtari, A. Aspects normatifs temporels et epistemiques pour une representation pratique de la causalité. Thèse d'Etat ,USTHB Alger. 1997.
- [Moutaouakil, A . 1982] Moutaouakil, A. Réflexions sur la Théorie de la Signification dans la pensée Linguistique Arabe. Publication de l'université de Rabat(1982).
- [Moeschler J 2003] Moeschler J. « L'expression de la causalité en français », Cahiers de Linguistique Française . 2003.
- [Nazarenko, A 1993] Nazarenko, Comprehension de la causalité dans le langage naturel. These de doctorat d'université d'informatique . Paris 13.
- [Nazarenko, A 2000] Nazarenko, A.La cause et son expression en français. Paris: Ophrys. 2000.
- [Nobécourt J. & Biébow, M 2000] Nobécourt J. & Biébow, M. DOS : a modelling language to build a formal ontology en either Description Logics or Conceptual Graphs, in *Proceedings of the 12th International Conference on Knowledge Engineering and Management (EKAW'2000)*, Springer-Verlag LNAI 1937, pages 57-64, 2000
- [Nouioua F., 2007] Nouioua F. Thèse Docteur Informatique Université Paris XIII 2007
- [Pashova, T., 2003] Pashova T., The VS/SV alternation in modern written Arabic from a textual perspective, *Zeitschrift für arabische Linguistik (Z. arab. Linguist.)*, no42, pp. 7-40, ISSN 0170-026X , 2003.
- [Pitrat J. , 1991] Pitrat J. , Méta-Connaissances, Hermès., Méta-Connaissances, Hermès.1999.
- [Piaget, J 1971] Piaget, J. la causalité selon E. Meyerson. Les théories de la causalité. Presses Universitaires de France. Paris.1971.
- [Rapaport, W.J., 2000] Rapaport W.J., *Cognitive science* in Encyclopedia of Computer Science, 4th edition, Ralston A., Reilly E. D., Hemmendinger D., (Editors), *Grove's Dictionaries*, New York, USA, pp. 227–233, 2000.
- [Russell, B. 1989]. Problèmes de philosophie. Payot. Paris .1989.
- [Russell S., & all., 2002] Russell S., Norvig P., Artificial Intelligence: A Modern Approach, 2nd edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 2002.

Références

[Sebai,A.& all., 2009] Sebai,A. Belkredim, F.Z An Ontology Based Formalism for Arabic Language Using Verbs and their Dérivatives. conférence IBIMA Egypte, 2009

[Serlin, E & all., 1991]. , Serlin, E., & Beauvois, J.-L. Explications ordinaires des événements psychologiques : esquisse d'une méthode d'analyse du discours explicatif, la M.A.E.C. European Bulletin of Cognitive Psychology, 11, 1991.

[Shaalán K., 2005] Shaalan K., Arabic GramCheck: A Grammar Checker for Arabic, Software Practice and Experience, 35(7):643-665, June 2005.

[Shoam, Y. ,1988] Shoam, Y. Reasoning about change : time and causation from the standpoint of artificial intelligence. Massachussets Institute of technology.1988.

[Sproat, R., 2007] Sproat, R., preface, Arabic Computational Morphology Knowledge-based and Empirical Methods. Springer , 2007.

[Sowa J. F., 2000] Sowa J. F., Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations, Brooks Cole, Pacific Grove, USA, 2000.

[Stanford encyclopedia of philosophy 2001]. David Hume.
<http://plato.stanford.edu/entries/hume/>

Uschold, M. & Gruninger, M . Ontologies: Principles, methods and applications. *Knowledge Engineering Review*. . 1996.

[Vianu V., 1997] Vianu V., «Rule-based language», Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 19(1-2): 215–259, 1997

[Welty C. A., 1996] Welty C. A., An Integrated Representation for Software Development and Discovery, Rensselaer Polytechnic Institute, New York, 1996.

[Wolf, P., 2003] Wolf, P. Direct causation in the linguistic coding and individuation of causal events. Elsevier Science B.V. All. 2003.

[Wright, G.H. von, 1973] Wright, G.H. von .on the Logicand E pistemology of the causal relation. Logic, methodology and philosophie of science IV, North Holland Publications.1973.

[Tricot, J .,1992] Tricot, J. Traité de logique formelle.1966 Traduction par Yakoubi , M. Office des Publications Universitaires ,Alger,1992.

Yakoubi,M., مسالك العلة و قواعد الاستقراء عند الاصوليين وجونستوات مل OPU. 19 94

[Zaidi, S. & all,2005] Zaidi, S. Laskri M.T.,and Bechkoum, K. *A Cross-language Information Retrieval Based on an Arabic Ontology in the LegalDomain*”, IEEE SITIS ,2005

[Ziki,A.,1992] Ziki,A «(Idée de la causalité chez Elghazali AbaHamed) فكرة «العلية عند ابي حامد الغزالي» OPU 1992 Alger

<http://sarf.sourceforge.net/>

Annexe 1

1. Contenu de l'annexe

Nous avons construit notre métaontologie DEARONTOLOGY de la langue arabe sur la base de la conception de la TGA de cette langue. C'est une ontologie sémantique groupant les mots de la même famille ayant un sens basic commun. Les caractéristiques sur lesquelles repose cette construction sont la dérivation et la flexion. En effet, à partir de racine triconsonnantique et quadriconsonnantique représentée par des verbes trilitères et quadrilitères nous avons obtenu des formes dérivées de verbes avec leurs noms dérivées. Nous présentons les dérivations du verbe trilitère puis ceux du verbe quadrilitère primaires et secondaires.

2. La forme simple du verbe trilitère primitif **Forme 1**

La racine de trois consonnes est représentée par un verbe primitif. Ce verbe est la première forme qui est la plus simple mais qui admet le plus grand nombre de dérivations [Kouroughli,D.,1994]. Nous pouvons déduire par dérivation et flexion les autres formes de verbe¹. Il existe treize formes de verbes à partir de la première forme dont dix les plus usités. La forme du verbe trilitère est la forme modèle qui le plus de dérivations. Nous appelons cette forme de verbe **forme 1**

2.1. Caractéristiques des verbes de forme 1

Les verbes de cette forme (trois lettres basiques) ont les schèmes (فَعْلٌ, فَعِلٌ, فَعَلٌ). Elles ne se différencient que par la voyelle du milieu.

-le type فَعْلٌ est le plus fréquent et il est transitif tel que [كتب (écrire)], [فتح (ouvrir)].

-le type فَعِلٌ correspond à quelques verbes transitifs et a des verbes d'état tel que [فرح (être joyeux)], [حزن (être triste)].

-le type فَعَلٌ est celui des verbes d'état dits durable tel que [حسن (être beau)], [ثقل (être lourd)].

2.1.1. Conjugaison

- **Conjugaison à l'accompli:**

¹ Nous n'avons pas systématiquement toutes les formes dérivées car chaque verbe possède des spécificités propres à lui.

Annexe 1 | Les Formes des Verbes Primitives : Derivation et Flexion

La conjugaison de cette forme sera présentée car les autres formes peuvent être déduites. Le schème de ce verbe est (فَعَلَ, فَعِلَ, فَعَلَّ) à l'accompli: voir Tableau 1.1

pronom	Genre	singulier	duel	Pluriel
1ière personne	masculin/féminin	فَعَلْتُ	-	فَعَلْنَا
2ième personne	Masculine	فَعَلْتَ	فَعَلْتُمَا	فَعَلْتُمْ
	féminin	فَعَلْتِ	فَعَلْتُمَا	فَعَلْتُنَّ
3ième personne	Masculine	فَعَلَ	فَعَلَا	فَعَلُوا
	Feminine	فَعَلَتْ	فَعَلْتَا	فَعَلْنَ

TABLEAU 1.1: CONJUGAISON DU SCHEME فَعَلَ A L'ACCOMPLI

Pour tout verbe de cette forme, la conjugaison peut être déduite. Pour conjuguer un verbe de la même forme il suffit de mettre une correspondance entre les consonnes de la racine f ' l et la racine du verbe à conjuguer. Par exemple (k t b) la racine du verbe écrire : il y a une bijection entre {f, ' , l} et {k, t, b} telle que

$$f \text{ ----} \rightarrow k \qquad ' \text{ ----} \rightarrow t \qquad l \text{ ----} \rightarrow b$$

A partir de la racine k t b (كَتَبَ), nous avons la morphologie flexionnelle et nous obtenons un Tableau 1.2 similaire au Tableau 1.1

pronom	genre	Singulier	duel	Pluriel
1ière personne	masculin/féminin	كَتَبْتُ/كَتَبْتِ	-	كَتَبْنَا/كَتَبْنَا
2ième personne	masculin	كَتَبْتَ/كَتَبْتِ	كَتَبْتُمَا/كَتَبْتُمَا	كَتَبْتُمْ كَتَبْتُمْ
	féminin	كَتَبْتِ/كَتَبْتِ	كَتَبْتُمَا/كَتَبْتُمَا	كَتَبْتُنَّ/كَتَبْتُنَّ
3ième personne	masculin	كَتَبَ/كَتَبَ	كَتَبَا/كَتَبَا	كَتَبُوا/كَتَبُوا
	féminin	كَتَبَتْ/كَتَبَتْ	كَتَبْتَا/كَتَبْتَا	كَتَبْنَ كَتَبْنَ

TABLEAU 1.2: CONJUGAISON DU SCHEME كَتَبَ A L'ACCOMPLI

- **Conjugaison à l'inaccompli :**

La voyelle de la deuxième radicale suit le verbe donné au départ dans l'accompli mais dans l'inaccompli la deuxième voyelle de la deuxième radicale peut changer et il n'y a aucun principe qui règle l'alternance vocalique [Blachere, R. & all, 1975].

La TGA a ordonné les temps¹. L'inaccompli provient de l'accompli en ajoutant des affixes. Le tableau suivant donne les schèmes de verbe (فَعَلَ, فَعِلَ, فَعُلَ) à l'inaccompli (يَفْعَلُ, يَفْعِلُ, يَفْعُلُ) Tableau 1.3.

pronom	Genre	Singulier	duel	Pluriel
1ière personne	masculin/féminin	أَفْعَلُ	-	تَفْعَلُ
2ième personne	Masculin	تَفْعَلُ	تَفْعَلَانِ	تَفْعَلُونَ
	Féminin	تَفْعَلِينَ	تَفْعَلَانِ	تَفْعَلْنَ
3ième personne	Masculin	يَفْعَلُ	يَفْعَلَانِ	يَفْعَلُونَ
	Féminin	تَفْعَلُ	يَفْعَلَانِ	يَفْعَلْنَ

TABLEAU 1.3: CONJUGAISON DU SCHEME فَعَلَ A L'INACCOMPLI

Remarque importante

Pour connaître les flexions d'un verbe, le repérage s'effectue avec la conjugaison de la troisième personne de l'accompli et de l'inaccompli.

2.1.2. Les différents 'sous schèmes' de conjugaison de cette forme

Le verbe de trois consonnes se présente avec le changement de la deuxième voyelle radicale et ceci montre une différence entre l'accompli et l'inaccompli. Ainsi on a six schèmes :

- يَفْعَلُ \ فَعَلَ :

On fait correspondre au schème (يَفْعَلُ \ فَعَلَ): [يَذْهَبُ \ ذَهَبَ] (partir), [يَدْخُلُ \ دَخَلَ] (entrer). Ce schème ayant une voyelle à la deuxième radicale sont au nombre de six (الحاء والخاء والعين والغين) (والهاء والهمزة). Ce schème de verbe est transitif mais peut être intransitif.

