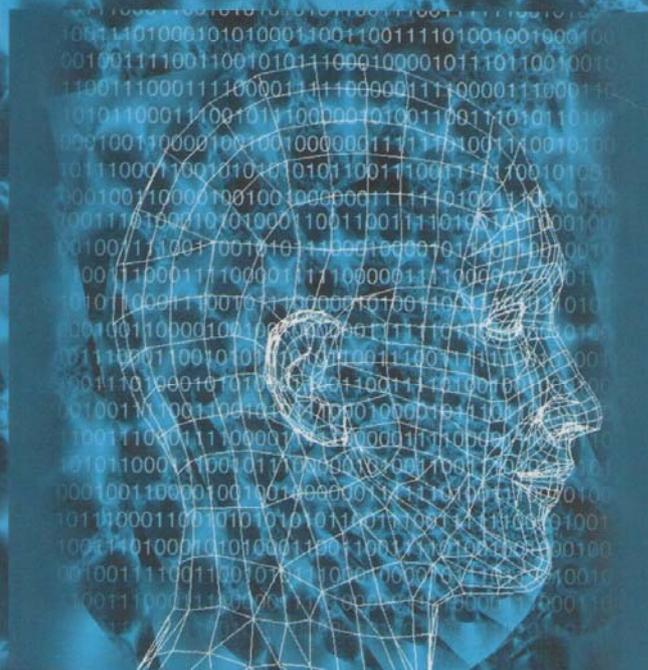


Ann Becker • Patrick Naïm

# Les réseaux bayésiens



Modèles graphiques  
de connaissance

Logiciels offerts sur le CD

Bayesian Knowledge Discoverer\* ♦

Classpad\* ♦

DMAP\* ♦

Hugin Light\* ♦

\* (version d'évaluation)

 Eyrolles



# Sommaire

## Avant-Propos

## Première Partie : Les bases

<b>Chapitre 1 : Fondations</b> .....	<b>3</b>
1.1 Une représentation graphique de la causalité .....	3
1.1.1 Introduction .....	3
1.1.2 Circulation de l'information dans un graphe causal .....	4
1.1.3 D-séparation (blocage) .....	9
1.1.4 Conclusion .....	11
1.2 Une représentation probabiliste associée. ....	11
1.2.1 Transposition .....	12
1.2.2 Premier exemple : validité de la formalisation probabiliste	13
1.2.3 Deuxième exemple : dépendances et indépendances .....	18
1.2.4 Circuits d'information et indépendances .....	21
1.3 Les réseaux bayésiens .....	22
1.3.1 Définition .....	23
1.3.2 Propriétés .....	23
1.3.3 Utilisation et difficultés .....	24
<b>Chapitre 2 : Introduction aux algorithmes</b> .....	<b>25</b>
2.1 Inférence .....	25
2.1.1 Approche intuitive .....	25
2.1.2 Cas général .....	28

## Les réseaux Bayésiens

2.2 Apprentissage .....	27
2.2.1 Apprentissage de paramètres .....	27
2.2.2 Apprentissage de structure .....	28
2.3 Modèles continus .....	30
2.4 Liens avec d'autres méthodes .....	30

## Deuxième partie : La théorie

<b>Chapitre 3 : Réseaux bayésiens .....</b>	<b>43</b>
3.1 Introduction .....	43
3.2 Définition .....	43
3.3 D-séparation .....	44
3.4 Indépendance conditionnelle .....	45
3.5 Théorème fondamental .....	47
<b>Chapitre 4 : Inférence .....</b>	<b>55</b>
4.1 Introduction .....	55
4.2 Inférence dans les réseaux sans boucle .....	56
4.2.1 Boîte à outils .....	56
4.2.2 Le problème de mise à jour des probabilités .....	63
4.2.3 La table de transformation en un nœud .....	63
4.2.4 Chaînes .....	63
4.2.5 Arbres .....	67
4.2.6 Polyarbres .....	70
4.3 Inférence dans les réseaux avec boucles .....	70
4.3.1 Introduction .....	70
4.3.2 Boîte à outils .....	72
4.3.3 Propagation des probabilités dans un arbre de regroupement .....	78
4.3.4 Factorisation sur l'arbre de jonction .....	79
4.3.5 Inférence dans le réseau original .....	80
4.3.6 Construction de l'arbre de jonction .....	82
4.3.7 Exemple .....	85
4.4 Problèmes avancés .....	87
4.4.1 Types de requêtes .....	87
4.4.2 Complexité .....	92
4.4.3 Méthodes d'approximation .....	94

