

N° d'ordre:

THESE

présentée

pour l'obtention du titre de

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL
POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE

Spécialité INFORMATIQUE

par

Eric WYSS

TAIGER, un générateur de systèmes experts
adapté au traitement de données
incertaines et imprécises

Soutenue le 25 Novembre 1988 devant le Jury composé de :

Président : M. PRADE H.

Directeur de Recherches CNRS

Mme BOUCHON-MEUNIER B.
Mme CORDIER M.-O.
M. DELMAS D.
M. FARRENY H.

Docteur d'Etat
Professeur à l'Université de Rennes
Docteur ingénieur ENSEEIHT
Professeur à l'INPT

TABLE DES MATIERES

TAIGER, un générateur de systèmes experts adapté au traitement de données incertaines et imprécises

Introduction	9
--------------------	---

PARTIE 1 APERCU SUR LE SYSTEME TAIGER

CHAPITRE 1 : SESSIONS TAIGER.....	11
1.1 LE SYSTEME EXPERT FANAL (Financial ANALysis).....	12
1.2 AUTRES SESSIONS TAIGER	17
1.2.1 Estimation de ressources dans un budget	17
1.2.2 Un petit exercice d'électricité	19
1.2.3 Evaluation de la masse critique d'un produit sur un marché	21

PARTIE 2 MODELE DE BASE DU SYSTEME TAIGER

CHAPITRE 2 : PROBLEMES DE REPRESENTATION ET DE RAISONNEMENT	24
2.1 INTERET DE GERER L'IMPRECISION ET L'INCERTITUDE DES DONNEES	24
2.1.1 Rappels.....	24
2.1.2 Un cas d'expérimentation - La base FANAL	24
2.2 PROBLEMES RENCONTRES DANS LA REPRESENTATION D'UNE EXPERTISE	30
CHAPITRE 3 : CADRE FORMEL : LA THEORIE DES POSSIBILITES.....	34
3.1 CHOIX D'UNE THEORIE	34
3.1.1 Approche numérique	34
3.1.2 Théorie des possibilités.....	34
3.2 BREVE PRESENTATION DE LA THEORIE DES POSSIBILITES	35
3.3 MODELES DE REPRESENTATION DE LA CONNAISSANCE	36
3.3.1 Représentation de l'information disponible.....	36
3.3.2 Représentation de l'incertitude des règles	41
3.4 MODELES DE PROPAGATION DE LA CONNAISSANCE	41
3.4.1 Exploitation des faits - Evaluation des premières distributions	43
3.4.2 Calcul des propositions élémentaires - Comparaison de distributions	43
3.4.3 Négation, conjonction et disjonction de vecteurs de possibilité	44
3.4.4 Déclenchement d'une règle - Propagation par produit matriciel	45
3.4.5 Combinaison des distributions issues de règles ou faits distincts	46

PARTIE 3 DEVELOPPEMENT INFORMATIQUE DU SYSTEME TAIGER

CHAPITRE 4 : REPRESENTATION DES DISTRIBUTIONS.....	49
4.1 DISTRIBUTION DE POSSIBILITE D'UN IDENTIFICATEUR LOGIQUE.....	49
4.2 DISTRIBUTION DE POSSIBILITE D'UN IDENTIFICATEUR NUMERIQUE	50
4.3 DISTRIBUTION DE POSSIBILITE D'UN IDENTIFICATEUR SCALAIRE	54
4.4 DISTRIBUTION DE POSSIBILITE D'UN IDENTIFICATEUR CLASSE	55
4.5 DISTRIBUTION DE POSSIBILITE D'UN IDENTIFICATEUR ENSEMBLISTE	56
 CHAPITRE 5 : STRATEGIE DE RESOLUTION MISE EN OEUVRE PAR TAIGER	58
5.1 FORMALISATION DU PROBLEME.....	58
5.2 ALGORITHME DE RECHERCHE	62
5.2.1 Amélioration par une prise en compte du contexte	62
5.2.2 Amélioration par une première évaluation superficielle de la partie condition.....	63
5.2.3 Amélioration en cours d'évaluation approfondie d'une condition	64
5.3 ALGORITHME DE MISE A JOUR DE LA BASE DE FAITS.....	64
5.3.1 Première tentative.....	65
5.3.2 Solution finale	66
 CHAPITRE 6 : MODULE DE TRAITEMENT DU LANGAGE NATUREL.....	68
6.1 TECHNIQUE DU FILTRAGE	68
6.2 PRINCIPE DU FILTRAGE AUGMENTE	69
6.2.1 Accroissement de la complexité des filtres.....	69
6.2.2 Définition d'une structure grammaticale	70
6.3 TECHNIQUES GRAMMATICALES – COMPARAISONS.....	71
6.3.1 Approche syntaxique.....	71
6.3.2 Approche sémantique	73
6.4 LIMITES DU SYSTEME.....	74
6.4.1 Relative complexité de l'algorithme	74
6.4.2 Solution.....	76
6.5 EXTENSIONS POSSIBLES.....	76
6.5.1 Aide à la formulation de phrases correctes.....	76
6.5.2 Enrichissement dynamique des filtres par apprentissage	77
6.5.3 Assistance à la production de filtres	78
6.5.4 Amélioration de la vitesse d'exécution des filtres.....	79
6.6 MICRO-INTERPRETEUR TAIGER.....	79
6.6.1 Interprétation des requêtes	79

