

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>I LE CHEMINEMENT CONCEPTUEL.....</b>	<b>11</b>
1.1 Les systèmes experts à l'INRA.....	11
1.1.1 Bien définir la cible des systèmes experts.....	12
1.1.1.1 Les experts .....	12
1.1.1.2 Les techniciens ou conseillers agricoles.....	12
1.1.1.3 Les agriculteurs.....	13
1.1.1.4 Conclusion .....	13
1.1.2 Bien définir les objectifs et les moyens.....	13
1.1.2.1 Savoir observer.....	14
1.1.2.2 Savoir raisonner .....	14
1.1.2.3 Conclusion .....	15
1.2 Le projet INSTIL.....	15
1.2.1 Neddie.....	16
1.2.2 Main .....	16
1.2.3 Maggy.....	17
1.2.4 Conclusion.....	18
1.3 Des systèmes experts à l'apprentissage.....	19
1.3.1 Les systèmes experts .....	19
1.3.2 Acquérir les connaissances de l'expert .....	21
1.3.3 Adaptation à l'utilisateur.....	24
1.3.4 Comparaison des deux approches.....	26
1.3.5 Conclusion.....	29
1.4 KATE.....	29
1.4.1 Une bonne représentation des connaissances.....	29
1.4.2 Des mécanismes d'exploitation adaptés.....	31
1.5 L'aide à la classification au MNHN.....	36
1.5.1 Comparaison avec l'opération SEPV de l'INRA.....	36
1.5.2 Utilisation des langages de frames et de l'hypertexte.....	40
1.5.3 L'application SPONTAX.....	42
1.6 Conclusion.....	45
<b>II QU'EST-CE QUE LA ROBUSTESSE ? .....</b>	<b>49</b>
2.1 Aspects théoriques .....	50
2.1.1 La robustesse statistique .....	50
2.1.2 Le formalisme mathématique de description.....	51
2.1.3 Combiner du numérique et du symbolique .....	51
2.2 Aspects pratiques.....	52
2.2.1 Les facteurs qualitatifs.....	52
2.2.1.1 Fiabilité .....	52
2.2.1.2 Compréhension.....	52
2.2.1.3 Précision.....	53
2.2.1.4 Exhaustivité .....	53
2.2.1.5 Cohérence .....	54
2.2.1.6 Redondance .....	54
2.2.1.7 Mise à jour.....	55
2.2.1.8 Ergonomie.....	55
2.2.1.9 Tolérance aux bruits.....	57
2.2.1.10 Adaptation aux besoins exprimés .....	58

2.2.2 Les critères globaux d'appréciation.....	59
2.2.2.1 Applicabilité à des domaines réels.....	59
2.2.2.2 Un langage de représentation puissant.....	60
2.2.2.3 Facilité de mise en oeuvre par les utilisateurs.....	60
2.2.2.4 Incrémentalité.....	60
2.3 Discussion .....	61
2.3.1 L'informaticien.....	61
2.3.2 Le statisticien.....	61
2.3.3 Le biologiste.....	63
2.3.4 Le béotien.....	64
2.3.5 L'expert.....	64
2.4 Notre méthode d'acquisition des connaissances.....	66
2.4.1 Différents types de connaissances à acquérir.....	66
2.4.1.1 Connaissances de base.....	66
2.4.1.2 Connaissances de faits observés.....	66
2.4.1.3 Connaissances produites .....	67
2.4.2 Deux types de traitements des exemples pour la classification et la détermination.....	68
2.4.3 La phase de validation des connaissances apprises.....	70

### **III TERMINOLOGIE ET CONCEPTS MIS EN ŒUVRE .....**

3.1 Extension et compréhension.....	73
3.1.1 L'extension.....	73
3.1.1.1 Point de vue du philosophe et du mathématicien ..	73
3.1.1.2 Point du vue des biologistes et des naturalistes....	74
3.1.2 La compréhension.....	75
3.2 Classe et concepts.....	78
3.2.1 La classe.....	78
3.2.1.1 Point de vue des mathématiciens .....	79
3.2.1.2 Point de vue des systématiciens .....	79
3.2.2 Les concepts.....	83
3.2.2.1 Du point de vue naturaliste.....	84
3.2.2.2 Du point de vue mathématique.....	87
3.3 Classement et classification.....	89
3.3.1 Classer et le classement.....	89
3.3.2 Classifier et la classification.....	89
3.4 Détermination et identification.....	93
3.4.1 Détermination par comparaison directe.....	94
3.4.2 Détermination par comparaison avec des descriptions .....	94
3.5 Apprentissage et raisonnement .....	95
3.6 Individus, instances et objets.....	97
3.7 Synthèse des concepts utilisés dans cette thèse.....	99