4.4.4 Variables continues .....	95
4.5 Résumé .....	96
<b>Chapitre 5 : Apprentissage .....</b>	<b>97</b>
5.1 Introduction .....	97
5.2 Boîte à outils .....	99
5.3 Approche par acquisition de connaissances .....	105
5.3.1 Structure .....	106
5.3.2 Paramètres .....	107
5.4 Approche statistique .....	108
5.4.1 Introduction .....	108
5.4.2 Apprentissage statistique des paramètres .....	108
5.4.3 Apprentissage statistique de la structure .....	110
5.5 Approche bayésienne .....	112
5.5.1 Introduction .....	112
5.5.2 Apprentissage bayésien de paramètres .....	114
5.5.3 Apprentissage bayésien de structure .....	116
5.6 Problèmes avancés .....	121
5.6.1 L'apprentissage vu comme inférence .....	121
5.6.2 Cas des données incomplètes .....	122
5.6.3 Révision structurelle des modèles .....	124
5.6.4 Apprentissage de la causalité .....	125
5.7 Conclusion .....	127

### **Troisième partie : La pratique**

<b>Chapitre 6 : Introduction .....</b>	<b>131</b>
<b>Chapitre 7 : Motivations .....</b>	<b>133</b>
7.1 Introduction .....	133
7.2 Pourquoi utiliser des réseaux bayésiens ? .....	134
7.2.1 Acquisition des connaissances .....	134
7.2.2 Représentation des connaissances .....	136
7.2.3 Utilisation de connaissances .....	137
7.3 Limites des réseaux bayésiens .....	140
7.3.1 Acquisition des connaissances .....	140
7.3.2 Représentation des connaissances .....	140

## Les réseaux Bayésiens

7.3.3	<i>Utilisation des connaissances</i> .....	142
7.4	Comparaison avec d'autres techniques .....	142
<b>Chapitre 8 : Applications potentielles</b> .....		<b>145</b>
8.1	Caractéristiques d'une application .....	145
8.1.1	<i>Une connaissance explicite ou implicite du domaine</i> .....	145
8.1.2	<i>Une utilisation complexe ou évolutive</i> .....	146
8.2	Classification des applications .....	147
8.2.1	<i>Par types</i> .....	147
8.2.2	<i>Par domaines</i> .....	148
<b>Chapitre 9 : Etat de l'art</b> .....		<b>155</b>
9.1	Revue d'applications ou de projets existants .....	155
9.1.1	<i>Détection de fraude (AT&amp;T)</i> .....	155
9.1.2	<i>Aide à la décision en temps réel (NASA)</i> .....	159
9.1.3	<i>Autres applications (par domaines)</i> .....	161
9.2	L'offre commerciale .....	167
9.2.1	<i>Introduction</i> .....	167
9.2.2	<i>Produits</i> .....	167
9.2.3	<i>Sociétés</i> .....	170
9.3	La recherche .....	171
9.3.1	<i>Universités</i> .....	171
9.3.2	<i>Sociétés commerciales</i> .....	172
9.3.3	<i>Conférences</i> .....	172

## Annexes

<b>I. PROBABILITÉS</b> .....	<b>175</b>
<b>2. VARIABLES ALÉATOIRES</b> .....	<b>179</b>
<b>3. TABLES</b> .....	<b>183</b>
<b>4. GRAPHERS</b> .....	<b>187</b>
<b>5. DÉMONSTRATIONS COMPLÉMENTAIRES</b> .....	<b>191</b>
5.1 <i>Propagation dans un arbre de regroupement</i> .....	191
5.2 <i>Factorisation sur l'arbre de jonction</i> .....	195
<b>6. CONTENU DU CD-ROM</b> .....	<b>201</b>