6.6.2 Interprétation des résultats.....	81
6.6.3 Echelles des crédibles et des possibles	82

PARTIE 4 CARACTERISTIQUES AVANCEES DU SYSTEME TAIGER

CHAPITRE 7 : TRAITEMENT LITTERAL DU CALCUL DE L'INCERTITUDE.....	84
7.1 POURQUOI LE CALCUL LITTERAL ?.....	84
7.2 MISE EN OEUVRE INFORMATIQUE	85
7.2.1 Grammaire des possibilités	85
7.2.2 Réduction des expressions.....	85
7.2.3 Exemple.....	88
CHAPITRE 8 : MODULE DE PRETRAITEMENT DE BASE D'EXPERTISE.....	90
8.1 EXTRACTION DU GRAPHE D'INTERACTION	90
8.1.1 Présentation.....	90
8.1.2 Introduction des primitives de base	91
8.1.3 Représentation interne	91
8.1.4 Exemples	92
8.2 EXPLOITATION DU GRAPHE D'INTERACTION.....	96
8.2.1 Intéraction entre identificateurs	96
8.2.2 Intéraction entre règles et détection de conflits	97
CHAPITRE 9 : MODULE DE PROPAGATION DE CONTRAINTES.....	102
9.1 INTRODUCTION	102
9.2 MODULE DE PROPAGATION DE CONTRAINTES NUMERIQUES	103
9.2.1 Une première représentation.....	103
9.2.2 Une représentation plus générale.....	107
9.3 MODULE DE PROPAGATION DE CONTRAINTES ENSEMBLISTES	108
9.3.1 Une première représentation.....	108
9.3.2 Une autre famille de problèmes.....	109
9.4 MISE EN PLACE	110
CHAPITRE 10 : OPERATIONS ARITHMETIQUES SUR LES DISTRIBUTIONS DE POSSIBILITE.....	111
10.1 RAPPEL – STRUCTURE D'UNE DISTRIBUTION NUMERIQUE	111
10.2 PRESENTATION INTUITIVE A PARTIR D'EXEMPLES.....	113
10.3 PRINCIPE.....	114
10.3.1 Opérateur à 1 argument.....	115
10.3.2 Opérateur à 2 arguments.....	115
10.3.3 Fusion	115

10.3.4 Opération sur les distributions élémentaires	115
10.3.5 Phase de regroupement - simplification.....	117
10.4 CAS DES OPERATEURS NON PARTOUT DEFINIS	118
10.4.1 Cas général	118
10.4.2 Exemples	119
CHAPITRE 11 : PRISE EN COMPTE PAR TAIGER DE QUANTIFICATEURS FLOUS EN PARTIE	
CONDITION DE REGLES	120
11.1 INTRODUCTION	120
11.2 CARDINAL FLOU	120
11.3 EVALUATION DU VECTEUR DE POSSIBILITE DE LA CONDITION	121
11.4 EXEMPLE	122

CONCLUSION

1. APPORTS ET ORIGINALITES DU LOGICIEL TAIGER.....	127
2. ETUDES COMPARATIVES AVEC D'AUTRES SYSTEMES BASES SUR LE FLOU	128
3. LIMITES DU LOGICIEL TAIGER	132

ANNEXES

ANNEXE A : INTERFACE UTILISATEUR.....	137
A.1 PROGRAMMATION DES PATTERNS.....	137
A.2 DESCRIPTION DE LA PRIMITIVE CHOIX.....	139
ANNEXE B : APPLICATION DU CALCUL LITERAL A L'INCERTITUDE.....	141
ANNEXE C : EXTRACTION DU GRAPHE D'INTERACTION DE L'EXPERTISE.....	146
ANNEXE D : LISTING DE LA BASE FANAL	149
ANNEXE E : LANGAGE D'EXPRESSION DES CONNAISSANCES.....	152
E.1 INTRODUCTION - PRESENTATION GENERALE.....	153
E.2 DECLARATION DES DONNEES	154
E.3 DECLARATION DES REGLES.....	158
E.4 DECLARATION DES FAITS.....	159

E.5 REQUETES.....	160
E.6 OPERATEURS & GRAMMAIRE DES EXPRESSIONS SOUS TAIGER.....	161
E.7 DIVERS	163
E.8 MULTI-FENETRAGE	164
E.9 CARACTERES SPECIAUX.....	165
E.10 ADDENDUM : GESTION DES VARIABLES SOUS TAIGER.....	166
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</u>	167