

# LA LOGIQUE FLOUE

Pour les affaires et l'industrie

Earl D. Cox

Traduction de Maurice Clerc



Avant-propos de Bart Kosko

# Table des matières

```
Initialis  
Parms[0]  
Parms[1],  
sprint(s)  
strncpy(a  
FDBptr[Mi  
if(*statp  
Part Dom  
Part Dom  
(*FDBcnt
```

<b>Remerciements</b> .....	<b>xvii</b>
<b>Avant-propos</b> .....	<b>xix</b>
<b>Préface</b> .....	<b>xxiii</b>
Objectifs de ce livre et domaines étudiés .....	xxiii
Point de vue sur la modélisation floue .....	xxiv
Organisation du livre .....	xxv
Modèles flous et exemples d'applications .....	xxvi
Utilisation et exploitation de la bibliothèques de codes en C++ .....	xxvii
Représentations graphiques des ensembles flous et éditions des résultats .....	xxviii
Icônes et remarques annexes .....	xxix
Symboles spéciaux .....	xxx
Au sujet de ce livre .....	xxxii
Contacter l'auteur .....	xxxii
<b>Chapitre 1 : Introduction</b> .....	<b>1</b>
Intelligence artificielle et logique floue .....	1
Le problème .....	3
Systèmes flous .....	4
Caractéristiques des systèmes flous .....	4
Réduction de la dissonance cognitive .....	5

Utilisation d'expertises contradictoires .....	7
Meilleure représentation des connaissances .....	8
Meilleur calcul d'incertitudes .....	9
Ensemble de règles réduit .....	9
Modèles plus robustes .....	10
Modèles plus intelligents .....	10
Délais de développement et de validation réduits .....	10
Modélisations de systèmes complexes et non linéaires .....	11
<b>Limitations des systèmes flous .....</b>	<b>11</b>
Systèmes linéaires à modèle mathématique bien connu .....	11
Traitement du langage naturel .....	16
Traiter des informations manquantes .....	20
Mettre en évidence des tendances et des relations .....	23
Modéliser des systèmes à nombreuses variables d'entrée-sortie.....	23
Modèles sous contraintes .....	25

## **Chapitre 2 : Logique floue et raisonnement automatique .. 27**

Techniques de raisonnement automatique .....	27
Variables .....	29
Méthodes de raisonnement .....	29
Stratégie d'inférence en chaînage arrière .....	30
Moteur d'inférence à chaînage avant .....	34
L'algorithme RETE .....	35
Déclenchement opportuniste d'un chaînage avant .....	36
Moteur d'inférence flou .....	37
Système de raisonnement flou .....	39
Systèmes additifs et systèmes Min/Max .....	40
Techniques d'implication .....	41
Techniques d'agrégation .....	44
Focalisation .....	57
Compatibilité, modèles indécidables .....	61
Chaînage arrière flou .....	72
Propagation d'entropie floue .....	75
Conditions floues dans des règles conventionnelles .....	76
Relations indépendantes .....	77
Exécutions ambiguës .....	78
Absence de raisonnement probant .....	80
Systèmes flous comme approximateurs universels .....	81
Système flou additif .....	82
Approximation de fonction par règles .....	82
Règle floue et espace d'états .....	85
Système additif et approximation de fonction .....	92
Approximation d'une loi de diffusion d'un médicament .....	98

<b>Chapitre 3 : SQL flou et bases de données</b> .....	<b>113</b>
Les concepts des bases de données relationnelles .....	114
Historique .....	114
Systèmes relationnels .....	115
Normalisation .....	118
Chemins d'accès secondaires (clés) .....	121
Principes des requêtes SQL .....	125
L'instruction SELECT .....	125
Logique et sémantique des requêtes .....	127
Les opérations du SQL flou .....	128
Le problème de l'intentionnalité .....	129
Une requête simple en SQL flou .....	130
Seuils de prise en compte .....	131
Mesure de compatibilité pour des prédicats complexes .....	133
SQL flou avec prédicats complexes .....	135
SQL flou avec modificateurs linguistiques .....	147
Prédicats avec qualificateurs de fréquence .....	159
Techniques d'indexation secondaire floue .....	162
Utilisation conventionnelle des index .....	163
Organisation d'un index secondaire flou .....	164
Ordinogramme d'un traitement en SQL flou .....	167
Applications du SQL flou .....	168
Acquisitions et fusions de sociétés .....	169
Gestion de projet intelligente et estimation de risque .....	176
Système d'identification criminelle (de suspects) .....	181
 <b>Chapitre 4 : Acquisition automatique de connaissances et extraction de règles</b> .....	 <b>185</b>
Les concepts de l'extraction de règles et de l'acquisition de connaissances .....	186
Avantages de l'acquisition automatique de connaissances .....	186
Difficultés de l'acquisition automatique de connaissances .....	187
Résumé des avantages et inconvénients .....	188
La méthode d'extraction de règles de Wang-Mendel .....	189
Le processus d'extraction de règles .....	192
Un modèle simple de sensibilité au prix .....	193
Représentation et utilisation des données de comportement du modèle ..	194
Étape 1. Décompositions des variables en ensembles flous .....	196
Étape 2. Génération des règles provisoires .....	203
Étape 3. Création des règles floues unifiées .....	209
Applications des techniques d'acquisition de connaissances .....	212
Détection de fraudes chez les professionnels de la santé .....	212
Sécurisation d'un portefeuille de valeurs, et conseil en investissement ..	222

