

THESE

présentée
à l'UFR de Sciences pour l'obtention du grade de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE CAEN
SPECIALITE SCIENCES**

par

Joël DESLANDES

GOLEM

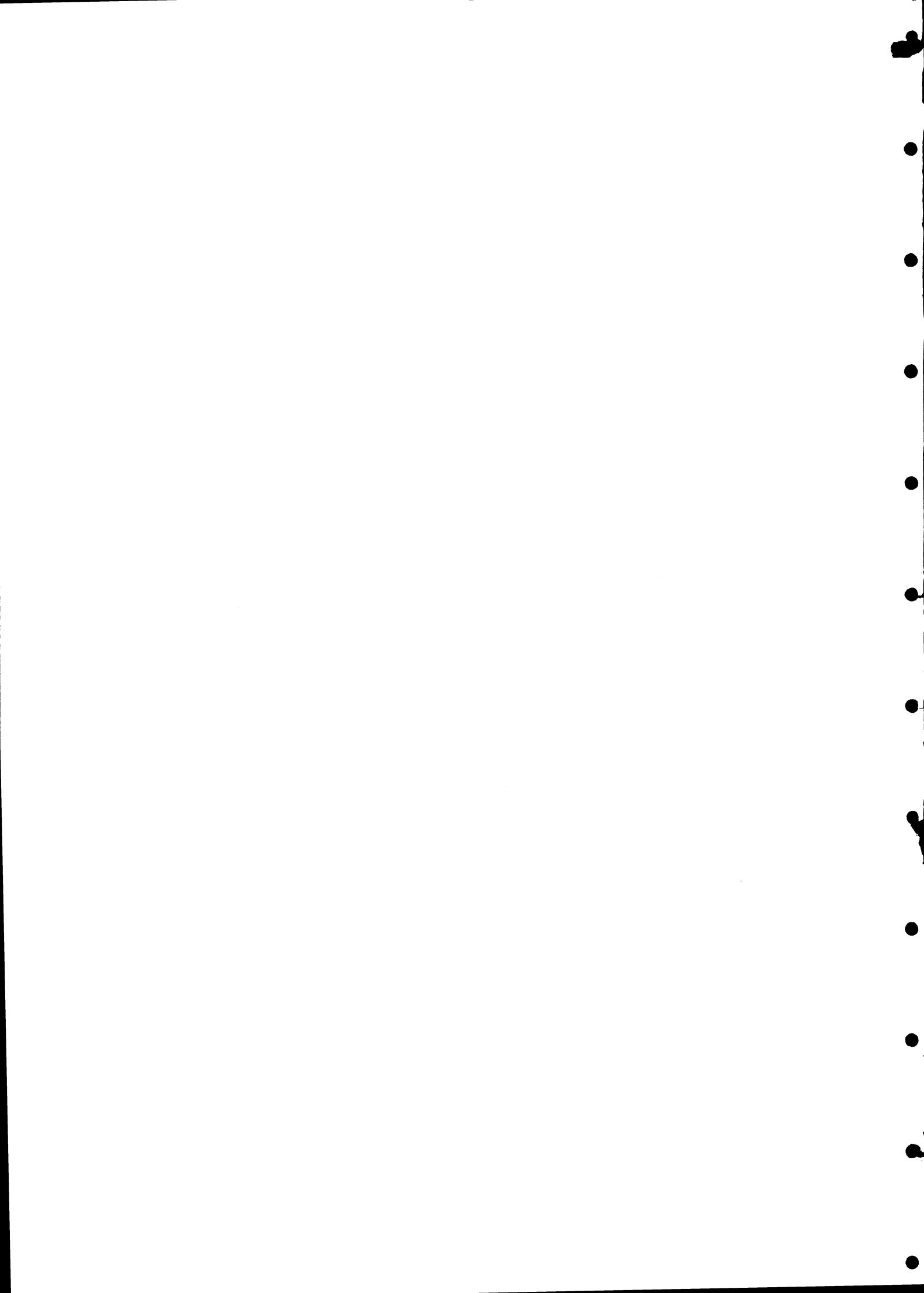
**Architecture réflexive pour l'introduction des
utilisateurs dans la boucle de conception**

**Application à la conception d'un outil d'aide à la
création de blés hybrides**

**Soutenue le 4 juillet 1994
devant le jury d'examen composé de:**

M	Jean-Marc FOUET	Rapporteur
M ^{me}	Marie-Christine ROUSSET	Rapporteur
M ^{me}	Marinette REVENU	Directeur de thèse
M	Gérard GRUWEZ	Examineur
M	Gilles KASSEL	Examineur
M	Jean-Paul KRIVINE	Examineur
M	Jean-Luc LAMBERT	Examineur
M ^{me}	Anne NICOLLE	Examineur