¹ La forme passive provient de l'impératif qui est issu de l'inaccompli et ce dernier de l'accompli à l'aide des transformations.

Exemple de كَتَبَ

pronom	genre	singulier	duel	Pluriel
1 ^{ère} personne	masculin/féminin	أَكْتُبُ \ أَفْعَلُ	-	نَكْتُبُ \ نَفْعَلُ
2 ^{ème} personne	masculin	تَكْتُبُ \ تَفْعَلُ	تُفَعِّلَانِ تَكْتُبَانِ	تَكْتُبُونَ \ تُفَعِّلُونَ
	féminin	تَكْتُبِينَ \ تَفْعَلِينَ	فَتَعْلَانِ تَكْتُبَانِ	تَكْتُبْنَ \ تَفْعَلْنَ
3 ^{ème} personne	masculin	يَكْتُبُ \ يَفْعَلُ	يُفَعِّلَانِ يَكْتُبَانِ	يَكْتُبُونَ \ يُفَعِّلُونَ
	Féminin	تَكْتُبُ \ تَفْعَلُ	يُفَعِّلَانِ يَكْتُبَانِ	يَكْتُبْنَ \ يَفْعَلْنَ

TABLEAU 1.4: CONJUGAISON DU VERBE كَتَبَ A L'INACCOMPLI

- **يَفْعَلُ \ أَفْعَلُ**:

On fait correspondre au schème (يَفْعَلُ \ أَفْعَلُ): [يَضْرِبُ \ ضَرَبَ] (frapper), [يَجْلِسُ \ اجْلَسَ] (s'asseoir).

Ce schème dénote très souvent la transitivité mais peut être intransitive.

- **يَفْعَلُ \ فَعَلَ**

On correspond au schème (يَفْعَلُ \ فَعَلَ) par exemple les verbes [يَكْتُبُ \ كَتَبَ] (écrire), [يَخْرُجُ \ اَخْرَجَ] (sortir). Ce schème de verbe dénote le plus souvent transitive mais peut être intransitif

- **يَفْعَلُ \ فَعِلَ**

On fait correspondre à ce schème (يَفْعَلُ \ فَعِلَ): [يَعْلَمُ \ عَلِمَ] (savoir), [يَفْرَحُ \ فَرِحَ] (être heureux). Ce schème de verbe est souvent transitif tel que عَلِمَ زَيْدٌ mais aussi intransitif.

- **يَفْعَلُ \ فَعِلَ**

On fait correspondre à ce schème (يَفْعَلُ \ فَعِلَ): [يَحْسِبُ \ حَسِبَ] (compter), [يَعْمُرُ \ عَمَرَ] (vivre dans le bien-être, la douceur). Ce schème de verbe est souvent transitif mais aussi intransitive

- **يَفْعَلُ \ فَعَّلَ**

On fait correspondre à ce schème (يَفْعَلُ \ فَعَّلَ): [يَحْسُنُ \ أَحْسَنَ] (embellir), [يَكْرُمُ \ كَرَّمَ] (être généreux), ce schème de verbe n'est qu'intransitif.

Il est à noter qu'il n'existe pas d'exemple de verbe pour les schèmes (يَفْعَلُ \ أَفْعَلُ) et (يَفْعَلُ \ فَعَّلَ) dans les corpus de la TGA.

- **Conjugaison à l'impératif**

Un verbe conjugué à l'impératif signifie que la demande doit être accompli à la fin de l'ordre (temps) donné par le locuteur. L'impératif est limité à la deuxième personne et dérive de l'inaccompli par application des règles suivantes : marque casuelle (verbe apocopé) avec

omission du préfixe de personne du verbe et l'ajout ou non d'une hamza à sa place selon la voyelle de la deuxième radicale à l'inaccompli (si la voyelle est un 'u' on aura une hamza en u et sera en i dans les autres cas. [Blachere, R. & all, 1975]

2.2. Forme passive (المبني للمفعول / المبني للمجهول)

La forme passive appelé 'الفعل المبني للمجهول' dérive de l'inaccompli et a un emploi syntaxique et sémantique propre à la langue arabe et diffère du français [Blachere R.& all, 1975].

Schémes du verbe فعل à l'impératif

pronom	genre	Singulier	duel	Pluriel
2ième personne	masculin	افعل	افعلا	افعلوا
	féminin	افعلي	افعلا	افعلن

TABLEAU 1.5 : CONJUGAISON DU SCHEME فعل A L'IMPERATIF

Exemple du verbe كتب à l'impératif

pronom	genre	Singulier	Duel	Pluriel
2ième personne	masculin	اكتب اكتب	اكتبوا اكتبوا	اكتبوا اكتبوا
	féminin	اكتبي اكتب	اكتبا اكتبوا	اكتبن اكتبن

TABLEAU 1.6 : CONJUGAISON DU VERBE كتب A L'IMPERATIF

La forme passive est une forme de verbe dont le sujet n'est pas mentionné pour plusieurs raisons (par exemple le sujet est inconnu ou ne pas vouloir citer le sujet par crainte de lui ou peur de lui porter préjudice, ou par respect ou irrespect, ou l'interlocuteur peut deviner le sujet)[Ghayalani M., 2005]. Le sujet étant supprimé, il est remplacé par un nom ou un fragment de phrase (selon les cas de nature du verbe transitif (المتعدي) ou non transitif (اللازم)).

La forme passive se conjugue à l'accompli ou l'inaccompli mais pas à l'impératif. Pour la première forme فعل - فعل - فعل la forme passive du verbe se fera comme suit :

- A l'accompli, une voyelle u à la première consonne et une 'i' à l'avant dernière consonne du verbe (اكتب \ écrire).

- Si le verbe à l'inaccompli est **يَفْعُلُ** le schème du nom verbal est **مَفْعِيلٌ** [**مَوْضِعًا \ضَعَّ**] ou **مَفْعِلَةٌ** [**عَرَفَ \ مَعْرِفَةٌ**]

2.5. Nom verbal de manière (**مصدر الهيئة**)

Ce nom verbal exprime le type et la manière de l'action représentée par le verbe. Il a pour schème [**ضَرَبَ \ ضَرْبَةٌ** (une tape)], [**فَعَلَهُ**], [**جَلَسَ \ جَلْسَةٌ**], [**سَاسَ \ سَأْسَاءٌ**] (s'asseoir)

Remarque: ce nom ne se met pas au pluriel ni au duel. Il a un emploi stylistique et rhétorique particulier.

2.6. Nom verbal d'une fois ou du nombre (**مصدر المرة**)

C'est un dérivé verbal qui exprime que l'action a été accomplie une fois et a pour schème [**شَرِبَ \ شَرْبَةٌ**] (une gorgée), [**شَرِبْتُ**], [**ضَرَبَ \ ضَرْبَةٌ**] (une tape), [**فَعَلَهُ**]

2.7. Participe actif (**اسم الفاعل**)

Participe actif du verbe trilitère

Le participe actif est un mot dérivé du verbe qui veut dire par qui l'action a lieu et l'action est événementielle non continue [Ghayalani, M.,2005]. Pour le verbe trilitère, le schème est [**كَاتَبَ \ كَاتِبٌ**] (écrivain), [**شَارَبَ \ شَارِبٌ**] (buveur), [**فَاعِلٌ**]

Le Participe actif se met au masculin singulier **كَاتِبٌ** (écrivain) et pluriel **كَاتِبُونَ** ou **كَاتِبَاتٌ** (écrivains) au féminin singulier **كَاتِبَةٌ** (écrivaine) féminin pluriel **كَاتِبَاتٌ** (écrivaines). Le participe actif est surtout utilisé pour les verbes transitifs dans le sens de l'action et celui qui fait l'action. Pour les verbes intransitifs son utilisation est entreprise dans le sens d'adjectif non constant [**جَالِسٌ \ جَلَسَ**] est assis].

2.8. Participe passif (**اسم المفعول**)

Le participe passif est un nom dérivé du verbe qui exprime celui qui a subi une action événementielle et non continue. Pour le verbe trilitère, le schème [**كُنْتُبْتُ \ كُنْتُوبٌ**], [**كُنْتُبْتُ**] (a été écrit), [**كُنْتُبْتُ \ كُنْتُوبٌ**], [**كُنْتُبْتُ**] (a été 'bu'), [**كُنْتُبْتُ \ كُنْتُوبٌ**], [**كُنْتُبْتُ**] (a été 'frappé'), [**كُنْتُبْتُ \ كُنْتُوبٌ**], [**كُنْتُبْتُ**] (a été remercié), [**كُنْتُبْتُ \ كُنْتُوبٌ**], [**كُنْتُبْتُ**] (a été ouvert)]. Le participe passif dérive du verbe transitif

et intransitif à la forme passive. De ce dernier, le participe passif est accompagné de la particule et de son nom (الجار و المجرور)

2.9. Adjectifs ou qualificatif assimilés (الصفة المشبهة)¹

La TGA a introduit des qualificatifs assimilés à certains noms selon le contexte qui sont appelés adjectifs. Ces derniers décrivent d'une façon constante l'état d'une personne ou d'un Objet. Par exemple, il existe des adjectifs assimilés au participe actif ou participe passif. [Blachere R. & all., 1975]²

2.10. Adjectif de thèmes semblables à ceux du participe actif ou passif

C'est un nom(singulier, pluriel, masculin, féminin) qui dérive des verbes intransitifs qui a un sens semblable au participe actif et qualifie un nom d'une manière constante. Ses schèmes sont :

- verbe trilitère de schème: فَعَلَ

On fait correspondre à ce schème de verbe intransitif ayant le sens de 'vide' (vacance) ou 'encombrement' (saturation) le schème adjectif

- فَعْلَان (masculin) فَعْلَى (féminin)

[عَطَشَى \ عَطْشَان (assoiffé(e)), [غَضَبَى \ غَضْبَان (Coléreux)]

- [فَعِيل : فَعِيلَان (أمير \ أمير (Belle \ Beau]

Ce schème a un sens de participe passif pour certains verbes :

[قَتِيل (قَتَلَ \ tué, assassiné) dérive du verbe مَقْتُول a le même sens que قَتِيل]

[ظَلِيم (ظَلَمَ \ auquel on a fait tort), (مَظْلُوم \ a le même sens que ظَلِيم]

- verbe trilitère de schème : فَعِلَ

On fait correspondre à ce schème de verbe intransitive ayant le sens couleur ou d'handicap, le schème adjectif

[أَجْهَر \ أَجْهَرَاء (أَفْعَل - (féminin) فَعْلَاء (masculin) أَفْعَل -

[رَوْحَاء \ رَوْحَاء (Rouse \ Rouse), [أَعْوَرَاء \ أَعْوَرَاء (borgne)], [أَحْمَرَاء \ أَحْمَرَاء (Rouge)]

[خَجَلَاء \ خَجَلَاء (joyeux], [فَرِحَاء \ فَرِحَاء (joyeux), [خَجَلَاء \ خَجَلَاء (timide)].

