

CHAPITRE **- 1** Avant-propos

Il suivait son idée. C'était une idée fixe et il était surpris de ne pas avancer.

JACQUES PRÉVERT*

-1.1 Liminaire

Le texte qui va suivre représente l'esprit de l'exposé qui a été présenté, non la lettre. Le but de cette conférence était, au travers de 4 applications menées depuis 1990 par le groupe TNT, de montrer les raisons qui font que, bien que le ministère de l'industrie juge que les réseaux de neurones représentent une technique mûre, leur développement industriel, en France, est faible.

LES réseaux de neurones artificiels font partie de ces « nouvelles » « techniques » qui intéressent à la fois le monde industriel et le monde académique en ce qu'elles sont capables d'apporter des solutions à une très grande variété de problèmes difficiles à résoudre et même pour lesquels il ne devrait pas exister de solutions formelles.

Ces réseaux de neurones ont maintes fois prouvé leur efficacité dans les domaines éludés par les techniques d'intelligence artificielle traditionnelles en particulier ceux difficiles à résoudre par des systèmes basés sur des règles, ceux dont le contexte change au cours du temps par exemple. De fait, un réseau de neurones artificiels peut découvrir la ou les solutions sans qu'il soit nécessaire de décrire la nature de la tâche qu'il effectue ; il suffit de lui faire apprendre de « bons » exemples. La communauté scientifique a fourni ces dernières années une assise académique et théorique très large au domaine des machines à apprendre et le développement des connaissances est entré dans une phase de croissance rapide et approfondie. C'est l'échange d'idées et de techniques provenant de divers horizons scientifiques qui a présidé à cette explosion : physique statistique, analyse fonctionnelle, théorie de la régularisation, mathématiques, statistiques, théorie de l'apprentissage, théorie des systèmes dynamiques et théorie de la calculabilité (mais j'ai dû en oublier, ce ne sont là que les titres de certains chapitres ou annexes que vous trouverez dans la suite). La plupart des

* Citation de mémoire, mais d'où cela vient ? ...

succès, si ce n'est tous, remportés par les réseaux de neurones artificiels sont le fait de groupes possédant à la fois l'expertise industrielle et l'expertise académique. Et cela va sûrement se confirmer dans le futur.

Cela fait maintenant plus de cinquante ans que les réseaux de neurones artificiels sont apparus dans la littérature mais à leurs débuts les ordinateurs n'étaient guère développés si bien qu'il n'y eu aucune application industrielle si l'on excepte celle de Widrow (il y a en effet un neurone dans chaque modem). Il fallut attendre la popularisation des ordinateurs et l'augmentation de leur puissance pour voir apparaître des applications industrielles et commerciales.

Plus les algorithmes d'apprentissage utilisés sont efficaces, plus les ressources informatiques nécessaires (en terme de puissance brute et de mémoire) sont importantes ; si bien que l'essentiel des applications grand public des réseaux de neurones artificiels est encore à venir. En particulier dans les domaines liés à l'image et à la communication par l'image où la nécessité de traiter des données visuelles à la cadence vidéo impose un seuil de puissance aux machines, seuil qui vient seulement d'être franchi par les machines les plus performantes utilisées maintenant en laboratoire. Mais tout le monde connaît la loi de Moore, alors, dans un an et demi, les processeurs seront deux fois plus rapides et dans trois ans ils le seront quatre fois plus : la fracture technologique est déjà bien amorcée.

-1.1.1 Du point de vue de l'industrie

Ainsi que nous venons de le voir dans les exposés de Messieurs les directeurs de Siemens Nixdorf et de Thomson CSF, il existe des entreprises où la culture réseaux de neurones est bien établie. Les applications industrielles couvrent un certain nombre de marchés et, à l'évidence, le sujet est rentable. Malheureusement pour les experts en connexionnisme beaucoup d'entreprises ne possèdent pas cette culture. Et les décideurs répugnent à investir un domaine qu'ils ne comprennent pas. Il va donc falloir attendre qu'ils disparaissent et soient remplacés par des ingénieurs qui ont appris les réseaux de neurones à l'école. Il ne reste qu'une petite dizaine d'années à patienter.

Désolé.

Il existe cependant quelques entrepreneurs qui se sont lancés dans l'aventure. Ce sont justement ceux-là qui sont responsables de la plupart des échecs rencontrés par l'utilisation des réseaux de neurones artificiels. Je fonde cette accusation sur le fait que très souvent ils testent leurs applications avec la conception naïve que « possession vaut savoir » et qu'ayant acheté un outil logiciel ils n'ont alors pas besoin de connaissance en techniques neuromimétiques pour l'utiliser. Un peu comme s'il suffisait d'acheter une caisse à outils pour savoir réparer une voiture ! Incapables de faire fonctionner leurs applications ils en concluent que les réseaux de neurones ne sont pas adaptés à leurs problèmes et ne veulent pas dépenser plus, ni en temps ni en argent sur ce sujet. La communauté concernée hérite ainsi d'une mauvaise publicité.

