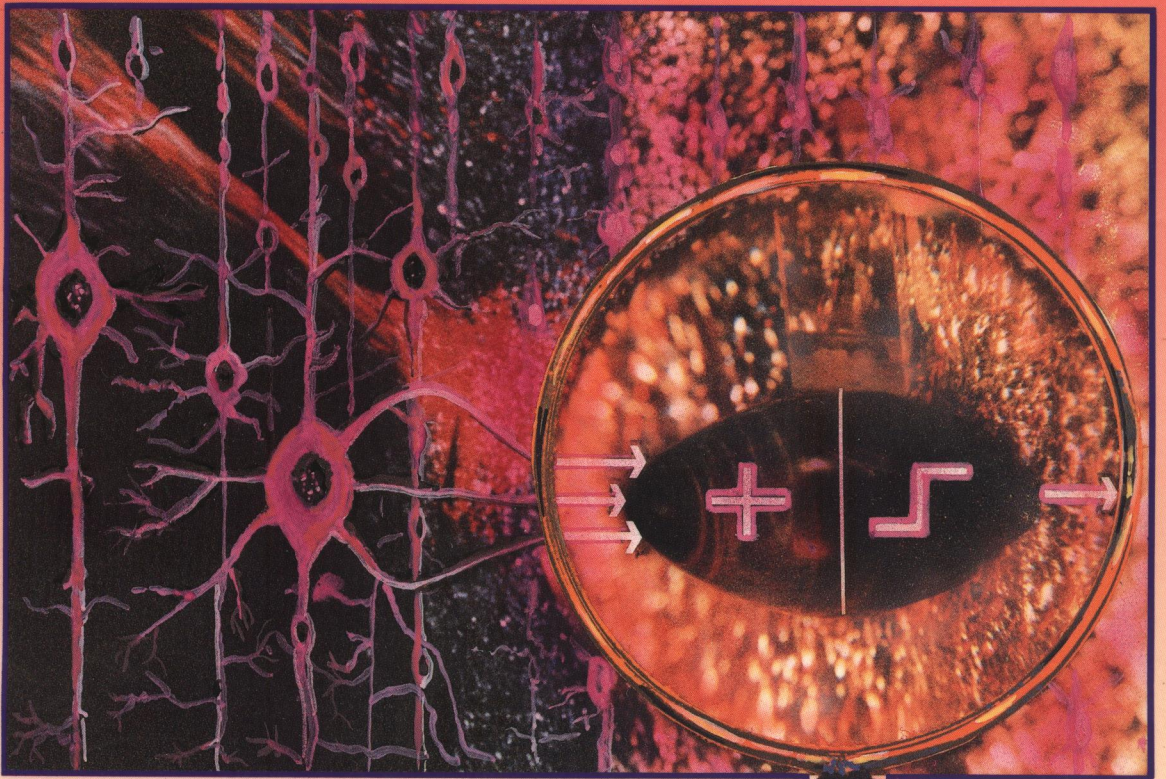


Eric Davalo
Patrick Naim

DES RESEAUX
DE NEURONES




EYROLLES

DES RÉSEAUX DE NEURONES



Éric DAVALO

Patrick NAÏM

Préface de F.M. CLÉMENT

DEUXIÈME ÉDITION
Deuxième tirage
1993



EYROLLES

TABLE DES MATIERES

I. Fondements biologiques.	1
1. Généralités.	2
1.1. Histoire de l'étude du cerveau	2
1.1.1. Le cœur ou le cerveau	2
1.1.2. Les méthodes d'études	3
1.2. Evolution du cerveau	3
2. Les éléments de base.	5
2.1. Le neurone	5
2.1.1. Structure des neurones	5
2.1.2. Fonctionnement des neurones	7
2.2. Les synapses	12
2.2.1. Description	12
2.2.2. Les neuro-transmetteurs	13
2.3. Les cellules de soutien	14
3. Principes de fonctionnement.	15
3.1. Un système de commande central et hiérarchisé	15
3.2. Les sources d'informations sur le monde extérieur	17
3.2.1. Un ensemble de capteurs	17
3.2.2. L'œil	19
3.3. Le traitement d'informations complexes	20
3.3.1. Le système visuel de la grenouille	20
3.3.2. Le système nerveux visuel des mammifères	22
3.4. Un système plastique	26
3.4.1. Quelques expériences sur les chats	26
3.4.2. Mémoire et apprentissage	26
4. Résumé.	32
5. Bibliographie.	33

II. Modélisations.

1. Le neurone formel.
 - 1.1. Le modèle de Mac Culloch et Pitts
 - 1.2. Modélisation générale
 - 1.3. Les cas les plus utilisés
2. La structure des connexions.
 - 2.1. Cas général
 - 2.2. Deux modèles classiques
 - 2.2.1. Les réseaux à couches
 - 2.2.2. Les réseaux entièrement connectés
3. La dynamique des états.
4. La dynamique des connexions.
 - 4.1. Le modèle cybernétique
 - 4.2. La règle de Hebb
 - 4.3. D'autres règles
5. Le fonctionnement.
 - 5.1. L'état initial
 - 5.2. Les modes de fonctionnement
6. Le perceptron.
 - 6.1. Genèse et organisation générale
 - 6.2. Le perceptron simple
 - 6.3. La règle du perceptron
 - 6.4. Les limitations
7. Bibliographie.

