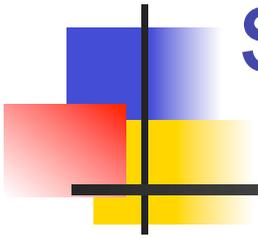


# Réseaux neuronaux pour l'analyse et la modélisation du sommeil



Didier Cugy

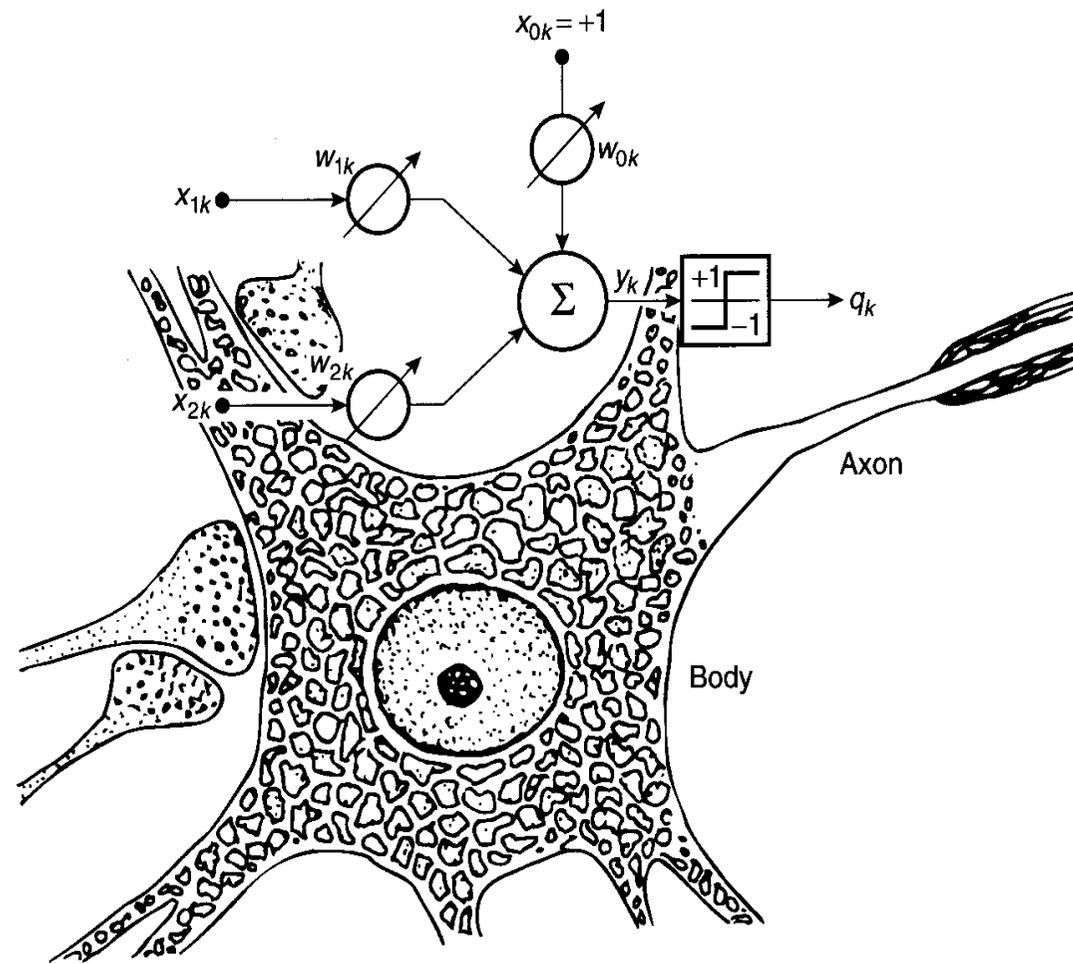
Analyse du Sommeil :  
au delà de Rechtschaffen et Kales



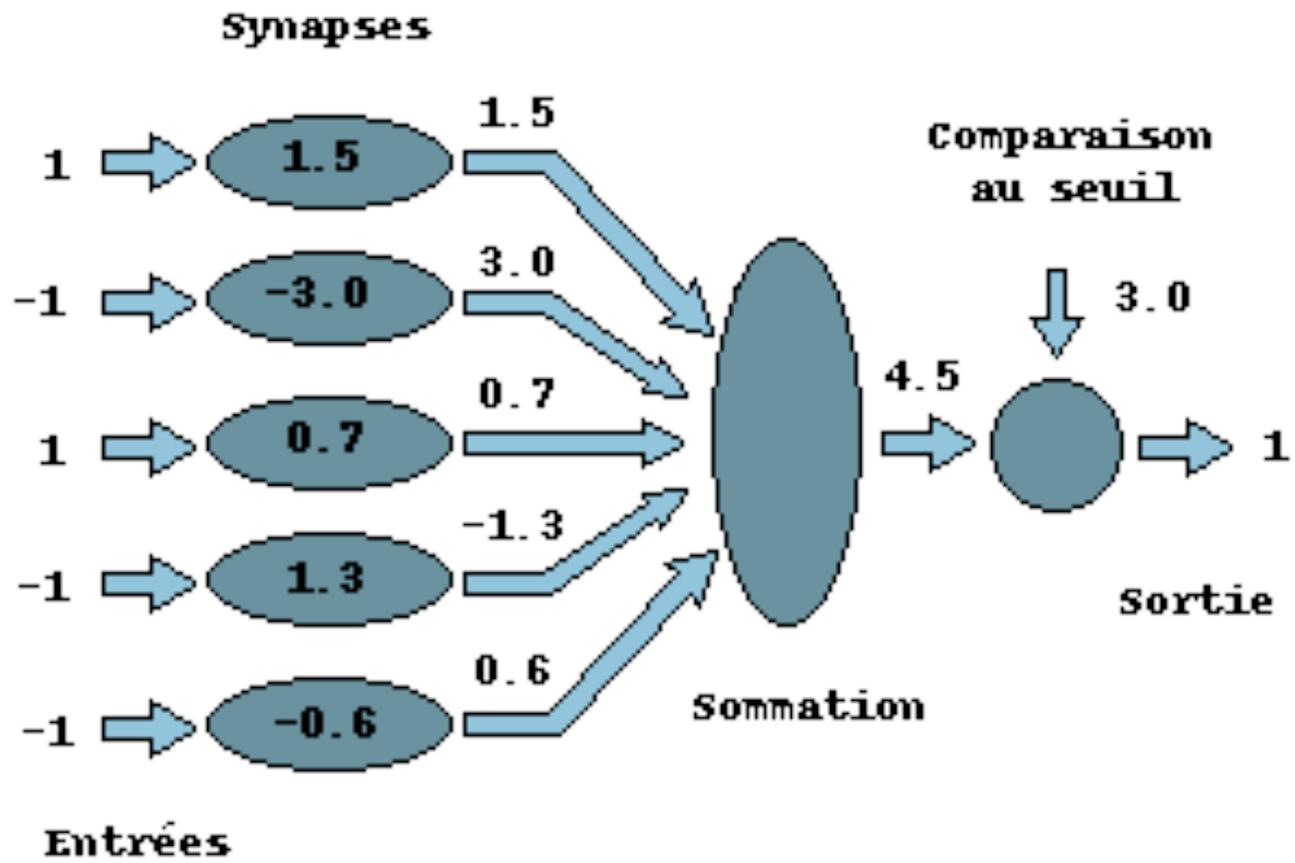
# Modèles :

