6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans ce mémoire, nous avons présenté nos recherches sur les système hybrides neuro-symboliques (SHNS), et en particulier sur l'acquisition incrémentale de connaissances à partir de connaissances théoriques (règles symboliques) et de connaissances empiriques (exemples). Nous avons décrit un nouveau système hybride, nommé système INSS - *Incremental Neuro-Symbolic System,* que nous avons étudié et réalisé. Ce système permet le transfert de connaissances déclaratives (règles symboliques) d'un module symbolique vers un module connexionniste (réseau de neurones artificiel - RNA) à travers un convertisseur de règles en réseaux. Les connaissances du réseau ainsi obtenu sont affinées par un processus d'apprentissage à partir d'exemples. Ce raffinement se fait soit par ajout de nouvelles connaissances, soit par correction des inconsistances, grâce à l'utilisation d'un réseau constructif.

Nous avons aussi présenté notre méthode d'extraction incrémentale de règles qui a été intégrée au système INSS, ainsi que les algorithmes de validation des connaissances qui ont permis de mieux coupler les modules connexionniste et symbolique. Ainsi, le système que nous avons développé est-il caractérisé comme un outil d'apprentissage automatique qui possède la capacité de réaliser une acquisition constructive de connaissances.

Notre système a été testé sur plusieurs applications, en utilisant des problèmes académiques et des problèmes réels (diagnostic médical et contrôle d'un robot autonome). Les résultats obtenus montrent que le système INSS à des propriétés intéressantes et de nombreux avantages par rapport aux autres systèmes hybrides du même type :

- Il permet l'insertion et la représentation de connaissances de haut niveau (règles de haut niveau) dans les réseaux connexionnistes;

- Il est incrémental à plusieurs niveaux : les réseaux connexionnistes sont de type constructif, l'extraction de règles peut être réalisée de manière incrémentale, et les connaissances

peuvent évoluer à travers un processus cyclique, centré sur les réseaux neuronaux, "d'insertion-raffinement-extraction-validation";

- Il offre la possibilité de travailler avec des données qualitatives aussi bien qu'avec des données quantitatives;

- Il est capable de mieux exploiter les connaissances sur un problème donné, car il peut intégrer les deux types de connaissances usuellement disponibles : les connaissances théoriques et les connaissances empiriques;

- Il est très performant et sa réalisation modulaire et parametrable lui permet d'être facilement adaptable à différents types d'applications.

Notre principal apport au domaine de recherche en I.A. est donc la proposition d'un nouveau système intelligent hybride : *le système hybride neuro-symbolique INSS*, capable d'acquérir des connaissances théoriques et empiriques d'une façon constructive. Nous avons développé une nouvelle architecture de SHNS et de nouvelles méthodes d'insertion et d'extraction de connaissances à partir des réseaux de neurones. Cette architecture s'est révélée très utile dans les domaines d'application où le système INSS a été utilisé.

Ce travail a ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine de l'apprentissage automatique et des systèmes hybrides neuro-symboliques. Cependant, il restent encore des points à étudier et à développer plus profondément :

- L'étude des "règles de haut niveau", leur représentation et leur apprentissage par les réseaux de neurones ; leur application à des problèmes réels, et le développement de méthodes permettant de savoir quand il convient de les utiliser ;

- L'extraction de règles d'ordre 0^+ ou de règles de haut niveau. Actuellement, le système ne permet que l'extraction de règles d'ordre 0 (prédicats du type si-alors avec des opérateurs logiques simples);

- La possibilité de l'étude d'une nouvelle méthode d'extraction de règles à partir des réseaux basée sur des algorithmes génétiques, telle qu'elle a été proposée par G. Reyes dans son rapport d'études du D.E.A.;

- L'étude de la prise en compte du temps dans les réseaux, avec la possibilité d'utiliser des systèmes hybrides neuro-symboliques basés sur des réseaux récurrents;

- Le développement de nouvelles méthodes de validation des connaissances acquises de façon incrémentale. Le processus de validation de connaissances est très lourd du point de vue computationel, car il cherche à établir des relations entre *toutes* les connaissances disponibles. Il va falloir trouver de nouvelles méthodes optimisées pour la réalisation de cette tâche;

- La poursuite des expériences sur le problème de la balance, afin de mieux étudier l'évolution des connaissances et le passage d'un niveau cognitif à l'autre;

- La poursuite des expériences en robotique autonome, qui ont déjà donné des résultats très intéressants avec l'utilisation d'INSS. Le prochain pas serait de tenter d'intégrer différents comportements dans le système, comme par exemple : aller d'un point A à un point B, tout en évitant des obstacles;

- Le développement d'une interface graphique plus conviviale pour le système INSS.