¹Benhamouda les nomme qualificatifs, [Kouloughli, D., 1994] les nomme adjectifs .

² [Ghayalani M., 2005] et [Elbaydhani, S., 1989] ne font pas état du participe passif

- **فَعِيلٌ** est une forme brève du nom d'agent **فَاعِلٌ**. C'est un adjectif ayant le sens de participe passif

- [مَرَضَ \ مَرِيضٌ] : [فَعِيلٌ] - malade

- Au verbe trilitère de schème : **فَعُلٌ / يَفْعُلُ** [Elbaydhani, S., 1989]
 [حَسَنَ \ حَسْنًا \ حَسَنٌ] : [فَعُلٌ] (être bon), [حَصَّنَ \ حَصْنًا \ حَصَانٌ] : [فَعَالٌ] (protecteur)
 [جَنَّبَ \ جُنُبًا \ جُنْبٌ] : [فُعُلٌ] (éviter)

2.11. Adjectifs d'intensité

L'adjectif qui marque l'intensité se nomme (**مُبَالَغَةُ الإِسْمِ الفَاعِلِ**). Ces qualificatifs intensifiés¹ dérivent souvent du verbe trilitère et donne l'intensité au participe actif :

[(أَكَالَ \ كَثِيرًا \ أَكَالٌ), (عَلِمَ \ كَثِيرًا \ عَلِيمٌ)] [Ghayalani M., 2005]. Nous présentons les schèmes dans le Tableau 1.8²

Les schèmes de verbes sont connus par mémoire et ne sont pas généralisables. Après analyse ces adjectifs représentent le participe actif (l'action est répétée). On intègre à ces schèmes d'adjectifs les noms d'artisan et de certains noms d'instrument(qui ont le sens de répétition du verbe) Tableau 1. 9 .

2.12. Nom de temps et de lieu du verbe trilitère

Ceux sont des dérivés du verbe qui expriment soit, soit le moment de l'action, soit l'endroit où l'action a lieu et parfois les deux ensembles par exemple (**مَلْعَبٌ**) indique le lieu (terrain de jeu) ou le moment du jeu. Les schèmes sont de la forme du nom verbal commençant par

(**م \ م**) [Blachere R. & all, 1975], [Ghayalani M., 2005]

¹ nomination de [Benhamouda B.,1993].

² [Benhamouda B.,1993] énumère tous les schèmes . Le schème **مَفْعَلَةٌ** a été également associé dans [Benhamouda B., 1993] a l'appellation 'nom d'abondance' et peut dériver d'un verbe de 'cause de, source de' par exemple [مَفْسَدَةٌ \ مَفْسَدَةٌ \ مَفْسَدَةٌ] : [cause de corruption] [مَجْلِبَةٌ \ مَجْلِبَةٌ \ مَجْلِبَةٌ] : [amener,faire venir]

Annexe 1 | Les Formes des Verbes Primitives : Derivation et Flexion

Schème	Adjectif intensif		Participe actif	Verbe
فَعْلٌ	حَذِرٌ	Très prudent	حَازِرٌ	حَذَرَ
فَعِيلٌ	عَلِيمٌ	Très savant	عَالِمٌ	عَلِمَ
فَيْعَلٌ	فَيْصَلٌ	arbitre	فَاصِلٌ	فَصَلَ
فَعِيلٌ	صِدِيقٌ	Très sincère	صَادِقٌ	صَدَقَ
	خَمِيرٌ	Grand ivrogne	خَامِرٌ	خَمَرَ
فَعَّالٌ	جَبَّارٌ	puissant	جَابِرٌ	جَبَرَ
	عَلَامٌ	Très savant	عَالِمٌ	عَلِمَ
	أَكَّالٌ	Goinfre	أَكَلٌ	أَكَلَ
فَعْلٌ	قَلْبٌ	lunatique	قَالِبٌ	قَلَبَ
فُعْلَةٌ	ضُحْكَةٌ	rieur	ضَاحِكٌ	ضَحِكَ
فُعَالٌ	كُرَامٌ	Très généreux	كَارِمٌ	كَرَمَ
فَعُولٌ	شَرُوبٌ	buveur	شَارِبٌ	شَرَبَ
فَاعُولٌ	فَارُوقٌ	Qui distingue le bien du mal	فَارِقٌ	فَرَقَ
فَيْعُولٌ	قِيُومٌ	immuable	قَائِمٌ	قُومَ
فَاعِلَةٌ	قَاطِعَةٌ	Du verbe couper	قَاطِعٌ	قَطَعَ
مِفْعَالٌ	مِفْعَضَالٌ	vertueux	فَاضِلٌ	فَضَلَ
مِفْعِيلٌ	مِئْطِيقٌ	éloquent	نَاطِقٌ	نَطَقَ
فَعَّالَةٌ	عَلَامَةٌ	Très savant	عَالِمٌ	عَلِمَ

TABLEAU 1.8 : SCHEME ET EXEMPLE DES ADJECTIFS D'INTENSITE

فَعَّالٌ	طَبَّاحٌ	Cuisinier	طَبَّخٌ
	نَجَّارٌ	Charpentier	نَجَرَ
	خَبَّازٌ	Boulangier	خَبَزَ
فَعَّالَةٌ	كَنَّاسَةٌ	Balai	كَنَّسَ

TABLEAU 1.9 : ADJECTIF D'INTENSITE NOM D'ARTISANTS ET NOMS D'INSTRUMENT

Schème	Exemple		Verbe
مَفْعَلٌ	مَكْتَبٌ	Bureau	كَتَبَ \ يَكْتُبُ
	مَشْرَبٌ	Abreuvoir	شَرِبَ \ يَشْرَبُ
مَفْعِلٌ	مَجْلِسٌ	Audience	جَلَسَ \ يَجْلِسُ
	مَسْجِدٌ	Mosquée	سَجَدَ \ يَسْجُدُ
مَفْعَلٌ \ مَفْعِلٌ	مَطْلَعُ \ مَطْلَعٌ	Lever	طَلَعَ \ يَطْلَعُ \ أَطْلَعُ \ يُطْلَعُ
مَفْعَلَةٌ	مَحْكَمَةٌ	Tribunal	حَكَمَ \ يَحْكُمُ \ أَحْكَمُ \ يُحْكَمُ

TABLEAU 1.10 : SCHEME DES NOMS DE LIEU ET DE TEMPS

2.13. Adjectives élatifs (اسم التفضيل)

L'adjectif élatif dérive du verbe trilitère primitif¹ et exprime la possession d'une qualité par deux objets et qu'un élément à une valeur supérieure par exemple A أفعل B. Cette expression d'adjectif est équivalente à un 'comparatif et superlatif. Cet adjectif a pour thème (أفعل) masculin singulier et فعلى pour féminin singulier qui a des flexions au pluriel et duel sous certaines conditions par exemple : [(الأكبر \ masculin), [الكبرى \ féminin)], et prend les flexions du féminin pluriel (الكبريات) et prend les flexions du masculin pluriel (الأكبرون) également du duel masculin (الكبريان \ الأكران) du duel féminin (الكبرياتان). Si les adjectifs sont définis avec (ال) ou un nom d'agent défini (إضافة معرفة) alors on a pour le singulier masculin/féminin (أفضل / فضلى), pluriel masculin (فضليات / أفضل) ou /pluriel féminin (أفضلون / أفضل), duel (أفضل / أفضل ou أفضل / فضليا). Si l'adjectif est indéterminé l'adjectif n'a pas les flexions. (أعلم, أعظم, أكرم). [Ghayalani M., 2005], [Alesko, 2007]

2.14. Adjectifs de relation (المنسوب)

Les adjectifs de relations expriment une 'référence' telle que l'origine, l'appartenance, le rapport, la matière. Ces adjectifs sont formés à partir d'un nom descriptif (que l'on veut décrire auquel est ajouté un suffixe (ياء \ y) appelée (ياء النسبية). Avec parfois quelques transformations ont donné des noms dérivés d'artisans.

[(كُتَيْبِي \ libraire) dérive de (كُتِبَ \ écrire), (كُتَاب \ livre), (كُتُب \ livres), (كُتَيْبِي \ libraire)]

¹ Benhamouda indique des cas particuliers mais rares.

Parmi les transformations, les suffixes de genre et de nombre disparaissent.

[(نباتات \ plantes, végétaux), (نبتت \ germer, pousser), (نباتي \ botaniste)]

2.15. Nom de l'instrument du verbe trilitère

Ce nom désigne l'instrument qui sert à accomplir l'action et dérive du verbe transitif en général mais il peut exister des noms dérivés du verbe intransitif. IL existe trois schèmes

Scheme	Exemple		Verbe
مِفْعَالٌ	مِنْشَارٌ	Scie	نَشَرَ/transitif
	مِعْرَاجٌ	Echelle	عَرَجَ/intransitif
مِفْعَلٌ	مِبْرَدٌ	Lime	بَرَدَ /transitif
مِفْعَلَةٌ	مَكْنَسَةٌ	Balai	كَنَسَ \transitif

Tableau 1.11 : schèmes et exemples nom d'instrument

2.16. Diminutifs (المصغَّر) ¹

Les diminutifs peuvent être employés pour les noms declinables qui dérivent des verbes trilitères et ont le schème فُعَيْلٌ - فُعَيْلٌ - فُعَيْلٌ - فُعَيْلٌ - فُعَيْلٌ - dans un but sémantique de réduire la dimension ou la grandeur, de ridiculiser ou d'injurier ou donner des marques de tendresse:

[(كُتَيْبٌ \ petit livre), (كُتَيْبٌ \ petit bureau), (كُتَيْبٌ \ petite beauté), (كُتَيْبٌ \ petite mosquée), (كُتَيْبٌ \ se prosterner), (كُتَيْبٌ \ petit bureau), (كُتَيْبٌ \ bureau), (كُتَيْبٌ \ petite clé), (كُتَيْبٌ \ clé), (كُتَيْبٌ \ ouvrir), (كُتَيْبٌ \ petits rêves), (كُتَيْبٌ \ rêves), (كُتَيْبٌ \ rêver)].

Les diminutifs admettent deux genres avec la forme du singulier, duel, du pluriel (كُتَيْبَاتٌ \ livres), (كُتَيْبَانٌ \ deux livres), (كُتَيْبَةٌ \ écrire) du masculin et féminin. L'académie de la

¹ nous avons conçu le diminutif pour les noms dérivés des verbes dans le but de l'ontologie.[Benhamouda B.,1993],[Elbaydhani, S., 1989],[Ghayalani M., 2005] considèrent le diminutif selon le nombre de consonnes du nom.

langue arabe du caire (مجمع اللغة العربية بالقاهر) a introduit d'autres schèmes (حَقَّارَةٌ , حَصَّادَةٌ , فَعَّالَةٌ , كَمَّاشَةٌ , كَسَّارَةٌ , فَطَّارَةٌ , فَتَّاحَةٌ , غَسَّالَةٌ , سَمَّاعَةٌ ...)

Conclusion

Nous avons étudié la dérivation et la flexion du verbe trilitère primitif (المَجْرَد) qui est nommée la première forme 'Forme1' par les orientalistes. Nous donnons ci-après les formes dérivés du verbe trilitère.