**HYBRITECH EUROPE SNC, avenue Gaston Phœbus, F64230 LESCAR
Laboratoire d'Algorithmique et d'Intelligence Artificielle de Caen (LAIAC)
ISMRA 6, Boulevard du Maréchal Juin, F14050 Caen Cedex
Université de CAEN Esplanade de la paix, F14032 Caen Cedex**



A mon père

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier la société HYBRITECH EUROPE qui m'a permis d'effectuer les travaux de recherche présentés dans ce document. En particulier, je remercie Monsieur Olivier LAUDOYER, Directeur de Recherches, qui m'a fait confiance en me chargeant de la conception et de la réalisation du système informatique de la société.

Je remercie, Madame Marinette REVENU, Maître de conférences à l'ISMRA de CAEN, habilitée à diriger des recherches, qui dès le début m'a encadré dans mon travail de recherche et m'a aidé à structurer ma démarche.

Je remercie Jean-Marc FOUET Professeur à l'Université Claude Bernard LYON I et Marie-Christine ROUSSET Professeur à l'Université de PARIS XI d'avoir accepté d'évaluer ce document.

Je remercie le Professeur Anne NICOLLE de l'Université de CAEN, dont les relectures attentives accompagnées de critiques et de suggestions pertinentes m'ont aidé à progresser.

Je remercie le Professeur Jean-Luc LAMBERT de l'Université de CAEN, pour l'intérêt qu'il a montré pour ce travail en acceptant de participer à ce jury.

Je remercie Monsieur Jean-Paul KRIVINE, Ingénieur Chercheur à la Direction des Etudes et Recherches, EDF Clamart et Gilles KASSEL, Maître de conférences à l'Université de Technologie de Compiègne, pour l'intérêt qu'ils ont montré pour mon travail et les discussions fructueuses qui s'en sont suivies.

Je remercie Monsieur Gérard GRUWEZ, Docteur Ingénieur, Responsable chez HYBRITECH de la station d'expérimentation de SEVESTREVILLE en BEAUCE, pour sa coopération dans le projet et pour avoir accepté de participer à l'évaluation du travail.

Je remercie tous les membres de l'équipe de recherche de la société HYBRITECH EUROPE qui ont participé aux spécifications, à la mise en place et à la validation du système informatique. Leur compréhension, leur soutien et leur aide ont été importants pour passer les caps difficiles. Je remercie, plus particulièrement l'équipe de la station de recherche de MORANVAL, au nord de COMPIEGNE en PICARDIE où le travail a été réalisé: Guy BLACHE, Thierry BOUTHILLIER et Philippe VERMEULEN.

Je remercie tous les membres du LAIAC avec qui j'ai eu l'occasion de discuter et d'échanger des idées, notamment Christine PORQUET dont les relectures attentives ont été fort utiles.

Un travail de recherche est une longue route sinueuse sur laquelle on a l'occasion de rencontrer un grand nombre de personnes qui contribuent directement ou indirectement à l'élaboration d'une synthèse. Je remercie enfin toutes ces personnes qui m'ont aidé ou influencé, qui m'ont permis de progresser vers mon objectif.

Table des matières

Introduction	17
---------------------	-----------

CHAPITRE I Conception de systèmes informatiques : rôle de l'utilisateur

1. Conception d'un système informatique	23
1.1. Approche classique	23
1.1.1. Limites	23
1.1.1.1. Difficultés rencontrées pour définir un cahier des charges	23
1.1.1.2. Prototypage et maquettage	24
1.1.1.3. Difficultés pour faire évoluer un système	24
1.1.1.4. Utilisateur standardisé	25
1.1.2. Système à base de connaissances : boucle de conception.....	26
1.2. Nouvelle approche proposée : Modification de la boucle de conception.....	28
2. Représentation des utilisateurs	31
2.1. Justification de la représentation de l'utilisateur.....	31
2.2. Modélisation classique de l'utilisateur.....	32
2.3. Notre proposition : intégration de l'utilisateur dans l'architecture de contrôle	32
2.3.1. Représentation de chaque utilisateur	33
2.3.2. Conséquences sur la représentation des connaissances	33
2.3.3. Conséquences sur le contrôle.....	34
3. Représentation opérationnelle des connaissances	35
3.1. Représentation de connaissances.....	35
3.1.1. Difficultés du choix des représentations.....	35
3.1.2. Lien entre connaissance et représentation	37
3.1.3. Multiplicité des représentations	37
3.1.4. Caractère évolutif d'une représentation.....	37
3.2. Emergence d'un modèle conceptuel opérationnel	38
3.2.1. Résolution automatique de problèmes	39
3.2.2. Système Expert : Déclarativité des connaissances	39
3.2.3. Niveau connaissance : indépendance vis à vis des choix d'implantation .	40
3.2.4. Systèmes à Base de Connaissances: Modélisation des connaissances	42