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

** Liste des documents cités dans le corps du mémoire :*

[ABD 94] Abdi, Hervé. *Les Reseaux de Neurones.* Editions PUG (Presses Universitaires de Grenoble), Collection 'Sciences et Technologies de la Connaissance'. 1994.

[AHA 97] Aha, David W. (Ed.) *Lazy Learning*. Reprinted from: Artificial Intelligence Review, Vol.11:1-5, 432p., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. June 1997.

[AJJ 91] Ajjanagadde, V. & Shastri, L. *Rules and Variables in Neural Nets*. Neural Computation, 3, pp.121-134. 1991.

[ALC 93] d'Alché-Buc, Florence. *Modèles Neuronaux et Algorithmes Constructifs pour l'Apprentissage de Règles de Décision.* Thèse de Doctorat en Sciences. Loratoire LEP, Université de Paris-Sud XI - Centre d'Orsay, France. Décembre 1993.

[ALT 97] Althoff, K.-D.; Bergmann, R.; Wess, S.; Manago. M.; Auriol, E.; Larichev, O. I.; Bolotov, A.; Zhuravlev, Y. I.; Gurov, S. I. *Integration of Induction and Case-Based Reasoning for Decision Support Tasks in Medical Domains: The Inreca Approach*. AI in Medicine Journal, December 1997. Web: http://wwwagr.informatik.uni-kl.de/~althoff/althoff-pub.html

[AMA 95] Amat, J.L.; Yahiaoui, G. *Techniques Avancées pour le Traitement de l'Information : Réseaux de Neurones, Logique Floue, Algorithmes Génétiques*. Editions CEPADUES, France, 1995.

[AMY 96] Amy, Bernard. *Recherches et Perspectives dans le Domaine des Réseaux Connexionnistes.* Rapport de Recherche - DRET, Octobre 1996. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/

[AMY 97] Amy, B.; Danel, V.; Ertel, W.; Gonzalez, J.; Hilario, M.; Malek, M.; Nerot, O.; Osório, F.; Rialle, V.; Rida, A.; Schramm, M; Shultz, S.; Velazco, J. *MIX Medical Application (Final Report - Deliverable D16).* Technical Report, Projet Esprit-BRA 'MIX' - European Community. May 1997. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/MIX-FMR.ps.gz

[AND 95] Andrews, R.; Diederich, J.; Tickle, A.B. *A Survey And Critique of Techniques For Extracting Rules From Trained ANN.* Technical Report - Neurocomputing Research Centre, Queensland University of Technology - Brisbane, Australia. January 1995 (To appear in : Knowledge-Based Systems). Web: http://www.fit.qut.edu.au/NRC/ http:// Ftp: ftp://ftp.fit.qut.edu.au/pub/NRC/tr/ps/QUTNRC-95-01-02.ps.Z

[AND 96] Andrews, Robert & Diederich, Joachim. (Eds.) *Rules and Networks* - Proceedings of the Rule Extraction From Trained Artificial Neural Networks Workshop. SSAISB-AISB'96, University of Sussex, Brighton, UK. 2nd April. Published by QUT - Queensland Univ. of Technology, Australia. 1996.

[AYE 90] Ayel, Marc & Rousset, Marie-Christine. *La Cohérence dans les Bases de Connaissances*. Collection Intelligence Artificielle, Cepadues Editions, France. Août 1990.