## Neurone réel - Neurone formel

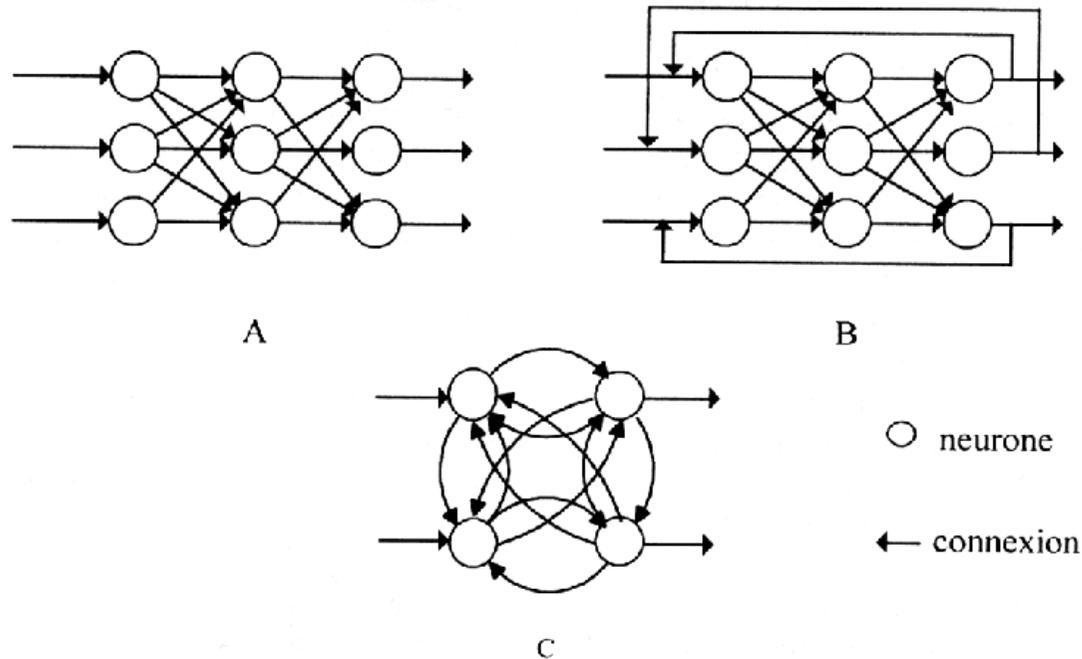
- Modèle initial de Mac Culloch et Pitts (1943): le neurone est modélisé comme un système dont la sortie est fonction de la somme pondérée de ses entrées



# Exemple



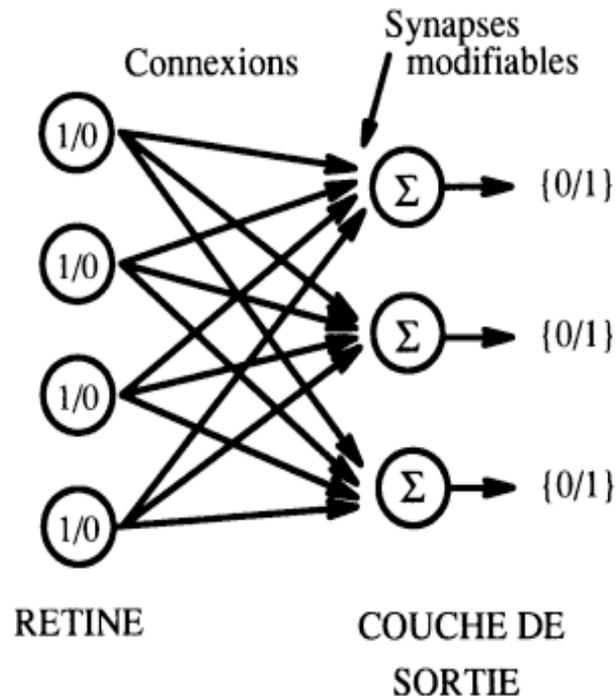
# Modèles : Réseaux de neurones



La mémoire du réseau est constituée par l'organisation des différents neurones composant le réseau et les poids synaptiques associés.