<b>Chapitre 5 : Aide à la décision floue multi-critère et multi-expert .....</b>	<b>247</b>
Systèmes multi-experts .....	248
Systèmes experts conflictuels .....	248
Consensus et divergences d'experts. Une application .....	263
Les descripteurs linguistiques flous de base .....	264
Exécution du nouveau modèle Estimation de prix .....	266
Interprétation du résultat .....	271
Utilisation d'un résultat non focalisé .....	272
Maquettage rapide d'un modèle multi-expert à l'aide de systèmes flous 273	
Association de plusieurs modèles flous .....	276
Le système Estimation du risque d'un projet .....	277
Association par moyenne pondérée .....	282
Association par agrégation d'ensembles flous .....	288
 <b>Chapitre 6 : Modèles flous adaptatifs et rétroactifs .....</b>	 <b>293</b>
Systèmes flous à propagation avant, rétroactifs, et adaptatifs ....	294
Modèles flous rétroactifs .....	294
Modèles flous adaptatifs .....	296
Un modèle rétroactif de gestion de stock .....	297
Le modèle flou .....	298
Les règles floues .....	300
Les descripteurs flous .....	301
Logique d'exécution du modèle .....	304
Exécution du modèle .....	305
Influences de plusieurs règles .....	306
Multi-activation de règles et seuils de déclenchement .....	307
Résultats du modèle .....	310
Un modèle de dynamique d'organisation .....	311
Philosophie et conception du modèle .....	311
Descripteurs flous .....	314
Exécution du modèle .....	315
Analyse du modèle .....	319
Cartes cognitives floues et systèmes rétroactifs .....	322
 <b>Chapitre 7: Planification et réalisation de modèles flous</b>	 <b>327</b>
Sélection des éléments pertinents .....	328
Modèles flous idéaux .....	329
Caractéristiques d'un projet .....	330
Gestion de projet et cycle de maquettage .....	332
Techniques de gestion de projet .....	333
Cycle de maquettage du modèle .....	336
Outils divers .....	337

<b>Chapitre 8: Codes sources C/C++ .....</b>	<b>339</b>
Au sujet des codes sources .....	339
Compilation et édition de liens .....	339
Fichiers d'exemples .mak .....	341
Répertoires et emplacements des programmes .....	341
Connexion au système de modélisation Metus .....	341
Utilisation du fichier fuzzy.ini .....	342
Code pour le chapitre 2 : Logique floue et raisonnement automatique ...	
343	
weight1.cpp (Estimateur de poids) .....	343
wgt1mod.cpp (Pile de règles de l'estimateur de poids) .....	344
wgtmodel.cpp (Modèle d'estimation de poids par raisonnement flou) .....	346
soundex.cpp (Soundex, programme principal) .....	350
mtlpan.cpp (Analyseur phonétique) .....	351
dcmmodel1.cpp (Diffusion sanguine d'un médicament) .....	354
dcfuzzy1.cpp (Modèle flou de diffusion sanguine. Version 1) .....	355
dcfuzzy2.cpp (Modèle flou de diffusion sanguine. Version 2) .....	360
dcfuzzy3.cpp (Modèle flou de diffusion sanguine avec prise en compte du	
poids) .....	365
Code pour le chapitre 3. SQL flou et bases de données .....	367
FzySQL0 (Une simulation de SQL flou [version 0]) .....	367
FzySQL1 (Une simulation de SQL flou [version 1]) .....	372
FzySQL2 (A Fuzzy SQL database processor [version 2]) .....	383
cbrsiml.cpp (La fonction de ressemblance RBC) .....	396
similnum.cpp (Programme d'analyse de ressemblance) .....	397
Code pour le chapitre 4 : Acquisition de connaissances et extraction de	
règles .....	399
xwmcpls.hpp (Méthode Wang-Mendel : déclarations de zones de contrôle) ....	
399	
wmcodes.hpp (Méthode Wang Mendel : déclaration de structures) 399	
wmvar.hpp (Descripteurs flous pour chaque variable) .....	399
wmdriver.cpp (Méthode Wang-Mendel : programme principal) .....	400
wmpartv.cpp (Création des descripteurs flous) .....	402
wmgenrl.cpp (Génération de l'ensemble de règles intermédiaire) 406 .....	
wmcrafm.cpp (Création de la MAF définitive) .....	412
wmstofs.cpp (Stockage des descripteurs flous) .....	418
wmfndvr.cpp (Recherche d'une variable et de ses descripteurs) .....	420
Code pour le chapitre 5 : Aide à la décision floue multicritère et	
multi-expert .....	421
invest1.cpp (Conseil en stratégie d'investissement par	
pondération d'expertises) .....	421
invest2.cpp (Conseil en stratégie d'investissement (version 2)) .....	423
invest3.cpp (Conseil en stratégie d'investissement (version 3)) .....	426
Price1.cpp (Module principal du modèle flou Estimation de prix) .....	432
price1pl.cpp (Gestionnaire de la pile de règles du modèle flou.	
Estimation de prix) .....	434
price1.mak (Le journal d'exécution de Price1.cpp généré	
par Visual C++ 1.5) .....	437