### **IV LE ROLE CENTRAL DES DESCRIPTIONS EN SCIENCES**

<b>NATURELLES .....</b>	<b>101</b>
4.1 Objectifs de la description.....	101
4.2 Qualités de la description.....	102
4.3 Qualités des descriptions.....	103
4.4 La représentation des données descriptives.....	103
4.4.1 Structuration naturelle.....	104
4.4.2 La logique de composition.....	105
4.4.3 La logique des points de vue .....	106
4.4.4 La logique de spécialisation.....	106
4.4.5 La logique de particularisation.....	107
4.4.6 La logique d' itération.....	107
4.4.7 Les conditions contextuelles.....	109

4.5	Représentation structurée selon un modèle descriptif.....	110
4.6	Illustration sur les données des éponges marines.....	112
4.6.1	Acquérir l'observable.....	112
4.6.2	Décomposition de l'entité globale en objets.....	113
4.6.3	Recherche des attributs de chaque objet.....	114
4.6.4	Recherche des valeurs de chaque attribut .....	114
4.6.5	Les propriétés d'un objet observable.....	115
4.6.5.1	Statuts.....	115
4.6.5.2	Attributs.....	117
4.6.5.3	Autres propriétés.....	122
4.6.6	Niveau de précision d'un objet.....	123
4.6.6.1	Spécialisation.....	123
4.6.6.2	Particularisation.....	124
4.6.7	Possibilité de multi-instanciation de chaque objet.....	125
4.6.8	Définition des dépendances inter / intra objets.....	126
4.6.9	Niveau de généralité d'un objet .....	127
4.6.9.1	Représentant unique.....	128
4.6.9.2	Représentant multiple .....	129
4.6.10	L'imprécision d'observation.....	129
4.6.10.1	Au niveau de l'observable.....	130
4.6.10.2	Au niveau de l'observé.....	131

## **V FORMALISATION DE LA NOTION D'OBJET EN BIOLOGIE...135**

5.1	Les assertions composites.....	135
5.1.1	Rappel sur les assertions (symboliques) .....	135
5.1.2	Proposition : les objets assertions.....	137
5.1.3	Définition des assertions composites .....	137
5.1.4	Exemples.....	139
5.2	Les hordes composites.....	141
5.2.1	Rappel sur les hordes (symboliques).....	141
5.2.2	proposition : les objets hordes.....	141
5.2.3	Définition des hordes composites.....	142
5.2.4	Exemples.....	143
5.3	Les objets de synthèse.....	144
5.3.1	Rappel sur les objets de synthèse (symboliques).....	144
5.3.2	Proposition : les objets de synthèse.....	145
5.3.3	Exemple.....	145
5.4	Les objets munis de méthodes et de propriétés.....	146
5.4.1	Cas des variables : .....	146
5.4.2	Cas des objets : .....	147
5.5	Les objets classifiés .....	148
5.6	Les exemples d'apprentissage.....	149
5.7	Conclusion .....	151

## **VI FORMALISATION INFORMATIQUE DES DESCRIPTIONS :**

<b>HYPERQUEST</b>	.....	153
6.1	Pourquoi HyperQuest ?.....	153
6.2	Particularités d'HyperQuest.....	154
6.3	Le générateur de modèle.....	155
6.3.1	Conception d'un modèle descriptif .....	156
6.3.2	Règles d'élaboration du modèle descriptif.....	158
6.3.3	Dépendances.....	160
6.3.4	Spécialisations.....	162
6.3.5	Itérations.....	163
6.3.6	Edition d'un objet.....	167
6.3.7	Edition d'un attribut .....	169