# Modèles :

# Le Perceptron de Rosenblatt



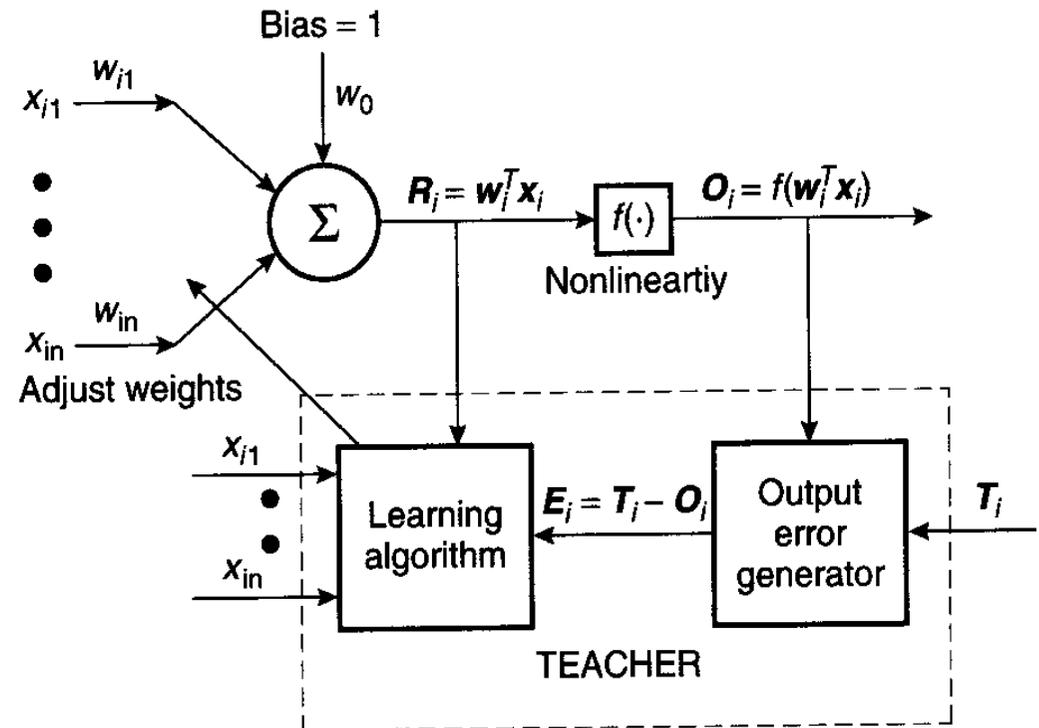
On donne un ensemble de stimuli (intensité des synapses ou des connexions) au perceptron de façon arbitraire et on observe le résultat. Si le perceptron commet des erreurs, on lui permet de modifier l'intensité des connexions: les cellules du perceptron apprennent. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que le perceptron soit capable de donner toutes les réponses correctes.

Les poids synaptiques des différentes connexions sont modifiés selon la règle de **Windrow-Hoff**

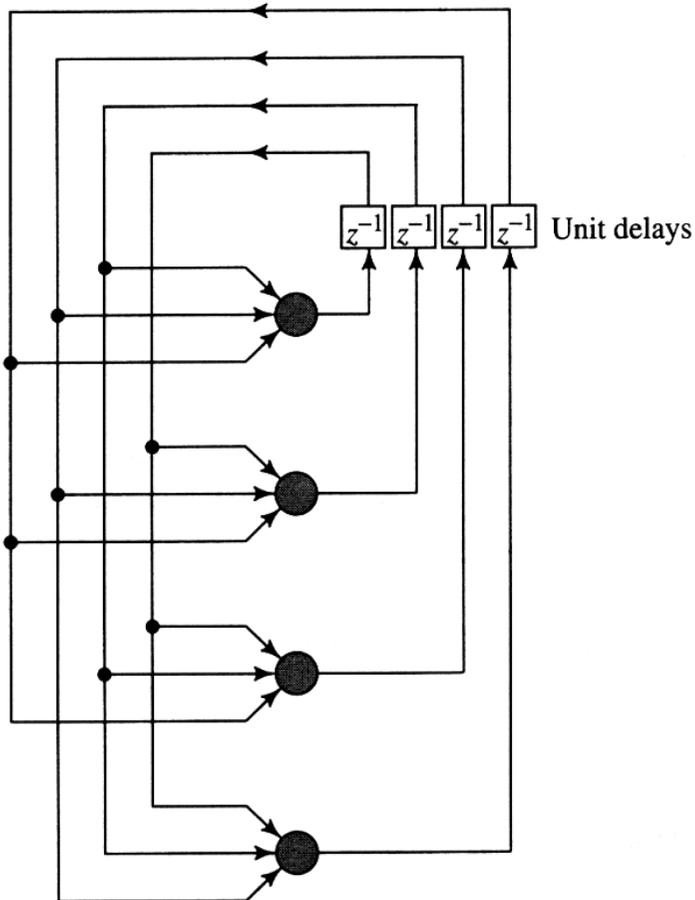
$$w_{ij}^{(t+1)} = w_{ij}^{(t)} + \eta(t_j - o_j)x_i = w_{ij}^{(t)} + \Delta w_{ij}$$

# Apprentissage: Apprentissage supervisé

- L'apprentissage est réalisé au moyen d'un module « enseignant »
- Une fois l'apprentissage réalisé le réseau fonctionne sur un mode déterministe