projrsk1.cpp (Estimation de risque par moyenne pondérée) .....	440
projrsk2.cpp (Estimation de risque par fusion de compétences) .....	449
<b>Code pour le chapitre 6. Modèles flous adaptatifs et rétroactifs ...</b>	<b>458</b>
fzyifam.cpp (Modèle flou de gestion de stock) .....	458
orgdyn1.cpp (Pilote du modèle Dynamique organisationnelle) .....	464
orgglpd.cpp (Dynamique organisationnelle. Écart à l'objectif) .....	469
orgpolh.cpp (Dynamique organisationnelle. Impression d'en-tête ) .....	471
orgrlpd.cpp (Dynamique organisationnelle. Application des règles ) .....	473
orgruld.cpp (Dynamique organisationnelle. Impression de la règle courante) .....	475
orgrvpd.cpp (Dynamique organisationnelle. Visibilité des relations de pouvoir) .....	476
orgsppd.cpp (Dynamique organisationnelle. Règles sur le niveau de surveillance) .....	479
orgdyn2.cpp (Dynamique organisationnelle. Pilote du modèle à paramètres «figés») .....	481
 <b>Annexe A : Théorie des ensembles flous .....</b>	 <b>489</b>
Histoire de la logique floue .....	489
Qu'est-ce que la logique floue ? .....	490
Ensembles flous .....	491
Opérations sur les ensembles flous .....	493
Règles floues et non contradiction .....	496
 <b>Annexe B : Catalogue des ressources du flou .....</b>	 <b>499</b>
Avertissement .....	499
LOGICIELS .....	500
AGENT_CLIPS 1.0 .....	500
APOLLO, ATHENA et DIANA .....	500
CubiCalc et CubiCalc RTC .....	500
DataEngine .....	501
DYNACLIPS .....	501
FCMeans. Outils de classification .....	502
Fismatpc .....	502
FlexTool(GA) version M1.1 pour MATLAB .....	502
FLIPC v1.1 .....	502
FLOPS .....	503
FOOL (Fuzzy Organizer Oldenburg) .....	503
Fril .....	503
FuNeGen 1.0 .....	504
FUZZLE .....	504
FuzzyCLIPS .....	504
FUZzySTAT, v.3.1 .....	505
Fuzzy Studio 1.0/2.0 .....	505
Fuzzy Thought Amplifier .....	505
LFLC-edu 1.5 .....	506

MATLAB 1.0, boîte à outil de logique floue (nécessite MATLAB 4.2c) ...	506
METUS/IMS Information Modelling System .....	506
METUS Machine Reasoning Class Libraries .....	507
NEFCLASS PC .....	507
NEFCON-I .....	507
O'INCA Design Framework .....	508
OWL Neural Network Library .....	508
RTFCM 1.4 .....	508
SCENARIO .....	509
Sonalysts, Inc. ....	509
<b>SITES INTERNET .....</b>	<b>509</b>
Sites WWW .....	509
FTP (File Transfer Protocol) (protocole de transfert de fichier) .....	511
Listes publi-postées .....	512
Forums .....	512
<b>Diverses sources d'information sur le flou .....</b>	<b>513</b>
Cours/Conférences .....	513
Standards IEEE .....	514
Groupes .....	514
Revue et journaux .....	515
Formation et vidéo-cassettes .....	515
<b>Annexe C : Le modèle flou additif standard .....</b>	<b>517</b>
Théorème MAS .....	518
<b>Glossaire .....</b>	<b>525</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>557</b>
Lectures recommandées .....	557
Bibliographie principale .....	558
Logique floue .....	558
Gestion de bases de données .....	561
Systèmes experts et d'aide à la décision .....	561
Modélisation .....	562
Gestion de la connaissance .....	562
<b>Index .....</b>	<b>563</b>