[BAL 94] Baluja, Shumeet & Fahlman, Scott E. *Reducing Network Depth in the Cascade-Correlation Learning Architecture.* Carnegie Mellon University. Technical Report -CMU-CS-94-209. October 1994. Web: http://www.cs.cmu.edu/Reports/index.html

[BAL 95] Balakrishnan, Karthik & Honavar, Vasant. *Evolutionary Design of Neural Architectures - A Preliminary Taxonomy and Guide to Literature*. Technical Report: ISU CS-TR-95-01, AI group - Dept. Computer Science, Iowa State University. 1995. Web: http://www.cs.iastate.edu/~honavar/publist.html

[BEC 91] Becraft, W.R.; Lee, P.L.; Newell, R.B. *Integration of Neural Networks and Expert Systems*. In: Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence - IJCAI, Sydney - Autralia, pp.832-837. Morgan-Kaufmann, 1991.

[BIS 97] Bishop, Christopher. *Classification and Regression*. In: Handbook of Neural Computation (section B6.2). E. Fiesler and R. Beale (Eds.) Institute of Physics and Oxford University Press. New York, NY - U.S.A., 1997. Web: http://www.idiap.ch/publications/fiesler-96.1.bib.abs.html or http://www.oup-usa.org/acadref/nc_accs.html

[BLO 96] Blond, P.-Y. *Validation de Connaissances dans un Système Hybride Neuro-Symbolique à Apprentissage Incrémental.* Rapport du D.E.A. en Sciences Cognitives, Laboratoire LEIBNIZ - IMAG / INPG, Grenoble - France. Juin 1996.

[BLU 87] Blumer, A.; Ehrenfeucht, A.; Haussler, D.; Warmuth, M. *Occan's Razor*. Information Processing Letters, 24, pp.377-380. 1987.

[BOU 91] Bourret, P; Reggia, J.; Samuelides, M. *Réseaux Neuronaux : une Approche Connexionniste de l'Intelligence Artificielle.* Editions Teknea, France, 1991.

[BOZ 95] Boz, Olcay. *Knowledge Integration and Rule Extraction in Neural Networks*. Technical Report, EECS, Lehigh University. October 1995. Web: http://www.lehigh.edu/~ob00/integrated.html

[BOZ 97b] Boz, Olcay. *Converting a Trained Neural Net to a Decision Tree* - DECEXT (Decision Tree Extractor). Technical Report - University of Lehigh, U.S.A. Web: http://www.lehigh.edu/~ob00/integrated.html

[BRA 90] Bratko, Ivan. *Prolog Programming for Artificial Intelligence*. Addison-Wesley, 1990.

[BRE 84] Breiman, L.; Friedman, J. H.; Olshen, R. A.; Stone, C. J. *Classification and Regression Trees*. Belmont, CA: Wadsworth. 1984.

[BUC 94] Buckingham, David & Schultz, Thomas R. *A Connectionist Model of the Development of Velocity, Time and Distance Concepts.* Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society, pp. 72-77. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1994. Web: http://www.psych.mcgill.ca/labs/lnsc/html/Lab-Home.html (or Pub-cog-dev.html). Ftp: ftp://ego.psych.mcgill.ca/pub/shultz/vtd.ps.gz

[CAR 92] Carpenter, G. et al. *Fuzzy ARTMAP: A Neural Network Architecture for Incremental Supervised Learning of Analog Multidimensional Maps*. IEEE Transactions on Neural Networks 3(5), pp.698-713. September 1992. Web: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/fuzzy/systems/artmap/

[CAU 90] Caudill, Maureen. *Driving Solo*. AI Expert, September 1991.

[CAU 92] Caudill, Maureen & Butler, Charles. *Understanding Neural Networks - Vol.1: Basic Networks, Vol.2: Advanced Networks*. Bradford Books, MIT Press, 1992.

[CEN 87] Cendrowska, Jadzia. *PRISM: An Algorithm for Inducing Modular Rules.* International Journal of Man-Machine Studies, Vol.26, N.1,2,4; Vol.27,N.2,3,4. 1987.

[CES 87] Cestnik, B.; Kononenko, I.; Bratko, I. *ASSISTANT 86: A Knowledge-Elicitation Tool for Sophisticated Users*. In : Progress in Machine Learning, I. Bratko and N. Lavrac, Sigma Press, Wilmslow. 1987.