3. Les formes dérivées du verbe trilitère (Dérivation primaire) :

Le verbe trilitère peut admettre douze formes de verbes dérivées de la première forme qui à leur tour possèdent des dérivés et flexions (conjugaison et dérivés du verbe). Pour toute forme nous donnerons les dérivés et flexions comme pour la première forme. Pour la conjugaison (l'accompli et l'inaccompli), il sera spécifié seulement la troisième personne du singulier, la suite de la conjugaison se fait avec les même affixes et paradigmes que le verbe de la première forme et peut être déduite facilement à partir de cette forme. Nous posons deux sortes de dérivations primaires et secondaires pour les verbes primitifs trilitères. La dérivation secondaire sera présentée après l'étude du verbe quadrilatère.

Nous donnons les formes (3 caracteres de base +1 \ الفعل الثلاثي المزيد بحرف واحد) qui sont la forme2, forme3. forme4. Les trois schèmes (فَعَّلَ \ فَعَّلَ \ فَعَّلَ) appelés Forme 1 sont augmentés d'une consonne au verbe trilitère nu ou primitif(1) appelé (الفعل الثلاثي) et sont trois (يُفَعِّلُ \ أْفَعَّلَ ; يُفَاعِلُ \ فَاعَلَ ; يُفَعِّلُ \ فَعَّلَ)

3.1. Forme 2 (يُفَعِّلُ \ فَعَّلَ)

Cette forme consiste au redoublement de la deuxième consonne radicale qui peut être considérée la représentation de la répétition du verbe.

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

- La répétition de l'action du verbe

[[(ضَرَبَ \ frapper), (ضَرَبَ \ frapper avec insistance), [(كَسَرَ \ casser), (كَسَرَ \ casser en petits morceaux)], [(قَطَعَ \ Couper), (قَطَعَ \ couper en morceaux)]

- L'intensité de cette forme rend factitifs les verbes de qualité de type **فَعَّلَ** et les verbes de mouvement

[[(فَرَّحَ \ être joyeux), (فَرَّحَ \ rendre heureux:réjouir)], [(عَلَّمَ \ savoir), (عَلَّمَ \ faire savoir)], [(نَزَلَ \ descendre), (نَزَّلَ \ faire descendre)], [(كَتَبَ \ écrire), (كَتَّبَ \ faire écrire)].

2. Conjugaison

Accompli (فَعَّلَ) inaccompli (يُفَعِّلُ)

Forme passive a pour schème Accompli (فُعِّلَ) inaccompli (يُفَعَّلُ)

3. **Nom verbal** (المَصْدَر) a pour schème تَفْعِيلٌ

4. **Participe actif** a pour schème: مُنْفَعِلٌ

5. **Participe passé** a pour schème : مُنْفَعَلٌ

3.2. Forme 3 : (يُفَاعِلُ \ فَاعَلَ)

Cette forme consiste à l'allongement de la voyelle a de la première syllabe et peut être considéré essentiellement la représentation de but, d'effort pour réaliser l'acte du verbe nu avec l'association de se joindre à quelqu'un en accomplissant l'acte.

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

- Effort pour réaliser une action ayant la notion de concurrence [[(سَبَقَ \ devancer), (سَابَقَ \ chercher à devancer)], [(قَاتَلَ \ tuer), (قَاتَلَ \ combattre)], [(غَلَبَ \ dominer), (غَالَبَ \ chercher à l'emporter sur)],
- Exercer envers quelqu'un la qualité exercer par le verbe qualificatif [(حَسُنَ \ être beau), (حَاسَنَ \ bien traiter)], [(خَسُنَ \ être rude), (خَاشَنَ \ brutaliser)]
- Sens de direction d'une action vers un individu avec une notion de réciprocité. Il y a lieu d'ajouter au verbe une particule :

[(كَتَبَ \ écrire), (كَاتَبَ \ correspondre avec quelqu'un)].

2. **Conjugaison** Accompli (فَاعَلَ) inaccompli (يُفَاعِلُ)

Forme passive a pour schème Accompli (فُوِعِلَ) inaccompli (يُفَاعَلُ)

3. **Nom verbal** (المَصْدَر) a pour schème فِيعَالُ فِعَالُ مُفَاعَلَةٌ

(فَاعَلَ \ مُفَاعَلَةٌ \ فِعَالُ \ فِيعَالُ) (ضَرَبَ \ ضَرَابًا \ مُضَارَبَةٌ \ ضَارِبًا) (فَاتَلَ \ فَاتِلًا \ مُفَاتَلَةٌ \ فَاتِلًا) (شِيرَابًا \ شِيرَابًا)

4. **Participe actif** a pour schème فَاعِلٌ

5. **Participe passé** a pour schème مُفَاعَلٌ

3.3. Forme4 (يُفَعِّلُ \ أَفْعَلُ)

Cette forme est constituée par la préfixation de (أ \ alif). C'est une forme factitive et causative.

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

- Sens factitifs des verbes qualitatifs et de mouvement. Les verbe primitifs trilitères (فَعَّلَ) intransitifs deviennent transitifs et les transitifs deviennent doublement transitifs.

[[(فَعَّلَ \ être lourd), (أَفْعَلُ \ rendre lourd, alourdir)], [(جَلَسَ \ asseoir), (أَجْلَسَ \ faire asseoir)]

- Les transitifs de cette forme deviennent doublement transitifs :

[[(صَلَحَ \ être en bon état), (أَصْلَحَ \ rendre en bon état)], [(عَلِمَ \ savoir), (أَعْلَمَ \ savoir plus)], [(كَتَبَ \ écrire), (أَكْتَبَ \ faire écrire)].

- Sens de réaction avec une notion de causalité

[(صَرَخَ \ crier), (أَصْرَخَ \ répondre au cri d'appel de quelqu'un)], [(نَشَدَ \ chercher un objet perdu), (أَنْشَدَ \ indiquer quelqu'un objet qu'il a perdu)]

- Certains verbes ont le sens estimatifs et déclaratifs ayant la qualité exprimée par le verbe primitif

[[(بَخَلَ \ être avare), (أَبْخَلَ \ taxer d'avarice)], [(حَمَدَ \ louer), (أَحْمَدَ \ tenir pour digne d'éloges)], [(كَبُرَ \ grandir), (أَكْبَرُ \ agrandir, tenir pour grand)].

- Verbes d'existence

[[(زَرَعَ \ cultiver), (أَزْرَعَ \ rendre la terre cultivable)], [(دَخَلَ \ rentrer) , (أَدْخَلَ \ rendre possible son entrée)].

- Notion de quantité et état

[[(أَزْهَرَ \ devenu fleuri)], [(أَلْحَمَ \ avoir de la chair, devenir enveloppé)], [(عَلِمَ \ savoir), (أَعْلَمَ \ savoir plus)].

- Notion temps (دلالته على الزمان)

[[(صَبَحَ \ être au matin), (أَصْبَحَ \ au moment du matin est devenu)]

- Notion lieu [(دلالته على المكان)

[[(صَحَرَ \ rendre l'endroit désertique), (أَصْحَرَ \ rentrer dans un lieu le désert)]

2. Conjugaison Accompli (أَفْعَلُ) inaccompli (يُفَعِّلُ)

(يُكْرِمُ \ أَكْرَمَ), (يُخْرِجُ \ أَخْرَجَ)

Forme passive accompli (أُفْعِلَ) ;forme passive inaccompli (يُفَعَّلُ)

3. Nom verbal (المَصْنَدُ) a pour schème (إِفْعَالٌ)

(إِكْرَامًا \ أَكْرَمَ), (إِخْرَاجًا \ أَخْرَجَ)

4. **Participe actif** a pour schème (مُفْعِلٌ)

5. **Participe passé** a pour schème (مَفْعُلٌ)

Nous donnons les formes (3 caractères de base + 2 \ الفعل الثلاثي المزيد بحرفين)

Les trois schèmes (فَعَلَ \ فَعُلَ \ فَعِلَ) appelés Forme 1 sont augmentés d'une consonne au verbe trilitère primitif appelé (الفعل الثلاثي) et sont au nombre de cinq (يَفْعَلُ \ افْعَلْ ; يَفْعَلُ \ تَفَعَّلَ ; يَفْعَلُ \ تَفَاعَلَ ; يَفْعَلُ \ اِنْفَعَلَ ; يَفْعَلُ \ اِفْتَعَلَ)

3.4. Forme 5 : تَفَعَّلَ \ تَفَعَّلَ

Cette forme est la réfléchie¹ passive de la deuxième forme i.e. la deuxième forme avec un préfixe (ت \ t)

1. Caractéristiques

Parmi le sens ce verbe on cite² :

- Les verbes transitifs à la deuxième forme deviennent intransitifs dans cette forme [فُطِعَ \ couper en morceaux), (تَكَسَّرَ \ se casser en morceaux être cassé en morceaux], [قُطِعَ \ couper en morceaux), (تَقَطَّعَ \ se couper en morceaux)].
- les verbes doublement transitives deviennent transitives et obtention de quelque chose avec effort et petit à petit : [(عُلِمَ \ savoir), (عُلِّمَ \ faire savoir, enseigner), (تَعَلَّمَ \ savoir en ayant appris petit à petit et avec effort)], [(طُهِّرَ \ être propre), (طَهَّرَ \ purifier), (تَطَهَّرَ \ se purifier)]
- Les verbes déclaratifs de la deuxième forme ont un sens réfléchi : [(كَبُرَ \ grandir), (كُبِرَ \ considérer comme grand), (تَكَبَّرَ \ se considérer comme grand, s'énorgueillir)]
- Certains verbes ayant le sens de 'prétendre, ...' [(عَرَبَ \ être d'origine arabe), (عَرَّبَ \ traduire en arabe), (تَعَرَّبَ se prétendre d'origine arabe)]

¹ Réfléchi indique que le sujet exerce l'action sur lui-même [dictionnaire, Larousse 1998].

² La 5ième forme à différents sens telle que la possession (تَمَلَّكَ être propriétaire), la répétition et le comptage (تَفَرَّعَتْ se ramifier), prendre un moyen de (تَوَسَّدَ prendre un oreiller) ect ... [Elbaydhani, S., 1989] le sens du verbe dépend des autres éléments de la phrase.

- Certains verbes ont le sens de ‘se mettre ou se trouver dans une situation...ou exercer l’action sur soi-même ou dans son propre intérêt ’ayant un sens réfléchi intérieur.

[عَرَفَ \ savoir), (عَرَفَ \ faire connaître), (تَعَرَّفَ \ s’informer)], [(فَكَرَ \ réfléchir), (فَكَرَ (méditer, mémoriser), (تَفَكَّرَ \ réfléchir en soi-même)], [(صَبَرَ \ patienter), (صَبَّرَ \ encourager à la patience), (تَصَبَّرَ \ se contraindre à la patience et l’endurance)]

2. Conjugaison

Accompli (تَفَعَّلَ) inaccompli (يَتَفَعَّلُ)

(تَخْرَجَ يَخْرُجُ), (تَقَدَّمَ يَتَقَدَّمُ), (تَسَلَّمَ يَتَسَلَّمُ), (تَكَلَّمَ يَتَكَلَّمُ), (تَعَلَّمَ يَتَعَلَّمُ), (تَكَلَّمَ يَتَكَلَّمُ), (تَذَكَرَ يَتَذَكَّرُ)

forme passive a pour schème Accompli (تُفَعَّلُ) inaccompli (يُتَفَعَّلُ)

3. Nom verbal (المصدر) a pour schème :تَفَعُّلٌ

[تَذَكُّرًا \ تَذَكَّرَ], [تَطَهُّرًا \ تَطَهَّرَ], [تَخْرُجًا \ تَخْرَجَ], [تَقَدُّمًا \ تَقَدَّمَ], [تَسَلُّمًا \ تَسَلَّمَ], [تَكَلُّمًا \ تَكَلَّمَ], [تَعَلُّمًا \ تَعَلَّمَ]

5. Participe actif a pour schème (مُتَفَعِّلٌ)

6. Participe passé a pour schème (مُتَفَعَّلٌ)

3.5. Forme 6 (يَتَفَاعَلُ تَفَاعَلٌ)

Cette forme est la réfléchie de la troisième forme qui consiste à l’ajout d’un préfixe ((ت \ t) au verbe à la troisième personne du singulier à l’accompli.

