

Recuit et sommeil paradoxal

D.Cugy¹, D.Bastard², J.Paty¹

¹ Clinique du sommeil, Hôpital Pellegrin, 33076 Bordeaux cédex
² E.N.S.E.R.B., 33400 Talence cédex

Le neurone réel stochastique :

Etant donné que les neurones réels biologiques sont en très grand nombre, ils sont régis par des phénomènes de type stochastiques statistiques.

Les réseaux qui correspondent le mieux à l'heure actuelle sont des réseaux à base de neurones formels stochastiques pour lesquels la sortie est conditionnée par une loi de probabilité qui fait intervenir un paramètre appelé "température" caractérisant la probabilité avec laquelle le système va s'activer.

La température est appelée ainsi par analogie avec les lois de répartition de Boltzman et de Fermi Dirac.

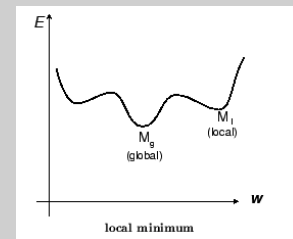
Les modèles formels de réseaux stochastiques et probabilistes

- Ces réseaux peuvent être modélisés au moyen de structures de type Hopfield.
- Ils sont régis par des lois d'apprentissage décrites par Hebb.
- Ils mettent en jeu des réseaux de neurones de type Boltzmann ou ART
-

Pour ce type de neurone l'état d'excitation de la sortie est liée aux entrées par la relation $S = \sum x_i (a_i)(t-1)$. Le terme en x_i traduit les poids synaptiques (mémoire structurelle du réseau), le terme $(a_i)(t-1)$ la dépendance d'état (mémoire d'état).

On montre que la mémorisation consiste à ajuster les poids synaptiques des connexions entre les différents neurones. La mémorisation se traduit par des puits d'attraction dans la surface d'énergie associée aux états possibles du réseau. Mais cette surface d'énergie peut présenter des états parasites associés à l'apprentissage et/ou aux apprentissages successifs.

Une méthode pour éviter ces états parasites consiste à utiliser ce que l'on appelle le recuit simulé.

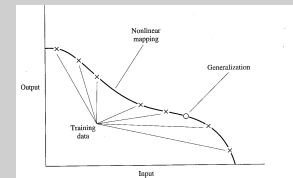
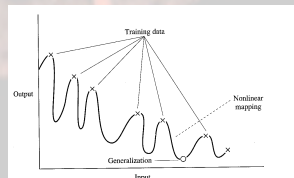


La fonction de recuit :

En métallurgie, le recuit consiste, pour un alliage, après une phase d'échauffement à le refroidir progressivement de façon à permettre une organisation des atomes caractérisée par un minimum d'énergie.

On montre que la mémorisation idéale des informations dans un réseau de neurones formel de type stochastique correspond à un état d'énergie minimum que l'on atteint par une méthode similaire dite "du recuit simulé"

Etats d'énergie avant/après recuit

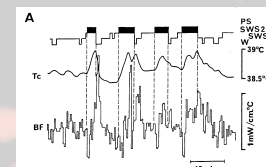


Température et sommeil paradoxal :

On met en évidence, notamment chez les mammifères l'existence de variations particulières de la température cérébrale survenant de façon spécifique lors du sommeil. Ces variations sont essentiellement caractérisées par une augmentation rapide de la température qui survient de façon spécifique en début de sommeil paradoxal, puis décroît progressivement et reste stable jusqu'à la phase suivante de sommeil paradoxal. L'amplitude des variations observées est de l'ordre de 0,5°C.

On sait d'autre part que la fréquence de décharge des neurones est liée à la température, ce qui s'exprime par le coefficient Q10 (Variation de la fréquence de décharge pour une augmentation de température de 10°C) dont la valeur est habituellement de 2 à 3.

La probabilité de décharge d'un neurone est ainsi d'autant plus élevée que la température est élevée.



Conclusion :

L'effet statistique de la température réelle sur le fonctionnement neuronal permet d'envisager l'utilisation d'un modèle formel stochastique. La fonction de recuit dans ce type de modèle permet de comprendre comment la rétention peut être la conséquence d'une minimisation des énergies. Cette minimisation de l'énergie implique un lissage c'est-à-dire en termes de comportement un oubli des états intermédiaires.

Nous nous proposons d'envisager sur le modèle du recuit l'approche du Sommeil Paradoxal dans les processus de mémorisation à long terme et d'oubli.