[CHE 97] Chentouf, Rachida. *Construction de Réseaux de Neurones Multicouches pour l'Approximation.* Thèse de Doctorat en Sciences Cognitives, Laboratoire TIRF - INPG, Grenoble - France, Mars 1997.

[COL 85] Colmerauer, A. *Prolog in 10 Figures*. Communications of the ACM, 28:12, pp.1296-1310. 1985.

[COX 92] Cox, Earl. *Integrating Fuzzy Logic into Neural Nets*. AI Expert, June 1992.

[CRA 96a] Craven, M. & Shavlik, J. *Extracting Tree-Structured Representations of Trained Networks*. Advances in Neural Information Processing Systems, MIT Press, Denver. pp.24-30. 1996.

[CRA 96b] Craven, Mark W. *Extracting Comprehensible Models from Trained Neural Networks*. Ph.D. Thesis - Dept. of Computer Science, Univ. of Wisconsin-Madison, U.S.A. 1996. Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/mlrg/publications.html

[CRA 97] Crampe, Isabelle. *Révision Interactive dans les Bases de Connaissances par Objets*. Thèse en Doctorat en Informatique, INRIA Rhône-Alpes, France. Octobre 1997.

[CUL 93] Culbert, C.; Riley, G. Donnel, B. *CLIPS Reference Manual, Basic Programming Guide - Version 6.0*. Lyndon B. Johnson Space Center, Software Technology Branch, NASA - U.S.A. 1993. Web: http://www.jsc.nasa.gov/~clips/CLIPS.html or http://home.haley.com/clips.html . Ftp: ftp://ftp.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/expert/systems/clips/0.html

[DAN 97] Danel, Vincent. *Des bases de cas vers l'aide à la connaissance : A propos des comas toxiques*. Thèse de Doctorat, spécialité : Génie Biologique et Médical. Laboratoire TIMC - IMAG, UJF. Grenoble - France. Octobre 1997.

[DAV 91] Davis, Lawrence. *Handbook of Genetic Algorithms*. Van Nostrand Reinhold. 1991.

[DAV 93] David, J.-M.; Krivine, J.-P.; Simmons, R. (Eds.) *Second Generation Expert Systems*. Springer-Verlag, 1993.

[DEC 95] Decloedt, Loïc. *Explicitation de Connaissances dans un Système Hybride d'Intelligence Artificielle*. Rapport du D.E.A. en Informatique, Laboratoire LIFIA - IMAG / INPG, Grenoble - France, Juin 1995. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/DEA/decloedt.dea.ps.gz

[DEC 96] Decloedt, L.; Osório, F.; Amy, B. *RULE_OUT Method: A New Approach for Knowledge Explicitation from Trained Artificial Neural Networks.* In: Rules and Networks

(Proceedings of the AISB'96 - Workshop on Rule Extraction from Trained Neural Nets), Andrews and Diederich Eds., Queensland University of Technology - QUT. pp.34-42, 1996. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/osorio.aisb96.ps.gz

[DEJ 88] De Jong, Kenneth A. *Learning with Genetic Algorithms: An Overview*. Machine Learning, 13, pp.121-138. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA - U.S.A. 1988.

[DEJ 90] De Jong, Kenneth A. *Genetic Algorithm-Based Learning*. In: Machine Learning - Vol.3. Y. Kodratoff et al. (Eds.), Chapter 21. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo. 1990.

[DEJ 93a] De Jong, Kenneth. *Apprentissage à partir d'Algorithmes Génétiques*. In: Apprentissage Symbolique - Une Approche de l'Intelligence Artificielle, Tome II. Y. Kodratoff, R. Michalski, J. Carbonell, T. Mitchell (Eds.), Editions Cépaduès, Toulouse - France. 1993.

[DEJ 93b] De Jong, K.; Spears, W.; Gordon, D. *Usign Genetic Algorithms for Concept Learning*. Machine Learning, 13, pp.161-187. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA - U.S.A. 1993.

[DIN 92] Dinsmore, John (Ed.) *The Symbolic and Connectionist Paradigms: Closing the Gap*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey. 1992.