3.2.4.1. KADS : Construction de modèles	43
3.2.4.2. CONSTRUCT	48
3.2.4.3. LISA, un langage réflexif pour la modélisation du contrôle.....	50
3.2.4.4. Bilan des approches présentées pour décrire un système au niveau connaissance et pour le rendre opérationnel	52
3.3. Notre modèle : Tâche-Méthode-Outil	54
3.3.1. Primitives pour représenter la connaissance	54
3.3.2. Représentation opérationnelle.....	55
3.3.3. Plusieurs méthodes pour une tâche.....	56
3.3.3.1. Adaptation de l'exécution d'une tâche	56
3.3.3.2. Développement incrémental d'un système	56
3.3.4. Outil : représentation des ressources informatiques	57
3.3.5. Liens entre tâche et méthodes et entre méthode et tâches	58
4. Contrôle sur le contrôle	60
<hr/>	
4.1. Contrôle et réflexivité.....	60
4.1.1. Définition d'un système réflexif.....	60
4.1.2. Projet REFLECT.....	62
4.2. Notre proposition : introduction du concepteur dans la boucle de méta-conception	65
4.2.1. Architecture de contrôle réflexive.....	66
4.2.2. Tâches de contrôle sur le système	68
4.2.3. Boucle abstraite de contrôle.....	68
4.2.4. Gestion des points fixes	70
4.2.5. La notion d'approche.....	71
5. Spécification de l'interaction entre les utilisateurs et l'architecture de contrôle : Coopération	72
<hr/>	
5.1. Coopération.....	72
5.2. Notre vision de la coopération	74
5.2.1. Définition de l'objectif de la coopération.....	74
5.2.2. Définition des agents	76
5.2.3. Définition des moyens de coopération	76
5.3. Coopération pour gérer une représentation de connaissances opérationnelle.	77
5.3.1. Coopération entre les utilisateurs	78
5.3.2. Coopération entre les utilisateurs et le programmeur.....	78
6. Conclusion	80
<hr/>	

CHAPITRE II GOLEM : implantation d'une architecture réflexive

1. Réification des concepts	83
1.1. Objet passif	84
1.1.1. Types	84
1.1.2. Paramètres formels	85
1.1.3. Entités de l'interaction : Ressource, Session, Contexte,	86
1.1.3.1. Ressource	86
1.1.3.2. Session	86
1.1.3.3. Contexte	86
1.2. Objets actifs	87
1.2.1. Tâches, Méthodes & Outils	87
1.2.2. Paramètres réels	88
1.3. Fonctions	89
1.4. Utilisateurs	90
2. Amorçage du système	91
2.1. Création des tâches et méthodes de contrôle sur le système intervenant dans la boucle de contrôle	91
2.1.1. Tâches de gestion d'une session	92
2.1.2. Tâches de gestion des outils	93
2.1.3. Tâches de gestion des tâches	94
2.1.4. Tâches de gestion des méthodes	94
2.2. Création des tâches pour créer et utiliser un outil	95
2.3. Création de la fonction de gestion de l'exécution de tâches	95
2.4. Création d'autres tâches de contrôle sur le système	97
2.4.1. Tâches de représentation des connaissances	98
2.4.2. Tâches de description du contexte	98
3. Interfaces	100
3.1. Caractéristiques générales	100
3.1.1. Organisation	101
3.1.2. Présentation des objets	101
3.1.3. Déclenchement des actions	102
3.1.4. Tâches génériques	102
3.2. Interface des types	103
3.2.1. Tâches spécifiques pour un type	104

