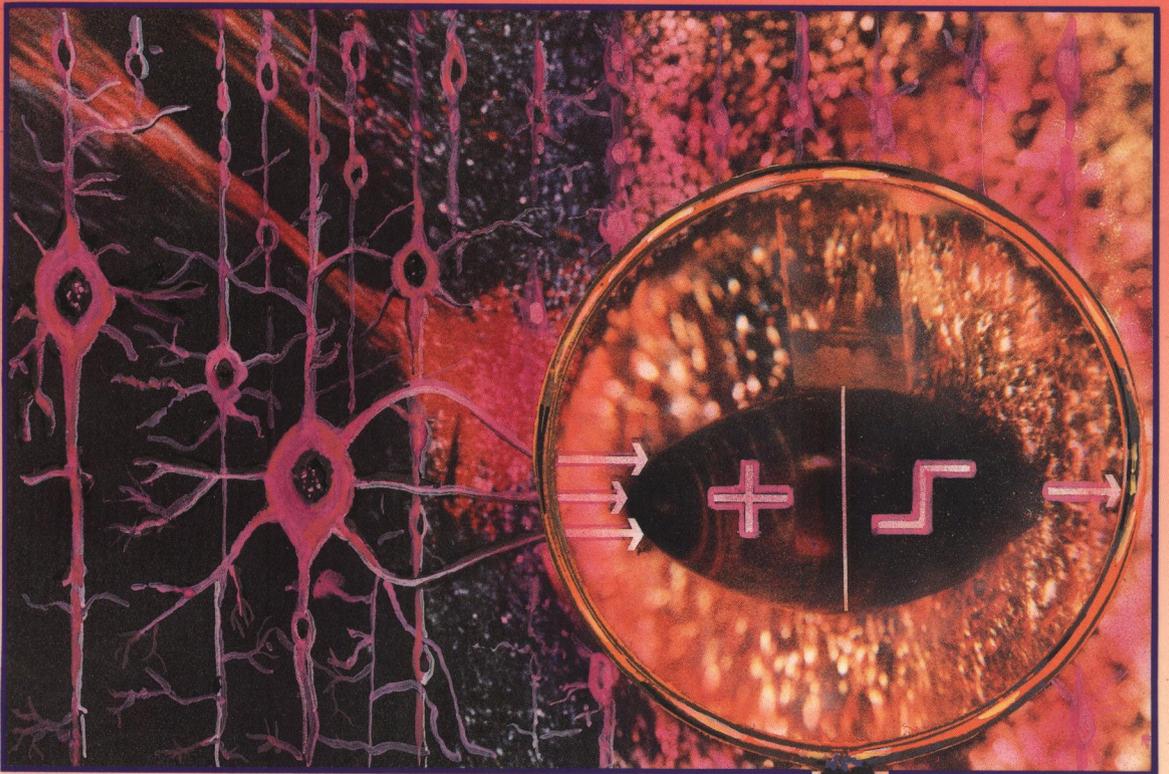


Eric Davalo
Patrick Naim

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 |