[DUR 93] Durkin, J. *Expert Systems : Catalog of Applications.* Intelligent Computer Systems, Inc., Akron, Ohio, 1993.

[EIC 96] Eick, Christoph F. ; Kim, Yeong-Joon ; Secomandi, Nicola ; Toto, Ema**.** *DELVAUX - An Environment that Learns Bayesian Rule-Sets with Genetic Algorithms.* In : The Third World Congress on Expert Systems. Seoul, Korea, February, 1996. Web: http://www.cs.uh.edu/~yjkim/ or http://www.cs.uh.edu/~ceick/ceick.html

[ELM 93] Elman, Jeffrey L. *Learning and Development in Neural Networks: The Importance of Starting Small*. Cognition, 48(1993), pp.71-99. 1993. Web: http://crl.ucsd.edu/~elman/ . Ftp: ftp://crl.ucsd.edu/pub/neuralnets/cognition.ps.Z

[FAH 88] Fahlman, Scott E. *An Empirical Study of Learning Speed in Back-Propagation Networks.* Carnegie Mellon University - CMU. Computer Science Technical Report CMU-CS-88-162. September 1988. Web: http://www.cs.cmu.edu/Reports/index.html

[FAH 90] Fahlman, S. E.; Lebiere, C. *The Cascade-Correlation Learning Architecture*. Carnegie Mellon University - CMU, Computer Science Technical Report - CMU-CS-90-100. February

1990. Web: http://www.cs.cmu.edu/Reports/index.html . Ftp: ftp://archive.cis.ohio-state.edu/pub/neuroprose/fahlman.cascor-tr.ps.Z

[FAH 91] Fahlman, Scott E.*The Recurrent Cascade-Correlation Architecture.* Carnegie Mellon University - CMU. Computer Science Technical Report CMU-CS-91-100. May 1991. Web: http://www.cs.cmu.edu/Reports/index.html

[FAH 95] Fahlman, Scott. *Self-Configuring Network Architectures*. (Présentation orale) Workshop on Neural Network Design and Analysis - WNNDA. CUI, Université de Genève, Suisse. Jan. 1995.

[FEI 79] Feigenbaum, E.A., *Themes and Case Studies of Knowledge Engineering.* Expert Systems in the Micro-Eletronic Age, Ed. D. Michie, Edimburg University Press, 1979, pp.3-25.

[FES 96] Fessant, F; Partakelidis, P.; Giacometti, A. *Application des Réseaux de Neurones à L'Intelligence Artificielle : Extraction de connaissances et couplage dynamique dans les systèmes hybrides.* Rapport de fin d'études de la convention DRET n° 94.34.120.00.470.75.01. Laboratoire LEIBNIZ - IMAG / INPG, Grenoble - France. Janvier 1996. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html

[FES 97] Fessant, F; Gauthier, E.; Mekrez, I.; Pleynet, B.; Amy, B.; Memmi, D. *Application des Réseaux de Neurones à L'Intelligence Artificielle : Architectures modulaires pour le contôle en robotique.* Rapport de synthèse final, convention DRET n° 96.34.074.00.470.75.65. Laboratoire LEIBNIZ - IMAG / INPG, Grenoble - France. Août 1997. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/

[FIE 94a] Fiesler, E. *Neural Networks Formalization and Classification.* Computer Standard & Interfaces, Special Issue on Neural Networks Standards, John Fulcher (Ed.). V.16, N.3. Elsevier Sciences Publishers, Amsterdam, June, 1994. Web: http://www.idiap.ch/idiap-networks.html . Ftp: ftp://ftp.idiap.ch/pub/papers/neural/fiesler.formalization.ps.Z

[FIE 94b] Fiesler, Emile. *Comparative Bibliography of Ontogenic Neural Networks.* Proceedings of the International Conference on Artificial Neural Nets - ICANN'94. Sorrento, Italy, May 1994. Web: http://www.idiap.ch/idiap-networks.html . Ftp: ftp://ftp.idiap.ch/pub/papers/neural/fiesler.ontogenic-summary.ps.Z

[FIE 97] Fiesler, E. & Beale, R. *Handbook of Neural Computation*. Institute of Physics and Oxford University Press. New York, NY - U.S.A., 1997. Web: http://www.idiap.ch/publications/fiesler-96.1.bib.abs.html or http://www.oup-usa.org/acadref/nc_accs.html

[FIN 79] Findler, N. V. *Associative Networks - Representation and Use of Knowledge by Computers*. Academic Press, New York, 1979.