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

- Cette forme confirme la troisième forme avec le sens de réciprocité entre deux ou plusieurs et de multiplicité dans l’action :

[(سَبَقَ \ devancer), (سَابَقَ \ chercher à devancer), (سَابَقَ \ chercher à se devancer les uns les autres)], [(قَتَلَ \ tuer), (قَاتَلَ \ combattre), (قَاتَلَ \ se combattre les uns les autres)], [(غَلَبَ \ dominer), (غَالَبَ \ chercher à l’emporter sur), (غَالَبَ \ chercher à l’emporter les uns sur les autres)], [(ضَرَبَ \ battre), (ضَارَبَ \ se battre contre), (ضَارَبَ \ se battre les uns sur les autres)].

- Dans certains verbes la réciprocité s’exerce sur des éléments d’un même ensemble :

[(سَقَطَ \ tomber), (سَاقَطَ \ faire tomber), (تَسَاقَطَ \ tomber pièce par pièce, morceau par morceau)], [(مَسَكَ \ saisir), (مَاسَكَ \ faire accrocher), (تَمَاسَكَ \ un ensemble dont les éléments se sont saisis ou accrochés)]

- des verbes de cette forme ont le sens de faire semblant :

[[مَرَضَ \ être malade], (مَارَضَ \ sens figuré : se tromper sur le compte de quelqu'un), (مَارَضَ \ faire le malade)], [(جَهَلَ \ ignorer), (جَاهَلَ \ être ignorer), (تَجَاهَلَ \ faire semblant d'ignorer)], [(عَمَلَ \ travailler), (عَامَلَ \ traiter quelqu'un), (تَعَامَلَ \ traiter des affaires avec quelqu'un).

- Certains verbes de cette forme ont le sens de réfléchi passif :

[(تَبَعَ \ se suivre sans interruption), (تَتَابَعَ \ mettre à la suite), (تَابَعَ \ faire suivre),], [(غَفَلَ \ être inattentif), (غَافَلَ \ faire semblant de négliger, être inattentif, négliger), (تَغَافَلَ \ prendre quelqu'un dans l'inattention)], [(بَعَدَ \ s'éloigner), (بَاعَدَ \ tenir quelqu'un à distance), (تَبَاعَدَ \ s'éloigner de quelqu'un)].

3 Conjugaison

Accompli (تَفَاعَلَ) inaccompli (يَتَفَاعَلُ)

(يَتَعَامَلُ \ تَعَامَلَ), (يَتَضَارَبُ \ تَضَارَبَ), (يَتَقَاتَلُ \ تَقَاتَلَ), (يَتَبَاعَدُ \ تَبَاعَدَ)

La forme passive a pour schème Accompli (تُفَاعَلُ) inaccompli (يُتَفَاعَلُ)

4. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème : تَفَاعُلٌ

(تَضَارِبًا \ تَضَارَبَ), (تَعَامُلًا \ تَعَامَلَ), (تَقَاتِلًا \ تَقَاتَلَ), (تَبَاعُدًا \ تَبَاعَدَ), (تَفَاعُلًا \ تَفَاعَلَ)

5. Participe actif a pour schème مُتَفَاعِلٌ

6. Participe passé a pour schème مُتَفَاعَلٌ

3.6. Forme 7 (يَنْفَعِلُ \ انْفَعَلَ)

Cette forme est constituée par la préfixation de (أ \ alif) et infixation de (ن \ n). C'est une forme réfléchie passive.

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

- Les verbes de cette forme sont intransitifs
[(أُفْقِلْتُ \ verrouillé), (أَنْفَقِلَ \ être verrouillé)]
- Les verbes de cette forme sont en general des réfléchies passives du verbe trilitère
[(كُشِفَ \ être découvert), (كَشَفَ \ découvrir), (قُطِعَ \ être découpé), (قَطَعَ \ couper)]
- Certains verbes par leur signification font penser que ce sont des réfléchies passives de la quatrième forme

[(أُفْتِحَ \ être ouvert), (أَفْتَحَ \ ouvrir)]

- Certains verbes de cette forme expriment une action subie :

(يَنْقَطِعُ \ انْقَطَعَ), (يَنْكَسِرُ \ انْكَسَرَ), (يَنْقَلِبُ \ انْقَلَبَ), (يَنْفَتِحُ \ انْفَتَحَ)

2. Conjugaison Accompli (انْفَعَلَ) inaccompli (يَنْفَعِلُ)

(يَنْقَطِعُ \ انْقَطَعَ), (يَنْكَسِرُ \ انْكَسَرَ), (يَنْقَلِبُ \ انْقَلَبَ), (يَنْفَتِحُ \ انْفَتَحَ)

Forme passive accompli (اُنْفَعِلَ), forme passive inaccompli (يُنْفَعَلُ)

3. Nom verbal (المَصْنَدَر) a pour schème (اِنْفَعَالٌ)

[اِكْرَامًا \ اِكْرَمَ], [اِخْرَاجًا \ اَخْرَجَ]

4. participe actif a pour schème (مُنْفَعِلٌ)

5. participe passé a pour schème (مُنْفَعَلٌ)

3.7. Forme 8 : (يَفْتَعِلُ \ افْتَعَلَ)

Cette forme est une réfléchie passive du verbe trilitère constituée par la préfixation de (\ alif) et infixation de (ت \ t).

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

Beaucoup de verbe de cette forme sont des réfléchis passifs du verbe trilitère.

• [(اِجْتَمَعَ \ se réunir), (اِجْتَمَعُوا \ se réunir), (اِنْتَصَرَ \ aider), (اِنْتَصَرُوا \ être aidé)],
[(اِفْتَرَقَ \ séparer), (اِفْتَرَقُوا \ être séparé)],

• Certains verbes de cette forme expriment l'action à accomplir par le verbe de la première forme dans un but d'intérêt personnel et à la nuance de réfléchi intérieure.

[(اِكْتَسَبَ \ posséder), (اِكْتَسَبُوا \ acquérir)], [(اِفْتَخَرَ \ glorifier), (اِفْتَخَرُوا \ se glorifier)],
[(اِخْتَبَرَ \ faire du pain), (اِخْتَبَرُوا \ se faire du pain)]

• Certains verbes de cette forme ont le sens de reciprocité dans le même sens que la sixième forme [(اِكْتَنَبَ \ écrire), (اِكْتَنَبُوا \ s'écire l'un l'autre)], [(اِسْتَبَقَ \ devancer), (اِسْتَبَقُوا \ chercher à devancer)]

• Certains verbes ont un sens de 'paraître de se manifester'

[(اِفْتَقَرَ \ être pauvre), (اِفْتَقَرُوا \ avoir besoin de)]

• Certains verbes ont un sens de 'ressemblance d'une manière analogue'

[(اِعْتَصَرَ \ presser pour avoir un liquide), (اِعْتَصَرُوا \ se presser comme pour avoir un liquide)]

• Certains verbes ont le sens de recherche de vérité de faits

[(اِمْتَحَنَ \ subir un examen), (اِمْتَحِنُوا \ examiner)]

2. Conjugaison

Accompli (اِفْتَعَلَ), inaccompli (يُفْتَعَلُ),

(اِجْتَمَعُوا \ اِجْتَمَعُوا)

Forme passive accompli (أَفْعِلَ) ; forme passive inaccompli (يُفَعَّلُ)¹

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (إِفْتِعَالٌ)

(اِخْتِيَارًا \ اِخْتَارَ), (اِسْتِيفَاقًا \ اِسْتَفَقَ), (اِفْتِتَاحًا \ افْتَتَحَ), (اِتِّصَالَاتٍ \ اِتَّصَلَ), (اِجْتِمَاعًا \ اجْتَمَعَ)

4. Participe actif a pour schème (مُفَعِّلٌ)

5. Participe passé a pour schème (مُفَعَّلٌ)

3.8. Forme 9 (يَفْعَلُ \ افْعَلٌ)²

Cette forme est constituée par la préfixation de أ a cette forme indique le passage d'un état à un autre [Benhamouda B., 1993].³ (avec intensité de la couleur et la difformité.

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques, les verbes de cette forme sont intransitifs et sont en relation avec l'exagération soit sur la couleur ou la difformité.

[(اِحْمَرَّ \ rougir), (اِحْمَرَ \ se rougir), (اِحْمَرَ \ avoir quelque chose rouge), (اِحْمَرَ \ est devenu rouge), (اِحْمَرَ \ rougir), (اِحْمَرَ \ se rougir), (اِحْمَرَ \ avoir quelque chose rouge), (اِحْمَرَ \ est devenu rougissant), (اِحْمَرَ \ rougissant), (اِحْمَرَ \ se rougissant), (اِحْمَرَ \ avoir quelque chose rougissant), (اِحْمَرَ \ est devenu rougissant)],

2. Conjugaison Accompli (افْعَلٌ) inaccompli (يَفْعَلُ)

(يَسْوَدُّ \ اسْوَدَّ), (يَخْضَرُّ \ اِخْضَرَ), (يَحْمَرُّ \ اِحْمَرَ)

Pas de forme passive

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (اِفْعِلَالٌ)

(اِعْوَرَارًا \ اعْوَرَ), (اِسْوَادًا \ اسْوَدَّ), (اِخْضِرَارًا \ اِخْضَرَ), (اِحْمِرَارًا \ اِحْمَرَ)

4. Participe actif n'existe pas

5. Participe passé a pour schème (مُفَعَّلٌ)

Nous donnons les formes (3 caractères de base + 3 \ لَفْعَلِ الثَّلَاثِي الْمَزِيد بِثَلَاثَةِ حُرُوفٍ)

¹ L'ajout du a et ta change avec les règles phonétiques par exemple : [تَبَّتْ (être stable, être ferme) est à 8 ième forme اِتَّبَتَ (consolider, raffermir)], [دَرَكَ (atteindre) , اِدْرَكَ (être atteint)], [ضَرَبَ (frapper) , اِضْطَرَبَ (être ému, affliger)

² [Blachere R. & all, 1975], p68 pense que cette forme de verbe est dénominatif et son origine provient d'un adjectif. Dans le encyclopédie des verbes la 9ième forme peut s'apparenter à des verbes nu tel (اِحْمَرَ حَمْرًا) (être rouge ou 'se rougir') provient de se dépouiler le ventre pour un animal et (اِحْمَرَ) (devenir rouge) .

³ l'utilisation du passif est rare. Certains auteurs estiment que c'est une forme passive donc le passif n'existe pas [Benhamouda B., 1993].