# Modèles : Les Réseaux de Hopfield

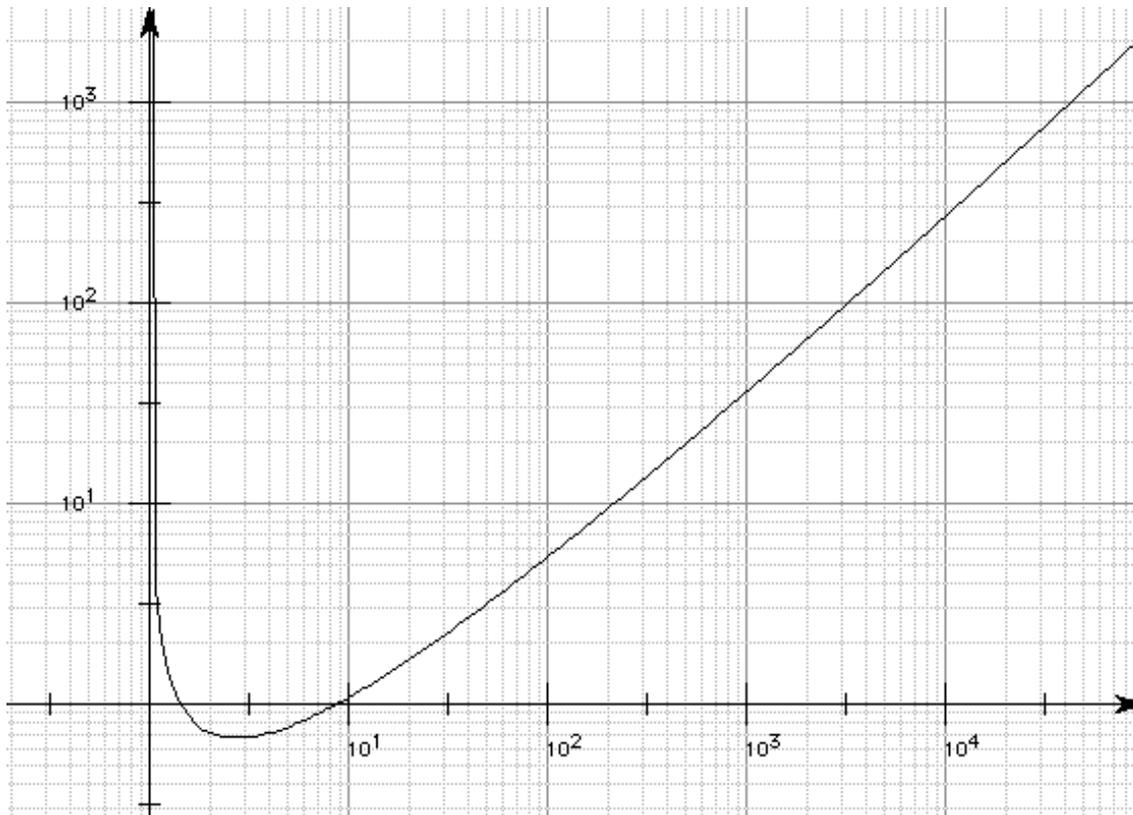


Mode opérationnel :

1. Apprentissage (détermination des poids synaptiques à partir d'exemples)
2. Initialisation (présentation du vecteur à identifier)
3. Itération  $\rightarrow$  convergence (c'est à dire jusqu'à ce que le vecteur d'état n'évolue plus)
4. Résultat (le vecteur d'état correspond alors au résultat)

Le résultat correspond à un minimum d'énergie du réseau

# Réseaux de Hopfield et mémoires associatives



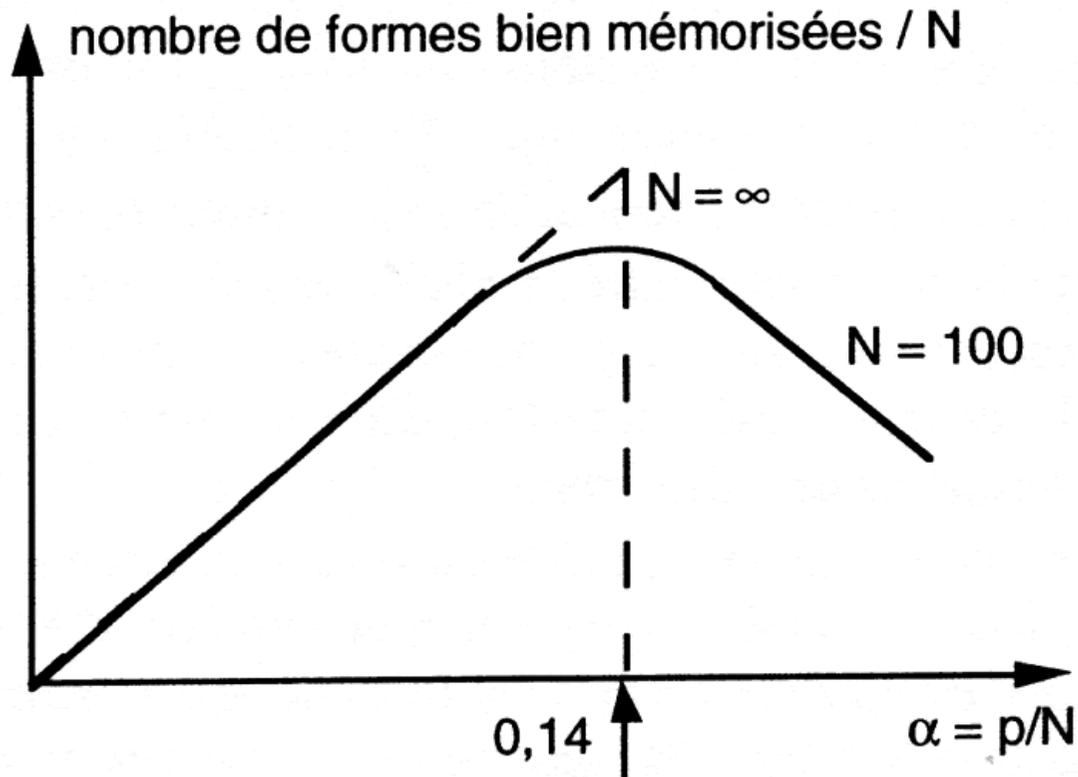
La capacité maximale du modèle de Hopfield (P) si l'on exige qu'il n'y ait aucune erreur est de l'ordre de :