3.3. Interface des outils	105
3.3.1. Tâches spécifiques pour un groupe d'outils	106
3.3.2. Tâches spécifiques pour un outil	106
3.4. Interface des tâches.....	107
3.4.1. Tâches spécifiques pour un groupe de tâches.....	108
3.4.2. Tâches spécifiques pour une tâche	108
3.5. Interface des réseaux de dépendances	108
4. Point de vue de l'utilisateur	110
<hr/>	
4.1. Environnement de travail	110
4.2. Créer une représentation de connaissances opérationnelle	110
4.2.1. Création interactive d'objets du contrôle.....	111
4.2.2. Démarche ascendante : Représentation de codes informatiques.....	111
4.2.3. Démarche descendante : Prototypage	111
4.2.4. Exemple de représentation de connaissances	112
4.3. Utilisation de la représentation de connaissances	117
4.4. Langage de spécification	117
5. Conclusion	119
<hr/>	

CHAPITRE III Application de GOLEM : système HybrIA

1. Domaine : La création de blés hybrides	123
1.1. HybriTech Europe SNC.....	123
1.2. Travail de sélection et de création de blés	124
1.2.1. Sélection généalogique.....	124
1.2.2. Création de variétés hybrides.....	125
1.2.3. Programme "blés hybrides"	126
1.3. Connaissances à représenter.....	127
1.3.1. Connaissances structurelles : le savoir.....	127
1.3.1.1. Individus	128
1.3.1.2. Dispositifs	129
1.3.1.3. Notations, observations.....	129
1.3.2. Connaissances opératoires : les savoir-faire.....	130
1.3.2.1. Bases génétiques	130
1.3.2.2. Analyses statistiques.....	131
1.3.2.3. Connaissances expertes.....	131
1.4. Traitement de l'information	133
1.4.1. Informations et traitements	133
1.4.2. Historique de l'informatisation de la société HybriTech.....	133
1.4.2.1. Génération 1 : Système centralisé	134
1.4.2.2. Génération 2 : Décentralisation - Traitement local.....	136
1.5. Logiciels commerciaux existants.....	137
1.5.1. Gestion de l'expérimentation.....	137
1.5.2. Analyse statistique	138
1.5.2.1. STAT-ITCF.....	138
1.5.2.2. SAS	138
1.5.2.3. S-Plus.....	138
2. Spécifications et mise en place du système HybrIA	140
2.1. Spécifications du système HybrIA	140
2.2. Environnement de développement.....	141
2.2.1. Environnement logiciel	142
2.2.1.1. GENERA.....	142
2.2.1.2. Base de données orientée objets.....	143
2.2.2. Environnement matériel.....	144
2.3. Approche méthodologique	144
2.3.1. Etapes de conception.....	145

2.3.1.1. Analyser et choisir	145
2.3.1.2. Tester	145
2.3.1.3. Développer et généraliser.....	145
2.3.1.4. Mettre à la disposition de l'utilisateur.....	145
2.4. Implantation des connaissances	146
2.4.1. Création des bases de données	146
2.4.1.1. Base du domaine	146
2.4.1.2. Base du contrôle	148
2.4.2. Tâches du domaine	148
2.4.2.1. Différents types d'activités.....	148
2.4.2.1.1. Création de données	149
2.4.2.1.2. Extraction de données	149
2.4.2.1.3. Transformation de données.....	150
2.4.2.1.4. Présentation de données.....	150
2.4.2.2. Différents niveaux de connaissances	150
3. Utilisation de GOLEM	152
<hr/>	
3.1. Utilisation réflexive de GOLEM	152
3.1.1. Les groupes d'utilisateurs.....	152
3.1.1.1. Groupe des Concepteurs-Compétents	153
3.1.1.2. Groupe des Administrateurs-Experts	154
3.1.1.3. Groupe des ChercheursCréateurs-Experts	154
3.1.1.4. Groupe des ChercheursUtilisateurs-Experts.....	154
3.1.1.5. Groupe des Stagiaires-Débutants	154
3.1.2. Modification du contrôle	154
3.1.2.1. Approche de routine	154
3.1.2.2. Approche de tutorat.....	155
3.2. Utilisation de GOLEM pour construire le système HybrIA.....	155
3.2.1. Organisation de la connaissance	155
3.2.2. Acquisition de connaissances.....	158
3.2.3. Expression de nouvelles connaissances.....	159
3.2.3.1. Extracteur de données.....	159
3.2.3.2. Perspectives	163
4. Bilan	164
<hr/>	
4.1. Leçons de l'expérience	164
4.1.1. Choix d'un environnement de développement	164
4.1.2. Choix d'un paradigme de programmation.....	164

4.1.3. Cadre industriel du projet.....	165
4.1.4. Aspect humain dans le projet	165
4.2. Conclusion : GOLEM dans le projet HybrIA	166
CONCLUSION	167
LISTE DES FIGURES	170
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	173
BIBLIOGRAPHIE	180