6.3.8	Edition des valeurs classifiées.....	171
6.4	Le générateur automatique de questionnaire .....	172
6.4.1	Principe de construction d'un questionnaire.....	172
6.4.2	Entités conceptuelles et hypertextes .....	174
6.5	L'éditeur de cas : le questionnaire.....	176
	Caractéristiques .....	176
6.5.1	Représentation de l'individu.....	176
6.5.2	Représentation des objets de l'individu.....	177
6.5.2.1	Un objet = une carte.....	177
6.5.2.2	Représentation des statuts possibles d'un objet...178	
6.5.3	Représentation des attributs d'un objet.....	179
6.5.3.1	Attributs qualitatifs.....	180
6.5.3.2	Attributs numériques.....	181
6.5.3.3	Attributs commentaires .....	181
6.5.3.4	Attributs classifiés.....	182
6.5.4	Représentation des spécialisations d'un objet.....	183
6.5.5	Représentation des multi-instanciations d'un objet.....	186
6.5.6	Représentation des règles entre objets.....	188
6.5.7	Personnalisation des objets.....	189
	Fonctionnalités.....	189
6.5.8	Le menu "Cas" .....	191
6.5.8.1	Le choix "Nouveau" .....	192
6.5.8.2	Le choix "Dernier" .....	194
6.5.8.3	Le choix "Ancien ... ".....	194
6.5.8.4	Le choix "Enregistrer".....	195
6.5.8.5	Le choix "Consulter l'expert".....	196
6.5.8.6	Le choix "Voir la liste".....	197
6.5.8.7	Le choix "Convertir en Casuel".....	197
6.5.9	Le menu "Personnaliser" .....	198
6.5.9.1	Le choix "Préférences..." .....	198
6.5.9.2	Le choix "Scanner une image".....	198
6.5.9.3	Le choix "Tout importer".....	198
6.5.9.4	Le choix "Importer une image".....	199
6.5.9.5	Le choix "Déplacer l'image" .....	199
6.5.9.6	Le choix "Associer un bouton".....	199
Les boutons rectangulaires.....		200
Les boutons polygonaux.....		201
6.5.9.7	Le choix "Changer le titre".....	201
6.5.9.8	Le choix "Déplacer les boutons".....	201
6.5.9.9	Le choix "Eliminer un bouton" .....	201
6.5.9.10	Le choix "Déplacer les champs".....	201
6.5.9.11	Le choix "Sauver la carte" .....	202
6.5.10	Les boutons.....	202
6.5.10.1	Le bouton "Voir une image".....	202
6.5.10.2	Le bouton "Naviguer".....	204
6.5.10.3	Le bouton "Coursier".....	204
6.6	Conclusion.....	205

## **VII LE TRAITEMENT DES DESCRIPTIONS BIOLOGIQUES : KATE ET CASEWORK.....**

7.1	Formalisation de l'approche inductive.....	207
7.1.1	Rappel des Notations.....	208
7.1.2	Principe de la classification par arbre de décision.....	209
7.1.3	Algorithme.....	210
7.1.4	Description des fonctions principales de l'algorithme.....	212
7.1.4.1	OrdonnerCritères (E, Yd) .....	212

7.1.4.2 Meilleure_division (E, s) .....	214
7.1.4.3 Critèred'Arrêt (E).....	215
7.1.4.4 ConstruireFeuille (E).....	217
7.1.4.5 CalculerSeuil (A,E).....	217
7.2 De l'induction au raisonnement par cas.....	219
7.2.1 Formalisation de la procédure de détermination.....	220
7.2.2 Limites de l'approche inductive.....	221
7.2.2.1 Apprentissage automatique = perte d'information.....	221
7.2.2.2 Gestion de l'inconnu en phase de consultation....	221
7.2.2.3 Rigidité de la consultation interactive.....	222
7.3 Le raisonnement par cas.....	223
7.3.1 Généralités.....	223
7.3.2 Notre procédure de raisonnement par cas : CaseWork.....	225
7.3.3 Formalisation.....	227
7.3.4 Comparaison des deux approches .....	228
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>231</b>
8.1 Résultats.....	231
8.2 Limites actuelles.....	234
8.3 Perspectives.....	236
<b>REFERENCES.....</b>	<b>241</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>251</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>253</b>
I L'induction en mathématiques*.....	255
II L'expert, son "raisonnement"*.....	261
III Répartition des descriptions de <i>Hyalonema</i> par Sous-Genre.....	263
IV Architecture d'HyperQuest.....	265
IV-1 Les piles d'HyperQuest.....	265
IV-1.1 Le dossier Source .....	266
IV-1.2 Le dossier de l'application du domaine.....	268
V Syntaxe BNF* pour le LCRC.....	271
V-1 Notes sur les grammaires BNF .....	271
V-2 Les définitions LCRC du modèle descriptif .....	272
V-2.1 Syntaxe des objets.....	272
V-2.2 Syntaxe des attributs.....	272
V-2.3 Syntaxe des valeurs.....	273
V-3 Les descriptions LCRC du questionnaire.....	273
V-3.1 Syntaxe des cas.....	273
VI Induction and Reasoning from Cases.....	275