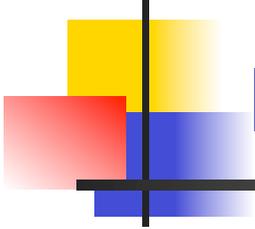
$$P \leq N / 4 \ln(N)$$

Komlos & Paturi 1988

# Réseaux de Hopfield

## Capacité de mémorisation





# Réseaux de Hopfield et mémoires associatives

---

La capacité du réseau peut être augmentée en accroissant l'ordre du réseau (Réseaux multi-couches)

Baldi & al Neural Networks orientation of the hypercube and algebraic threshold function (1988).

Dans tous les cas il existe une limite au nombre de prototypes pouvant être reconnus par le réseau.

Ces mémoires sont SATURABLES

# Apprentissage : Loi de Hebb

La loi de Hebb (Stent - 1973), relative à l'évolution du poids synaptique peut être exprimée de la façon suivante :

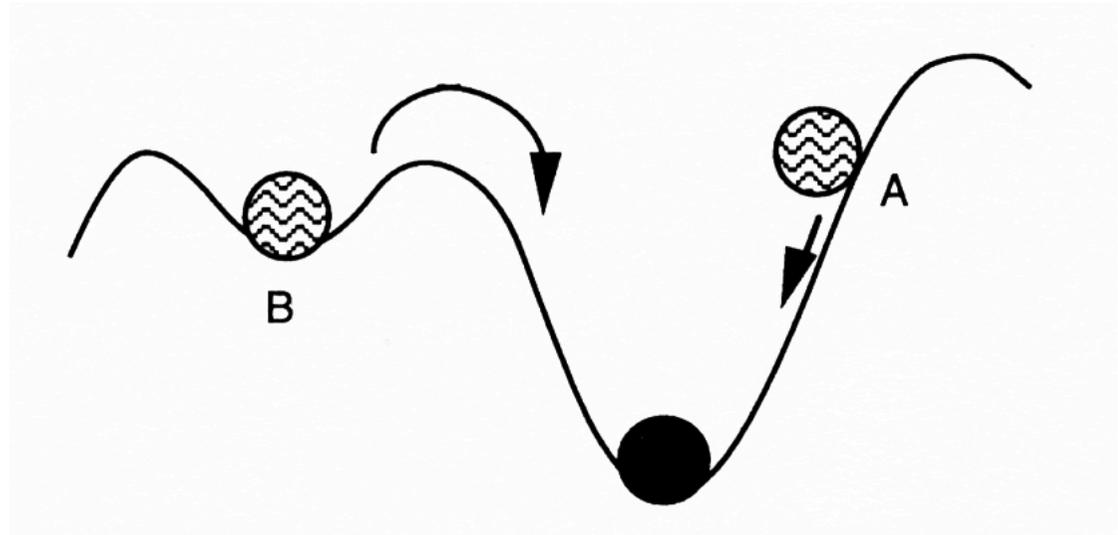


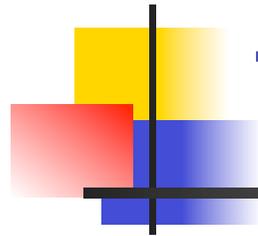
- Si deux neurones partageant une synapse (pré et post) sont activés simultanément (de façon synchrone), alors le poids de cette synapse est augmenté.
- Si deux neurones partageant une synapse sont activés de façon asynchrone, alors le poids de cette synapse est diminué.

# Apprentissage : Généralisation

De l'utilité du bruit :

En B le réseau a  
atteint un état  
d'équilibre erroné  
L'ajout de bruit  
permet d'atteindre  
la solution A





# Température et activation

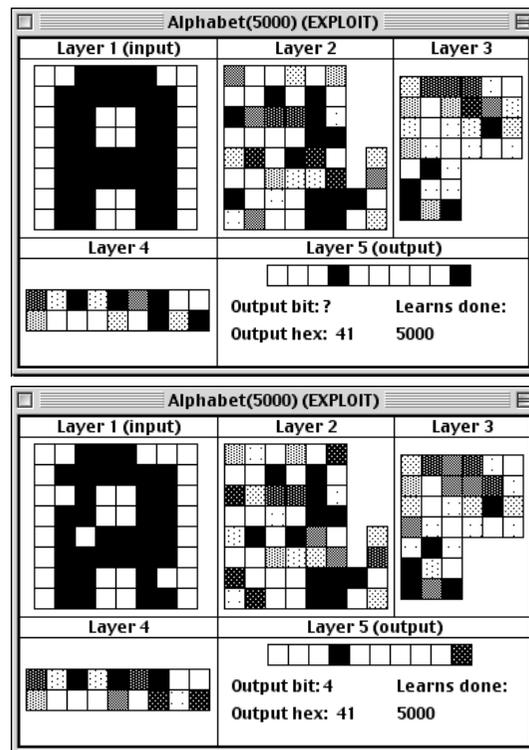
---

L'approche thermodynamique du traitement de l'information a été évoquée par Von Neuman en 1949 « Les paramètres propres aux automates mettent en jeu des variables dépendant de la température du système de façon similaire à ce qui est connu en thermodynamique »