Les réseaux de neurones doivent être utilisés, par des gens compétents donc, lorsque les méthodes traditionnelles ont échoué, car ce n'est pas la peine de faire compliqué si on peut faire simple (même si chacun d'entre nous a dans son esprit beaucoup d'exemples d'applications des théories shadokiennes). Les applications potentielles sont donc celles pour lesquelles :

- il y a beaucoup de bruit,
- l'environnement est évolutif,
- il n'existe pas de connaissance, et donc pas de description, des processus sous-jacents.

Il est vital que l'expert ait des connaissances à la fois en théorie des réseaux de neurones et dans

le domaine d'application considéré. Il est illusoire d'espérer de bonnes prévisions de séries financières, par exemple, sans connaissances approfondies à la fois dans les domaines des systèmes économiques mis en jeu et dans celui des réseaux de neurones.

Les domaines d'applications que l'on trouve sont aussi variés que la reconnaissance de la parole (bien que certain(e)s ne soient pas d'accord sur leurs avantages par rapport aux méthodes traditionnelles), le traitement d'image, la prédiction de séries temporelles (financières ou autres) ou encore le contrôle adaptatif.

-1.1.2 Du point de vue académique

Les réseaux de neurones sont devenus une discipline intellectuelle possédant des bases théoriques très solides. Une de ces méthodes est basée sur la version Bayésienne des statistiques et permet de reconnaître différents modèles [Mac92a, Mac92b]. D'autres, utilisées par Amari [Ama72] sont tirées de la théorie de l'estimation et de la géométrie différentielle ; elles donnent des théorèmes puissants sur les possibilités de généralisation. Une troisième, pronée par Valiant [Val84], est basée sur la théorie *probablement approximativement correct* (PAC) et une dernière est basée sur les théories de Vapnik [Vap95] ainsi que sur la notion de la capacité d'apprentissage de Vapnik-Chervonenkis. Cette dernière permet de donner des bornes à la capacité de généralisation ; c'est cette théorie que nous détaillerons dans le chapitre concernant l'apprentissage statistique.

N'oublions pas non plus, même si nous ne nous y attarderons pas, qu'un très gros travail est réalisé dans le domaine de la compréhension du cerveau biologique. Il est en effet possible d'incorporer utilement les réseaux de neurones artificiels aux recherches effectuées en neurosciences, médecine, pharmacie et psychologie. Le but étant de soigner un certain nombre de maladies. C'est ainsi que les travaux du LIMSI (Dominique Béroule [FH90] et Claire Nioche [Nio96]) ont permis de mieux cerner les origines de la maladie de Parkinson et de proposer un principe de traitement.

Les réseaux de neurones doivent être vus comme des outils performants mais pas universels. Ce serait une grave erreur technique et scientifique que de croire qu'ils peuvent à eux seuls résoudre tous les problèmes. Il faut généralement les associer à d'autres techniques comme la logique floue, les algorithmes génétiques, les systèmes experts. Une voie royale de collaboration avec les systèmes experts est de laisser au réseau de neurones le soin de trouver la solution, ce qu'il fait très généralement rapidement, et de demander au système expert de *vérifier* cette solution. À la fin du processus on possède ainsi la solution et le raisonnement qui conduit à cette solution. Ces méthodes *hybrides* sont en plein développement surtout au Japon à l'heure actuelle où les premiers produits sont déjà commercialisés. Il est clair que le prochain siècle sera celui du traitement adaptatif de l'information composé de modules issus de différents domaines des sciences de l'information.

-1.1.3 Quatre applications

- Convertisseur analogique numérique rapide pour la vidéo interactive
- Localisation d'avaries sur la carte du cœur de chaîne de l'OCB283 (avec Alcatel)
- Prévisions de séries temporelles
- Communication de groupe : LISTEN

Bibliographie

- [Ama72] S. Amari. Characteristics of random nets of analog neuron-like elements. *IEEE transactions on Systems man and Cybernetics*, SMC-2 :643–657, 1972.
- [FH90] F. Fogelman and J Hérault, editors. *Guided propagation : Current States of Theory and Applications*, volume F68 of ASI. NATO, 1990.
- [Mac92a] D. MacKay. Bayesian interpolation. *Neural Computation*, 4(3) :415–447, 1992.
- [Mac92b] D. MacKay. A practical bayesian framework for backpropagation networks. *Neural Computation*, 4(3) :448–472, 1992.
- [Nio96] Claire Nioche. *Un organe de contrôle inspiré de la neuromodulation pour les Réseaux à Propagation Guidée*. PhD thesis, Orsay, dec 1996.
- [Val84] L. G. Valiant. A theory of the learnable. *Communications of the ACM*, 27(11) :1134–1142, 1984.
- [Vap95] Vladimir N. Vapnik. *The Nature of Statistical Learning theory*. Springer, 1995.