III. Des réseaux mono-couche aux réseaux multi-couches.

63

1. Réseaux associatifs et reconnaissance de formes.	64
2. Etude des réseaux associatifs mono-couche.	65
2.1. Perceptron et séparabilité linéaire	65
2.1.1. Rappels sur le perceptron	65
2.1.2. La séparation linéaire	67
2.1.3. Limites	68
2.2. La règle de Widrow-Hoff	70
2.3. Un cadre général pour les réseaux mono-couche	73
2.4. Une application : apprendre à conjuguer un verbe au passé	75
2.5. Les limites des réseaux mono-couche	78
2.6. Le "Credit Assignment Problem"	80
3. L'algorithme de rétropropagation du gradient.	81
3.1. Présentation	81
3.2. Formalisation	83
3.3. Exemples	85
3.4. Propriétés	88
3.5. Applications	93
3.6. Les difficultés et les limites actuelles du modèle	96
4. Evolution actuelle du modèle.	98
4.1. La rétropropagation	99
4.2. Modèles de croissance de réseaux	100
5. Résumé.	104
6. Bibliographie.	105
7. Annexe.	
Règle de modification des poids dans la rétro-propagation	107

IV. Le modèle de Hopfield. 111

1. Une mémoire adressable par son contenu.	112
2. Modélisation.	113
2.1. Un réseau complètement connecté	113
2.2. L'apprentissage dans un réseau de Hopfield	114
2.3. Stabilité des états	116
2.4. Conclusions	117
3. Utilisation dans les problèmes d'optimisation.	120
3.1. Energie d'un réseau de Hopfield	120
3.2. Une formulation duale	121
3.3. Le problème du voyageur de commerce	122
4. Le recuit simulé.	126
4.1. Une analogie thermodynamique	126
4.2. Utilisation dans les réseaux de neurones	129
5. La machine de Boltzmann.	133
5.1. Présentation	133
5.1.1. Prototypes et états stables	133
5.1.2. Energie des états stables et poids des connexions	134
5.1.3. Poids des connexions et corrélations	134
5.1.4. Mode forcé et mode libre	135
5.2. Formalisation	136
5.2.1. Un réseau de type Hopfield	136
5.2.2. Distance des distributions de probabilités	137
5.2.3. L'algorithme d'apprentissage	138
5.2.4. Association dans une machine de Boltzmann	139
5.3. Conclusion	139
6. Résumé.	140
7. Bibliographie.	141

1. Un modèle général.	144
1.1. Le neurone formel	144
1.2. Le mécanisme d'apprentissage	145
1.3. La structure du réseau	146
2. Les cartes topologiques auto-adaptatives.	147
2.1. Introduction	147
2.2. Des neurones spécialisés	148
2.3. De l'interaction latérale entre neurones	149
2.4. Conséquences	151
2.5. Un système autonome simple à deux dimensions	152
2.6. Une application au problème du voyageur de commerce	159
3. Des filtres adaptatifs	164
3.1. Introduction	164
3.2. Description du réseau	164
3.3. Une mémoire auto-assocative	166
3.4. Un filtre détecteur de nouveauté	168
3.5. Intérêt des filtres projecteurs	170
3.6. Cas général	171
4. Les réseaux et la reconnaissance des formes.	172
4.1. Introduction	172
4.2. De l'échec des modèles " classiques " des réseaux	172
4.3. Présentation de l'algorithme	173
5. Résumé	175
6. Annexes.	178
7. Bibliographie.	182

VI. Applications des réseaux de neurones. 183

1. Introduction	184
2. Des raisons d'utiliser les réseaux de neurones	184
2.1. Des propriétés fascinantes	184
2.2. Des limites dans l'utilisation des réseaux de neurones	187
2.3. Des caractéristiques d'une bonne application	188
3. Méthodologie	189
3.1. Première étape	190
3.2. Deuxième étape	190
4. Revue de différentes applications	192
4.1. Classement par secteurs d'activités	192
4.2. Classement par domaines d'applications	193
4.3. Exemples d'applications	194
5. Description détaillée d'une application	203
5.1. Résumé	203
5.2. Introduction	203
5.3. Acquisition des données	204
5.4. Construction du classificateur	205
5.5. Conclusion	210
6. Bibliographie	212