Les trois schèmes (فَعَلَ \ أَفْعَلَ \ فَعَّلَ) appelés Forme 1 sont augmentés de trois consonnes affixées au verbe trilitère primitif appelé (الفعل الثلاثي) et sont au nombre de quatre (يَسْتَفْعِلُ \ اسْتَفْعَلَ); (يَفْعُو عَلٌ \ افْعُو عَلٌ); (اِفْعَالٌ يَفْعَالٌ); (يَسْتَفْعِلُ \ اسْتَفْعَلَ).

3.9. Forme 10: اسْتَفْعَلَ \ يَسْتَفْعِلُ

Cette forme est constituée par la préfixation de (ا \ alif), une infixation (س \ s) et (ت \ t).

Elle est transitive en général telle que (اسْتَحْرَجَ) mais peut être intransitive telle que (اسْتَحْجَرَ).

Cette forme est la réfléchie-passive de la deuxième et quatrième forme

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

- Certains verbes de cette forme signifient comme ayant la qualité de la racine :
[(حَسُنَ \ être beau), [سَتَحَسَنُ \ trouver beau], [صَغُرَ \ être petit], (اسْتَصَغَرَ \ trouver petit)],
- Certains verbes sont des réfléchis de cette forme
[اسْتَنْكَرْتُهُ فَاسْتَنْكَرَ (je l'ai désapprouvé, il a renié)], [فَاسْتَكْبَرَ اسْتَكْبَرْتُهُ (je l'ai estimé grand, il s'est énorgueilli)]
- Certains verbes sont des réfléchis passifs de la deuxième forme (فَعَلَ)
[(فَهِمَ \ comprendre), (فَهَمَّ \ faire comprendre), (اسْتَفْهَمَ \ chercher, à comprendre, s'informer)],
[(عَلِمَ \ savoir), (عَلَّمَ \ faire savoir, enseigner), (اسْتَعْلَمَ \ chercher à savoir,)]
- Certains verbes sont des réfléchis passifs de la quatrième forme (أَفْعَلَ)
[(اسْتَعْلَمَ \ chercher a savoir), (أُعْلِمَ \ accroître son savoir), (عَلِمَ \ savoir)], [(اسْتَحْكَمَ \ être fait parfaitement), (أَحْكَمَ \ faire bien quelque chose), (حَكَّمَ \ gouverner)]
- Certains verbes ont le sens de 'recherche', 'demander' l'acte ou la chose exprimée par la racine ceus sont des réfléchis intérieurs
[(غَفَرَ \ pardonner), (اسْتَغْفَرَ \ demander pardon)], [(فَهِمَ \ comprendre), (فَهَمَّ \ faire comprendre)],
(اسْتَفْهَمَ \ chercher a comprendre, s'informer)],
[(عَلِمَ (savoir)) عَلَّمَ (faire savoir, enseigner)) اسْتَعْلَمَ (chercher a savoir,)]
- Cette forme de verbe exprime parfois une expression [(اسْتَهْلَلَ = إِلاَّ اللهُ (dire allah)]
- Certains verbes de cette forme ont le même sens que les forme suivantes
[(تَكَبَّرَ = اسْتَكْبَرَ) (تَفَعَّلَ = اسْتَفْعَلَ), [(افْتَتَحَ = اسْتَفْتَحَ), (اعْتَصَمَ = اسْتَعْصَمَ) افْتَعَلَ = اسْتَفْعَلَ]
- Certains verbes ont un sens de 'hasard' ou de surprise'
[(حَلِمَ \ être indulgent), (اسْتَحْلَمَ \ surpris par l'indulgence)]

2. Conjugaison

Accompli (اسْتَفْعَلَ) inaccompli (يَسْتَفْعِلُ)

[(يَسْتَفْسِرُ \ اسْتَفْسَرَ)], [(اسْتَمْلَكَ \ يَسْتَمْلِكُ)], [(exproprier)], [(يَسْتَعْمِلُ \ اسْتَعْمَلَ)], (chercher à utiliser), [(اسْتَخْرَجَ \ يَسْتَخْرِجُ)], (extraction), [(يَسْتَحْجِرُ \ اسْتَحْجَرَ)], (se pétrifier), [(اسْتَحْجِرُ \ اسْتَحْجَرَ)], (demander des explications),

Forme passive: Accompli (اسْتَفْعِلَ) inaccompli (يَسْتَفْعَلُ)

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (اسْتِفْعَال)

(اسْتِمْلَاكًا \ اسْتَمْلَاكَ), (اسْتِعْمَالًا \ اسْتَعْمَلَ), (اسْتِحْرَاجًا \ اسْتَخْرَجَ)

(اسْتِحْرَاجًا \ اسْتَخْرَجَ), (اسْتِمْلَاكًا \ اسْتَمْلَاكَ)

4. Participe actif a pour schème (مَسْتَفْعِلٌ)

5. Participe passé a pour schème (مَسْتَفْعَلٌ)

3.10. Forme 11: (يَفْعَالٌ \ اِفْعَالٌ)

Cette forme est constituée par la préfixation de (ا \ i), une suffixation de (ل \ alif) et d'un suffixe qui donne double la dernière lettre . Cette forme intensifie la neuvième forme. [Benhamouda B., 1993].

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques, les verbes de cette forme sont intransitifs et sont en relation avec l'exagération soit la couleur ou la difformité.

(اِحْمَرَّ \ rougir), (اِحْمَرَّ \ être rouge), [(اِحْمَرَّ \ avoir la couleur rouge), (اِحْمَرَّ \ est devenu rouge)], (اِحْمَارًا \ être tres rouge), (اِبْكَمَّ \ être muet), (اِبْكَمَّ \ se taire), (اِبْكَمَّ \ rendre muet), (اِبْكَمَّ \ est devenu muet).

2. Conjugaison

Accompli (اِفْعَالٌ) inaccompli (يَفْعَالٌ), impératif (اِفْعَالٌ)

[(اِحْمَارًا \ اِحْمَرَّ), (être très rouge)], [(اِصْفَارًا \ اِصْفَرَّ), (être très jaune)], [(اِخْضَارًا \ اِخْضَرَّ), (être très vert)], [(اِشْهَابًا \ اِشْهَبَّ), (être très pâle)], [(اِسْوَادًا \ اِسْوَدَّ), (être très noir)], [(اِسْوَادًا \ اِسْوَدَّ), (être très noir)]

Pas de forme passive à l'accompli, à l'inaccompli.

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (اِفْعِيَالٌ)

(اِشْهَابًا \ اِشْهَبَّ), [(اِسْوَادًا \ اِسْوَدَّ), (اِخْضِرَارًا \ اِخْضَرَّ), (اِصْفِرَارًا \ اِصْفَرَّ), (اِحْمِرَارًا \ اِحْمَرَّ)]

4. participe actif a pour schème (مَفْعَلٌ)

5. participe passé n'existe pas pour cette forme.

3.11. Forme 12 : (يَفْعُوْعَلُ \ اَفْعُوْعَلُ)

Cette forme est constituée par la préfixation de (! \ i), une infixation de (و \ w) et une similitude de la troisième et de l'avant dernière lettre.

1. Caractéristiques

1. Parmi les caractéristiques, les verbes de cette forme sont intransitifs sont en relation avec l'exagération, soit sur la couleur (être vert) ou la difformité (être bossu) ou une qualité (rudesse).

2. Conjugaison

Accompli (اَفْعُوْعَلُ) inaccompli (يَفْعُوْعَلُ)

[(اَجْدُوْدَبُ \ اَجْدُوْدَبُ), (est très rude)], [(يَخْشُوْشَنُ \ اَخْشُوْشَنُ)], (est très herbeux), [(يَعْشُوْشَبُ \ اَعْشُوْشَبُ)], (très bossu)], [(اَخْضُوْضَرُ \ يَخْضُوْضَرُ)], (très vert)]

Forme passive accompli (اُفْعُوْعَلُ) inaccompli (يُفْعُوْعَلُ)

3. Nom verbal (المَصْنَرُ) a pour schème (اَفْعِيْعَالُ)

(اَعْرِيْرَاقًا \ اَعْرُوْرَقَ), (اَخْضِيْضَارًا \ اَخْضِيْضَارَ), (اَخْشِيْشَانًا \ اَخْشُوْشَنَ), (اَعْشِيْشَابًا \ اَعْشُوْشَبَ) .

4. Participe actif a pour schème (مُفْعُوْعَلُ)

5. Participe passé a pour schème (مُفْعُوْعَلُ)

3.12. Forme 13: (يَفْعُوْلُ \ اَفْعُوْلُ)

Cette forme est constituée par la préfixation de (ا \ alif) et une infixation de double (و \ w)

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques, les verbes de cette forme sont intransitifs et sont en relation avec l'exagération. (اَجْلُوْدًا \ اَجْلُوْدَ) avoir une grande vitesse], [(اَخْرُوْطًا \ اَخْرُوْطَ) être long,] .

2. Conjugaison Accompli (اَفْعُوْلُ) inaccompli (يَفْعُوْلُ)

(يَخْرُوْطُ \ اَخْرُوْطَ), (يَجْلُوْدُ \ اَجْلُوْدَ) .

Forme passive accompli (اَفْعُوْلُ) inaccompli (يُفْعُوْلُ)

(يَخْرُوْطُ \ اَخْرُوْطَ), (يَجْلُوْدُ \ اَجْلُوْدَ) , (يَخْرُوْطُ \ اَخْرُوْطَ) , (يَجْلُوْدُ \ اَجْلُوْدَ)

3. Nom verbal (المَصْنَرُ) a pour schème (اَفْعُوَالُ)

[(اَخْرُوْطًا \ اَخْرُوْطَ)], (être long), [(اَجْلُوْدًا \ اَجْلُوْدَ)], (avoir une grande vitesse)] .

4. Participe actif a pour schème (مُفْعُوْلُ)

5. Participe passé a pour schème (مُفْعُوْلُ) .

Nous présentons ci-après le verbe quadrilatère et ses dérivations

4. Dérivation primaire du verbe primitif quadrilatère

(فَعَّلَ يُفَعِّلُ / الرباعي المجرد)

Le verbe quadrilatère primitif (فَعَّلَ يُفَعِّلُ / الرباعي المجرد) s'étudie à peu près de la même façon que le verbe trilitère . Le verbe quadrilatère admet trois formes dérivés [(يَفْعَلُّ \ تَفَعَّلُ), (افْعَلَّلَ), (يَفْعَلُّ \ يَفْعَلُّ)]. Nous présentons: la forme 1 et ses derivations

4.1. Forme 1

La forme 1 (فَعَّلَ يُفَعِّلُ) est constituée par quatre consonnes irréductibles qui est représentée par le verbe à la troisième personne du masculin singulier conjugué à l'accompli et a l'innaccompli.