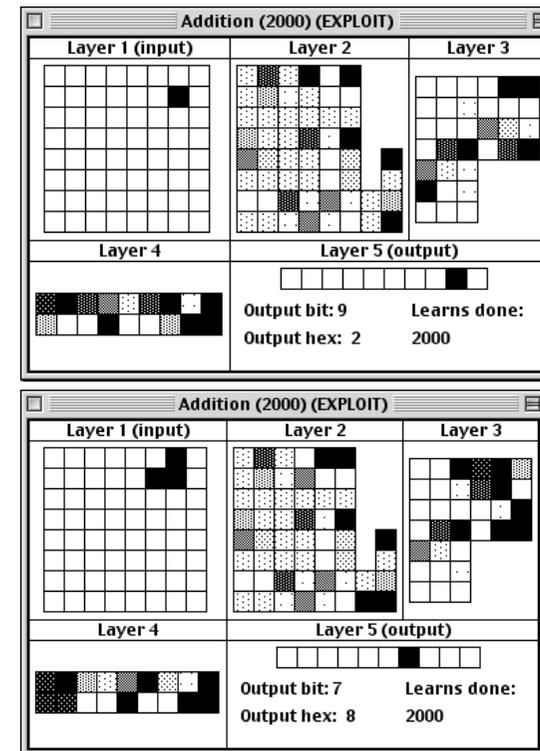
$$P_k = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{\Delta E_k}{T}\right)}$$

# Applications au traitement de données

## Reconnaissance de formes



## Calcul



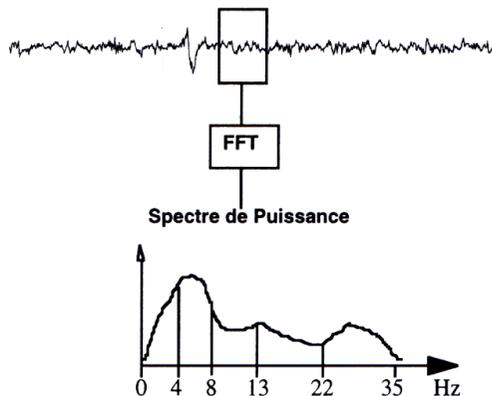
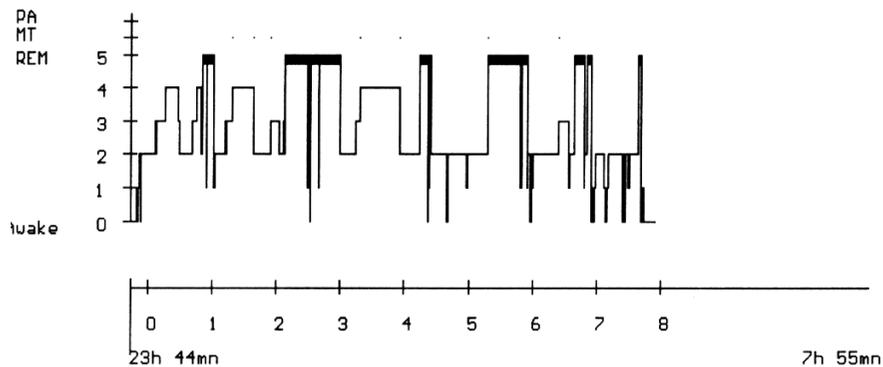
Exemples à partir du logiciel Neuron par Didier Cabuzel

# Application à l'analyse du sommeil

BUDAN3

- VISUAL ANALYSIS - CONSENSUS -

17/10/93



## Extraction

### EEG :

- 1: Puissance relative dans la bande  $\delta$  [0-4Hz]
- 2: Puissance relative dans la bande  $\theta$  [4-8Hz]
- 3: Puissance relative dans la bande  $\alpha$  [8-13Hz]
- 4: Puissance relative dans la bande  $\beta_1$  [13-22Hz]
- 5: Puissance relative dans la bande  $\beta_2$  [22-35Hz]
- 6: Puissance totale de l'EEG [0-35Hz]
- 7: Rapport  $\delta/\theta$
- 8: Rapport  $\alpha/\theta$
- 9: Fréquence moyenne de l'EEG
- 10: Dispersion du spectre EEG

### EOG :

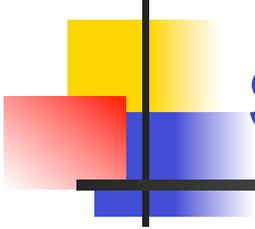
- 11: Puissance relative dans la bande [0-4Hz]
- 12: Puissance totale de l'EOG [0-35Hz]
- 13: Fréquence moyenne de l'EOG
- 14: Dispersion du spectre EOG

### EMG :

- 15: Puissance totale de l'EMG [0-35Hz]
- 16: Fréquence moyenne de l'EMG
- 17: Dispersion du spectre EMG

Erreur min inter-experts = 12,1%  
 Erreur min Réseau = 17%

D'après Schaltenbrand, Lengellé, Macher  
 Neural Network Model : Application to  
 Automatic analysis of sleep