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques:

- Les verbes de cette forme sont en général transitifs [(يُدَحْرَجُ \ دَحْرَجَ) faire rouler]
- Certains verbes sont intransitifs :
[(يُدْرِبُخُ \ ادْرَبَخَ), (pencher la tête tout en se redressant)]
- Certains verbes sont formés par la répétition d'une racine bilitère :
[(هَمَمَ \ هَمَمَ), faire hum, hum], [(غَرَّغَرَ \ يُغَرَّغِرُ), (se gargariser)]
[(زَلَزَلُ \ ازْزَلْ), (trembler (terre))].
- Des verbes dénominatifs formés avec des substantifs étrangers¹ [Blachere R.& all, 1975]
[قَلْنَسَ (porter un bonnet) قَلْنَسَ (bonnet)], [تَلْمَذَ (disciple), تَلْمَذَ (être disciple)]
- Quelques verbes expriment la prononciation d'expression
[جَعَلَّ], [هَلَّلَ], [بَسَمَل]²

2. Conjugaison

Accompli (فَعَّلَ) inaccompli (يُفَعِّلُ)

[(يُدْرِبُخُ \ ادْرَبَخَ) pencher la tête tout en se redressant], [(يُزَلْزَلُ \ ازْزَلْ), (trembler terre)], [(يُدَحْرَجُ \ دَحْرَجَ) faire rouler], [(يُبْعَثِرُ \ ابْعَثَرَ) disperser], [(يُعْرِبِدُ \ عَرَبَدَ) être méchant], [(يُجْمَهُرُ \ جَمِهَرَ) réunir] .

¹ nous considérons que les noms sont dérivés des verbes pour la construction de l'ontologie

² إذا قال جعلني الله فداك = جَعَلَّ , إذا قال لا اله إلا الله = هَلَّلَ , إذا قال بسم الله = بَسَمَل

4.2.2. Forme 3 (يَفْعَلُّ \ افْعَلُّ)

Cette forme est constituée par quatre consonnes irréductibles augmentées de deux lettres (une préfixation de (ا \ alif) et une suffixation d'un (ن \ n). Son schème est représentée par le verbe à la troisième personne du masculin singulier conjugué à l'accompli et l'inaccompli (افْعَلُّ \ يَفْعَلُّ). Il est appelé verbe augmenté de deux lettres.

1. caractéristiques

Parmi les caractéristiques, les verbes de cette forme sont intransitifs et réfléchis.

2. Conjugaison

Accompli (افْعَلُّ) inaccompli (يَفْعَلُّ)

[افْرَنْقَاعًا \ افْرَنْقَعُ (disperser)], [يَخْرَنْطُمُ \ خَرْطُمُ \ اخْرَنْطُمَ : (se tordre sa trompe)], [اخْرَنْطَامًا \ اخْرَنْطَمَ], [اخْرَنْجَمًا \ اخْرَنْجَمُ], (foule dense : 'se condenser')

Pas de forme passive à accompli et à l'inaccompli

3. nom verbal (المَصْدَر) a deux schème (افْعِلَال)

[اخْرَنْطَامًا \ اخْرَنْطَمَ], [افْرَنْقَاعًا \ افْرَنْقَعُ], [اخْرَنْجَمًا \ اخْرَنْجَمُ].

4. Participe actif a pour schème: مُفْعَلٌّ

5. Participe passif n'existe pas

4.2.3. Forme 4 (يَفْعَلُّ \ افْعَلُّ)

Cette forme est constituée par quatre consonnes irréductibles augmentées de deux lettres (une préfixation de (ا \ alif) et une suffixation d'un (ل \ l). Son schème est représentée par le verbe à la troisième personne du masculin singulier conjugué à l'accompli et l'inaccompli (افْعَلُّ \ يَفْعَلُّ). Il est appelé verbe augmenté de deux lettres.

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques, les verbes de cette forme sont intransitifs et ont le sens d'excès.

2. Conjugaison

Accompli (افْعَلُّ) inaccompli (يَفْعَلُّ)

[يَفْسَعِرُ \ اِفْسَعِرَ \ فُسْعَرُ], (voir se dresser les poils), [يَدْلَهُمْ \ ادْلَهُمْ \ دَلَّهُمْ], (est tres noire (la nuit)], [يَكْفَهُرُ \ اكْفَهُرًا \ كْفَهْرًا], ((grimacer)]

Pas de forme passive à accompli et à l'inaccompli

3. Nom verbal (المَصْدَر) à pour schème (افْعِلَال)

[اخْرَنْطَامًا \ اخْرَنْطَمَ], [افْرَنْقَاعًا \ افْرَنْقَعُ], [اخْرَنْجَمًا \ اخْرَنْجَمُ].

4. Participe actif à pour schème: (مُفْعَلُّ)

[(يُتَوَبَّلُ \ تَوَبَّلَ) épicer (mettre des épices), (très maigre)], [(يُرَوِّدُنَا \ رَوَّدَنَ) (se fatiguer)], [(يُكْوَدِنُ \ كَوَّدَنَ) être en retard].

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (فِعَال \ فُوعَلَة)

[كَيْدَانًا \ كَوَّدَنَة \ كَوَّدَنَ], [هَيْجَالًا \ هَوَّجَلَة \ هَوَّجَل], [رَيْدَانًا \ رَوَّدَنَة \ رَوَّدَنَ], [تَيْبَالًا \ تَوَبَّلَة \ تَوَبَّل].

5.1.2. Shème 2 (يُفَعِّلُ \ فَعَّلَ)

Cette forme est constituée par une infixation de (ي \ y) et nous avons la correspondance entre:

ل ----> ل ; ع ----> ع ; ي ----> ي ; ف ----> ف . فَعَّلَ ----> فَعَّلَ

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

La première particularité dans ces verbes est que le deuxième caractère (ي \ y) est fixe. Les verbes de cette forme sont transitifs en général mais ils existent des verbes intransitifs.

Verbe transitif : [(بَيَّطَرَ زَيْدُ الْبَقْرَ إِذَا قَامَ بِعَلَاجِهَا), (Zeid a soigné sa vache)], [(بَيَّطَرَ زَيْدُ الْقَلَمَ : أَي شَقَّهُ) (Zeid a fendu son crayon)], [(هَيَّمَّتْ الْأَرْضَ بِمَعْنَى أَبْقَلَتْهَا أَوْ أَخْرَجَتْ الْهَيْبَمَ أَي الْقطن) , cultiver la terre avec du coton].

Verbe intransitif: [(شَيَّطَنَ الرَّجُلُ إِذَا فَعَلَ فَعْلَ الشَّيْطَانِ), (accomplir des actions de satan)], [هَيَّيْنَا] عمرو

2. Conjugaison

Accompli (فَعَّلَ) inaccompli (يُفَعِّلُ)

[(يُبَيَّطِرُ \ بَيَّطَرَ), (couper, soigner)], [(يُسَيِّطِرُ \ سَيَّطَرَ), (être dictateur)], [(يُسَيِّطِنُ \ سَيَّطِنَ), (faire des actions de satan)], [(يُهَيِّمِنُ \ هَيَّيْنَا) (récolter, dire amin)], [(يُهَيِّزِرُ \ هَيَّيَّرَ), (être mort)], [(يُهَيِّكِلُ \ هَيَّكَلُ), (être grand et fort, être complet)]

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (فِعَال \ فِعَيْلَة)

[هَيْمَانًا \ هَيْمَنَة \ هَيَّيْنَا], [سَيِّطَارًا \ سَيَّطَرَة \ سَيَّطَرَ], [بَيَّطَارًا \ بَيَّطَرَة \ بَيَّطَرَ]

5.1.3. Shème 3 (يُفَعِّلُ \ فَعَّلَ)

Cette forme est constituée par une infixation de (ي \ y) et nous avons la correspondance entre:

ل ----> ل ; ع ----> ع ; ي ----> ي ; ف ----> ف . فَعَّلَ ----> فَعَّلَ tel que

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

La première particularité dans ces verbes est que le troisième caractère (ي\y) est fixe. Les verbes de cette forme sont intransitifs en général mais peuvent être transitifs.

Verbe intransitif : [(عَثِيرَ زَيْدٌ أَي زَلَّ قَدَمَهُ وَتَصَحَّ بِمَعْنَى طَلَعَ) (Zeid a trebuchet, son pied a glissé)]

Verbe transitif : [(شَرَيْنَ عَمَرُو الزَّرْعَ إِذَا أزالَ شَرِيانَهُ) (Omar a désherbé ses cultures)]

2. Conjugaison

Accompli (فَعِيلٌ) inaccompli (يُفَعِّلُ)

[يُشْرِينُ \ شَرَيْنَ] (désherber), [يُعْثِرُ \ عَثِيرَ] (trébucher, surgir).

3. Nom verbal (المَصْدَرُ) a pour schème (فَعِيلَةٌ \ فَعِيلٌ)

[شَرِيانًا \ شَرِينَةً \ شَرِينَ] , [عَثِيرًا \ عَثِيرَةً \ عَثِيرَ]

5.1.4. Shème 4 (يُفَعِّلُ \ فَعَّلَ)

Cette forme est constituée par une infixation de (و\w) et nous avons la correspondance entre : ل ----> ل و ; ل ----> ع ; ف ----> ف و tel que فَعَّلَ ----> فَعَّلَ

1. Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de ce verbe nous citons :

La première particularité dans ces verbes est que le troisième caractère (و\w) est fixe. Les verbes de cette forme sont transitifs.

2. Conjugaison

Accompli (فَعَّلَ) inaccompli (يُفَعِّلُ)

[يُجَهِّرُ \ جَهَّرَ] (sonoriser), [يُدْهَرُ \ دَهَرَ] , [يُرْهَوِكُ \ رَهَوَكَ] (crystalliser, transformer quelque chose en mieux), [يُهْرُوِلُ \ هَرَوَلَ] (marcher vite), [يُهَلُّوسُ \ هَلَّوسَ] (halluciner)

3. Nom verbal (المَصْدَرُ) a pour schème (فَعْوَلَةٌ \ فَعْوَالٌ)

[بَلَّورًا \ بَلَّورَةً \ بَلَّورَ] , [رَهَوَاكًا \ رَهَوَاكَةً \ رَهَوَاكَ] , [دَهَوَارًا \ دَهَوَارَةً \ دَهَوَرَ] , [جَهَّورًا \ جَهَّورَةً \ جَهَّورَ] , [هَلَّوسًا \ هَلَّوسَةً \ هَلَّوسَ] , [هَرَوَالًا \ هَرَوَالَةً \ هَرَوَلَ]

5.1.5. Schème 5 (يُفَعِّلُ \ فَعَّلَ)

Cette forme est constituée par un ajout d'un (ل\l) et qui a la particularité d'avoir les deux dernières consonnes semblables. Nous avons la correspondance entre : فَعَّلَ ----> فَعَّلَ

Tel que ل ----> ل ; ل ----> ع ; ف ----> ف و

1. Caractéristiques

1. Caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs .

2. Congugaison

Accompli (فَعَّلَ) inaccompli (يُفَعِّلُ)

[(سَبَّلَ \ سَبَّلَ), (être en épi)]

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème فَعْلَةٌ

5.2. Dérivation secondaire de schème (يَفْعُلُّ \ تَفْعُلُّ)

Les formes dérivées de la forme (يَفْعُلُّ \ تَفْعُلُّ) (qui est elle-même dérivée de فَعَّلَ + une lettre) sont appelées ‘ ملحقات تدرج ’ et sont au nombre de six. Elles sont construites sur le schème (يَفْعُلُّ \ تَفْعُلُّ) à partir de verbes trilitères auxquels il est affixé deux lettres de l'ensemble des lettres du mot ‘سألتمونها’. Leurs schèmes sont [(يَفْعُلُّ \ تَفْعُلُّ), (تَفَوَّعَلَّ \ يَفَوَّعَلُّ), (يَلْفَعْلُ \ تَلْفَعْلُ)¹. Le préfixe (ت \ t) est donné pour l'inflexion.

5.2.1. Schème 1 (تَفْعُلُّ \ يَفْعُلُّ)

Cette forme est constituée par la préfixation (ت \ t) au schème du verbe quadrilatère et a comme particularité d'avoir la similarité de la dernière et de l'avant dernière lettre.

1. Caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs.

2. Conjugaison

Accompli (تَفَعَّلَ) inaccompli (يَفَعِّلُ)

[(يَجَلِّبُ \ تَجَلِّبُ), (se vêtir d'un djilbab)], [(يَشْمَلُّ \ تَشْمَلُّ)], [(يَفَرِّقُ \ تَفَرِّقُ)].

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (تَفَعَّلَ)

[(تَجَلِّبًا \ تَجَلِّبًا), [(تَشْمَلًا \ تَشْمَلًا), [(تَفَرِّقًا \ تَفَرِّقًا)].

5.2.2. Schème 2 : (يَفَوَّعَلُّ \ تَفَوَّعَلُّ)

Cette forme est constituée par la préfixation de t (ت) et une infixation de w(و)

1. Caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs.

¹ ce schème n'existe pas [Elbaydhani, S. 2000]

2. Conjugaison

Accompli (تَفْعَلُ) inaccompli (يَتَفَعَّلُ)

[(تَتَوَبَّلُ \ تَتَوَبَّلُ), (manger des épices)], [تَقُولُ \ يَقُولُ], [تَكُوْتِرُ \ يَكُوْتِرُ devenir ‘ beaucoup’]

3. Nom verbal (الْمَصْدَر) a pour schème (تَفْعَلُ)

[تَكُوْتِرًا \ تَكُوْتِرًا], [تَقَوْلًا \ تَقَوْلًا], [تَتَوَبَّلًا \ تَتَوَبَّلًا].

5.2.3. Schème 3 (يَتَفَعَّلُ تَفْعِيلٌ)

Cette forme est constituée par la préfixation de (ت \ t) et une infixation de (ي \ y)

1. Caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs.

2. Conjugaison

Accompli (تَفْعِلُ) inaccompli (يَتَفَعَّلُ)

[(يَتَشَيْطَنُ \ تَشَيْطَنُ), (être mâlin, satan)], [(يَتَبَيِّطُرُ \ تَبَيِّطُرُ) être soigné], [يَتَهَيِّمَنُ \ تَهَيِّمَنُ], [(يَتَسَيِّطُرُ \ تَسَيِّطُرُ), (être dictateur)], [(يَتَهَيِّكُلُ \ تَهَيِّكُلُ), (devenir grand et fort)]

3. Nom verbal (الْمَصْدَر) a pour schème (تَفْعِلُ)

[تَهَيِّكُلًا \ تَهَيِّكُلًا], [تَسَيِّطُرًا \ تَسَيِّطُرًا], [تَبَيِّطُرًا \ تَبَيِّطُرًا], [تَهَيِّمَنًا \ تَهَيِّمَنًا], [تَبَيِّقِرًا \ تَبَيِّقِرًا], [تَسَيِّطِرًا \ تَسَيِّطِرًا], [تَهَيِّكَلًا \ تَهَيِّكَلًا].

5.2.4. Shème 4 (تَفْعُولٌ يَتَفَعُولُ)

Cette forme est constituée par la préfixation de (ت \ t) et une infixation de (و \ w)

1. Caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs.

2. Conjugaison

Accompli (تَفْعُولُ) inaccompli (يَتَفَعُولُ)

[(يَتَرَهْوَكُ \ تَرَهْوَكُ), (se dandiner)], [(يَتَبَلُورُ \ تَبَلُورُ), (halluciner)], [(يَتَهْلُوسُ \ تَهْلُوسُ)], [(يَتَجَدْوَلُ \ تَجَدْوَلُ), (mettre sous forme de tableau)], [(يَتَسْرُوكُ \ تَسْرُوكُ), (avoir une démarche médiocre)]

3. Nom verbal (الْمَصْدَر) a pour schème (تَفْعُولُ)

[تَجَهْوَرًا \ تَجَهْوَرًا], [تَهْلُوسًا \ تَهْلُوسًا], [تَبَلُورًا \ تَبَلُورًا], [تَرَهْوَكًا \ تَرَهْوَكًا], [تَجَدْوَلًا \ تَجَدْوَلًا]

5.2.5. Schème 5 (يَتَفَعَّلُ \ تَفَعَّلَى)

Cette forme est constituée par la préfixation de (ت \ t) et une suffixation de (ي \ a :)

1. Caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs.

2. Conjugaison

Accompli (تَفَعَّلَى) inaccompli (يَتَفَعَّلَى)

[يَتَجَعَّبَى \ تَجَعَّبَى], [تَخْذَبِي \ تَخْذَبِي ou تَخْذَبِي \ تَخْذَبِي], (dire des médisances), [يَتَسَلَّقِي \ تَسَلَّقَى], (combattre)

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (تَفَعَّلَى)

[تَجَعَّبِيًّا \ تَجَعَّبَى], [تَخْذَبِيًّا \ تَخْذَبَى], [تَسَلَّقِيًّا \ تَسَلَّقَى]

5.2.6. Schème 6 (يَتَفَعِّلُ \ فَعَّيَلُ)

Cette forme est constituée par la préfixation de (ت \ t) et une infixation de (ي \ y)

1. caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs en général mais peuvent être transitifs.

Verbe intransitif : [تَعْتِيرُ زَيْدًا أَي زَلَّ قَدَمُهُ وَتَصَحَّ بِمَعْنَى طَلَعَ]

Verbe transitif : [تَشْرِينُ الزَّرْعِ]

2. Conjugaison

Accompli (فَعَّيَلُ) inaccompli (يَفَعِّلُ)

[يَنْشَرِينُ \ تَشْرِينُ], (désherber) , [يَنْعِيرُ \ تَعْتِيرُ], (trébucher, surgir),

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (تَفَعِّلَةُ)

[تَشْرِينَةٌ \ شْرِينٌ], [تَعْتِيرَةٌ \ عْتِيرٌ] .

6. Dérivation secondaire a partir du verbe trilitère et de schème quadrilatère augmenté

Les formes dérivées sont appelées ‘ملحقات احرنجم’ et sont au nombre de trois. Elles sont construites sur le schème des verbes augmentés de (يُفَعِّلُ \ فَعَّلَلُ) à partir de verbes trilitères auxquels il est affixé deux lettres de l'ensemble {سألتمونيها} Leurs schèmes sont (إفَعَّلَى , إفَعَّلَلُ). Leurs constructions est comme suit :

- (إفَعَّلَلُ) les deux dernières consonnes sont similaires),
- (إفَعَّلَى) la quatrième consonne ن et la dernière consonne ي sont fixes),

- (إفعللى) la troisième consonne ت et la dernière consonne ى sont fixes).

6.1. Schème 1 (يَفْعَلُّ \ افْعَلَّل)

Cette forme est constituée par une infixation de (ن \ n) et les deux dernières lettres doivent être semblables :

1. Caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs et sont en relation avec l'exagération

2. Conjugaison

Accompli (افْعَلَّل), inaccompli (يَفْعَلُّ)

Forme passive accompli (افْعَلَّل) inaccompli (يَفْعَلُّ)

[علك \ اعلكاك \ اعلكاك] (faire sortir sa poitrine et rentrer son dos), [فَعَسَ \ يَفْعَسُ \ افْعَسَسَ] (coller, se réunir, se teindre), [اسْحَنَكَ \ يَسْحَنُكَ \ اسْحَنَكَ] (se noircir)]

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (افْعِلَال)

[اسْحَنَاكَ \ اسْحَنَاكَ], [افْعَسَسَ \ افْعَسَسَا]

6.2. Schème 2 (يَفْعَلُّ \ افْعَلُّ)

Cette forme est constituée par la préfixation de (ا: \ ا) et une infixation de (ن \ n)

1. Caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs .

2. Conjugaison

Accompli (افْعَلُّ) inaccompli (يَفْعَلُّ)

[لَقَى \ يَسْلُقَى \ اسْلُقَى], (se coucher sur son dos), [اغْرُنْدَى \ يَغْرُنْدَى], (avoir sommeil).

3. Nom verbal (المَصْدَر) a pour schème (افْعِلَاء)

[اسْلُقَاءَ \ اسْلُقَاءَ], (se coucher sur son dos), [اغْرُنْدَاءَ \ اغْرُنْدَاءَ], (avoir sommeil) .

6.3. Schème 3 (يَفْعَلُّ \ افْتَعَلَّى)

Cette forme est constituée par la préfixation de (ا: \ i), une infixation de (ت \ t) et suffixation de (ا: \ ا).

1. Caractéristiques

Les verbes de cette forme sont intransitifs et sont très peu utilisés.

2. Conjugaison

Accompli (اِفْتَعَلَى) inaccompli (يَفْتَعَلَى)

[(لَقِيَ \ يَسْتَلْقَى \ اسْتَلْقَى)], (rencontrer, s'étendre)

3. **nom verbal** (الْمَصْدَر) a pour schème (اِفْتِعْلَاء)

[(اسْتِغْلَاء \ اسْتَلْقَى)].

7. Les adjectifs et noms dérivés des verbes dont la racine consonantique est supérieure à trois :

Dans [Benhamouda, B., 1993], l'adjectif ou qualificatif assimilé (الصفة المشبهة) des racines des formes consonantiques supérieures à trois des verbes prend le schème du participe actif. Le nom de comparaison (اسم التفضيل) est très rare et peut exister pour le verbe du schème أفعل tel que [نَذِير \ أَنْذَرَ], [مَحْسَن \ أَحْسَن]. On utilise la forme du participe passif pour indiquer le lieu ou le temps. Le schème du nom de temps (اسم الزمان) et du nom d'espace (اسم المكان) est le même que celui du participe passif. Par exemple : [مُفْتَرَق] (le temps ou lieu de séparation). Le diminutif (المصغر) existe pour les noms déclinables qui dérivent des verbes trilitères augmentés ou quadrilatères ont pour schème [فُعَيْل - فُعَيْلِي]. Ce schème dépend selon le nombre de consonnes du nom. Par exemple: [نُطَيْلِق \ إِطْلِق \ فُعَيْلِي], (petit départ), diminutif de (مُطِيلِق ou إِطْلِق) (départ), [مُخَيَّرَج \ فُعَيْلِي], (petit extrait) diminutif de (إِسْتَخْرَج) (extraire), [مُسْتَخْرَج] (extrait), [مُنْخَرَج \ فُعَيْلِي], (faire rouler), [نُحَيَّرَج] diminutif de مُنْخَرَج, [مُنْخَرَج] (dégringoler), [نُحَيَّرَج] (petite dégringolade) diminutif de مُنْخَرَج.

8. Conclusion

Nous avons présenté les dérivations des verbes primitives trilitères et quadrilatères qui donnent naissance à des classes de mots de la même famille. Nous avons montré que les dérivées remontaient au verbe primitif avec un sens basique commun.

Notre travail de recherche se base sur cette conception qui donne d'une part les actions et la causalité.