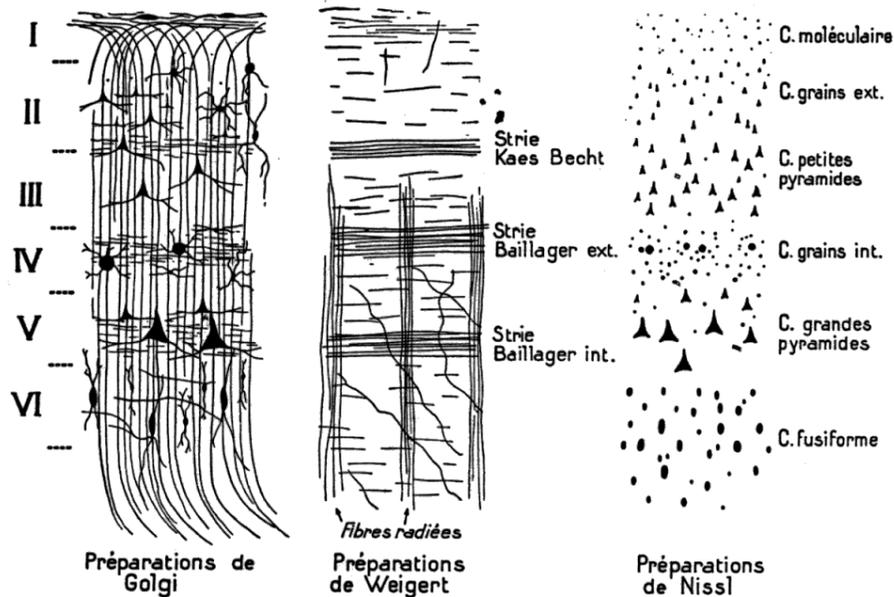


# Application à l'analyse du sommeil

Principe & Tom (1989)	Perceptron multicouches	78.8 à 96.9 %
Mamelak (1991) : analyse du sommeil chez le chat	Perceptron	93.8%
Pfurtscheller (1992) : analyse du sommeil du nouveau né	Perceptron multicouches Réseau de kohonen	80%
Schaltenbrand (1993)	Perceptron multicouches	83%
Grözinger (1995)	Réseau multicouches	88% (NREM) 40 à 60% (REM)
Robert (1996) : sommeil du rat	Perceptrons multicouches	94%

# Application à la modélisation en physiologie :

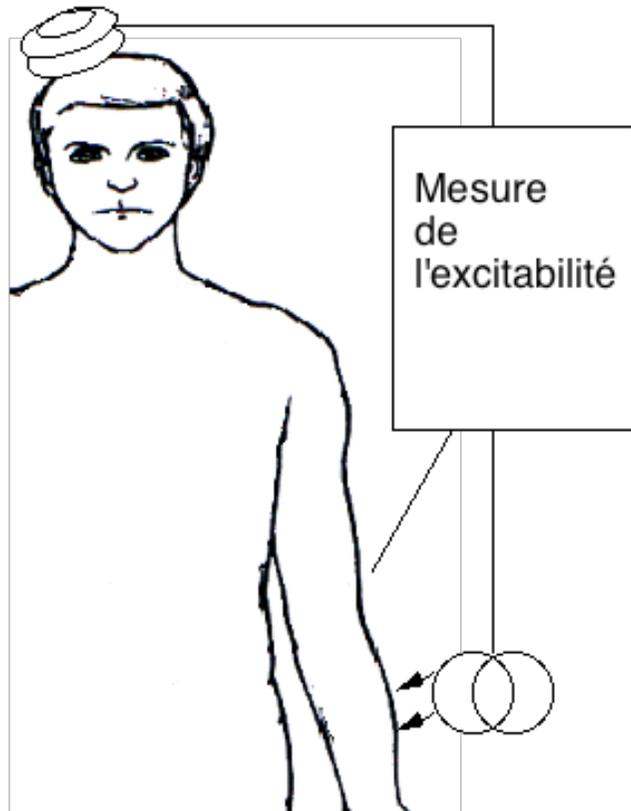
Les lois de Hebb sont elles applicables chez l'homme ?



Le câblage «orthogonal » des différentes couches corticales est accessible de façon spécifique par des stimulations magnétiques et électriques. Il est alors possible « d'adresser » des aires corticales au moyen de stimulations synchronisées

# Application à la modélisation en physiologie :

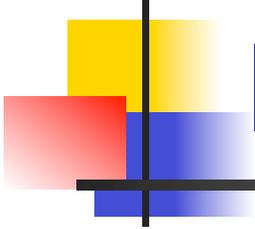
Stimulation Magnétique



Stimulation électrique

Mise en évidence chez l'homme d'une potentialisation Hebbienne corticale par stimulations Magnétiques et Electriques Synchronisées.

**Katja Stefan, Joseph Claßen & al ;  
Brain(2000), 123, 572-584 (Rostock)  
Synaptic modification by correlated  
activity : Hebb's postulate revisited  
Bi G; Poo M. Annu Rev Neurosci  
2001;24;139-66**



# Sommeil et Traitement de l'information

---

## Synchronisation EEG et loi de Hebb

Durant le sommeil à ondes lentes, la cohérence de l'activité Delta s'accroît avec la profondeur du sommeil (1). On observe un rapport de phase entre les aires frontales et occipitales (2). L'application du 2ème principe de la loi de Hebb suggère qu'une fonction de filtrage informationnel pourrait être associée au sommeil à ondes lentes et peut être de façon plus généralisée aux activités EEG synchrones.

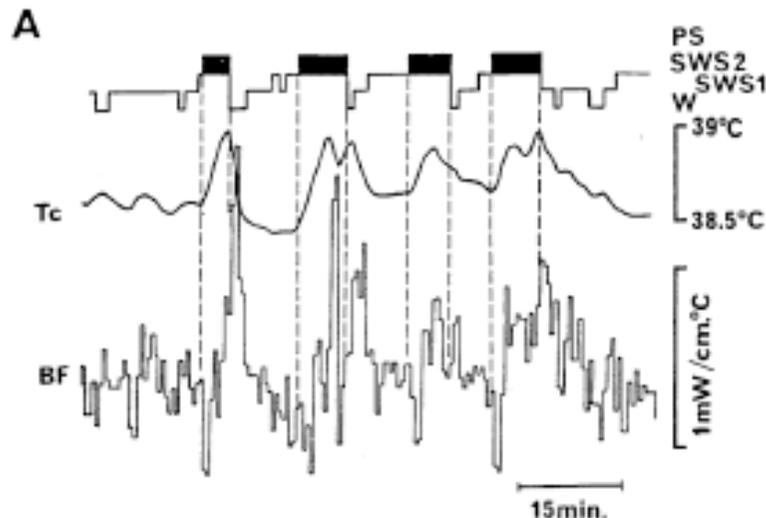
(1) Morvan C., Apports des Fonctions de Cohérence en Polysomnographie, Thèse Med Paris-Ouest 1991.

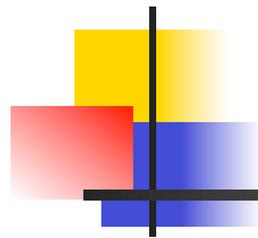
(2) Banquet J.P. Organisation spatio-temporelle de l'EEG des stades de sommeil. Rev EEG Neurophysiol, 11:75-81

# Sommeil et Traitement de l'information

## Sommeil paradoxal et généralisation

L'approche thermodynamique des réseaux de neurones et notamment le rôle de sources de bruit dans la généralisation des capacités de traitement de l'information suggère que les phénomènes observés durant le sommeil paradoxal (PGO, variations de température) pourraient jouer le rôle de sources de bruits.



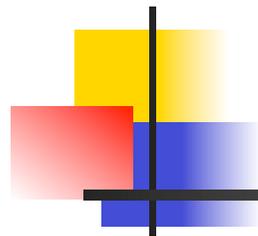


# Conclusion

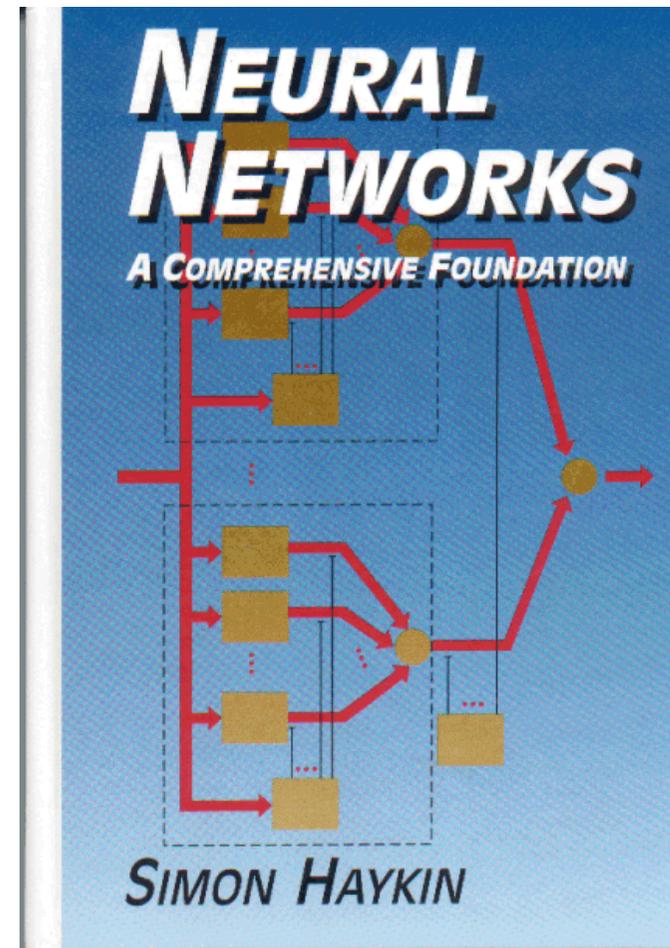
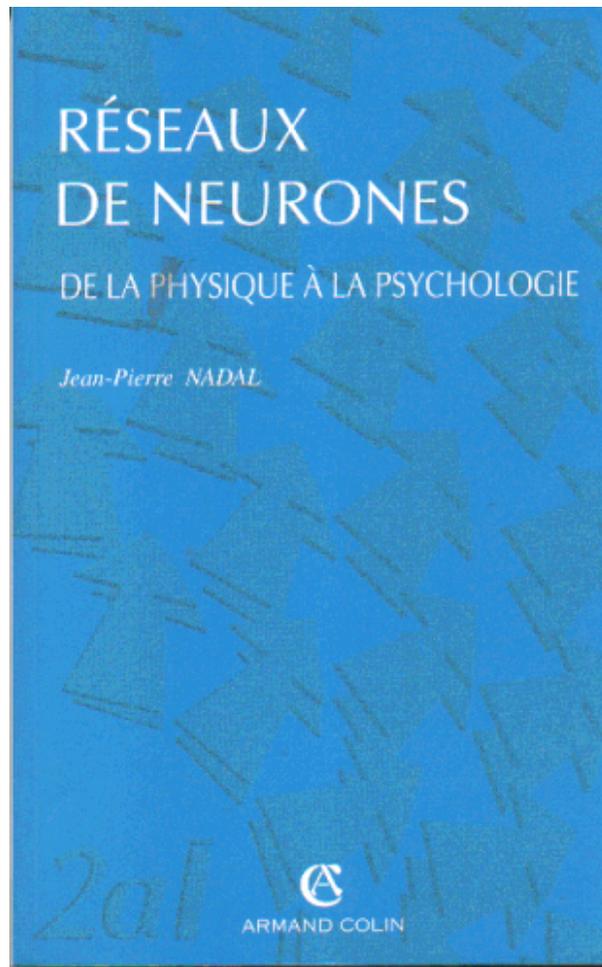
---

Les réseaux de neurones formels appliqués à l'analyse du sommeil sont utilisables avec des hauts taux de concordance par rapport au scoring visuel.

Si l'on considère le sommeil comme faisant partie intégrante d'un processus global de traitement de l'information le formalisme théorique des réseaux de neurones peut nous éclairer dans l'approche fonctionnelle du sommeil.



# Bibliographie



# Bibliographie