[FLE 93] Fletcher, J. & Obradovic, Z. *Combining prior Symbolic Knowledge and Constructive Neural Network Learning*. Connection Science, 5(3-4), pp.365-375, 1993.

[FLE 94] Fletcher, Justin Barrows S. *A Constructive Approach to Hybrid Architectures for Machine Learning*. Ph.D. Thesis. Washington State University, August 1994. Web: http://www.eecs.wsu.edu/~zoran/

[FLO 94] Floreano, Dario & Mondada, Francesco. *Automatic Creation of an Autonomous Agent: Genetic Evolution of a Neural-Network Driven Robot.* In: From Animals to Animats III - Proceedings of the 3rd. International Conference on Simulation of Adaptive Behaviour. MIT Press - Bradford Books, Cambridge - MA. 1994. Web: http://diwww.epfl.ch/ lami/team/mondada/

[FOR 82] Forgy, Charles L. *Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem.* Artificial Intelligence, 19, pp.17-37. 1982.

[FRE 90] Frean, M. *The Upstart Algorithm: A Method for Constructing and Training Feed-Forward Neural Networks*. Neural Computation, 2, pp.198-209, 1990.

[FU 89] Fu, LiMin. *Integration of Neural Heuristics into Knowledge-Based Inference*. Connection Science, 1, pp.325-340. 1989.

[FU 90] Fu, L.M. & Fu, L.C. *Mapping Rule-Based Systems into Neural Architecture*. Knowledge-Based Systems, 3(1), pp.48-56, March 1990.

[FU 91] Fu, LiMin. *Rule Learning by Searching on Adapted Nets*. In: Proceedings of the Ninth National Conference on Artificial Intelligence, pp.590-595. Anaheim - CA. 1991.

[FU 92] Fu, LiMin. *Knowledge Base Refinement by Backpropagation.* Data and Knowledge Engineering, 7, pp.35-46. 1992.

[FU 93] Fu, LiMin. *Knowledge-Based Connectionism for Revising Domain Theories*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol.23, N.1, January/February 1993.

[FU 94] Fu. LiMin. *Neural Networks in Computer Intelligence*. McGraw-Hill Publishing Inc., 1994.

[FU 94a] Fu, LiMin. *Rule Creation from Neural Networks*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol.24, N.8. August 1994.

[GAL 88] Gallant, S. I. *Connectionist Expert Systems*. Communications of the ACM, 31(2), pp.152-169. 1988.

[GAL 88] Gallant, S. I. *Connectionist Expert Systems*. Communications of the ACM, 31(2), pp.152-169. February 1988.

[GAL 93] Gallant, S. I. *Neural Network Learning and Expert Systems*. MIT Press, Cambridge, MA. 1993.

[GAL 93] Gallant, S. I. *Neural Network Learning and Expert Systems*. Bradford Books / MIT Press, Cambridge - MA, U.S.A. 1993.

[GAL 95] Gallant, S. I. *Expert Systems and Decision Systems Using Neural Networks*. In: The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. M. Arbib (Ed.), MIT Press, pp.377-380.1995.

[GAL 95] Gallant, Stephen I. *Expert Systems and Decision Systems Using Neural Networks*. In: The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. M. Arbib (Ed.), MIT Press, 1995.

[GIA 92] Giacometti, Arnaud. *Modèles Hybrides de l'Expertise*. Thèse de Doctorat en Informatique et Réseaux, Lab. LIFIA - IMAG, Grenoble / ENST Paris - France, Novembre 1992. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/ESEAUX-D-AUTOMATES/giacometti.these.ps.tar.gz

[GIA 93] Giarratano, Joseph C. *CLIPS User's Guide - Version 6.0*. Lyndon B. Johnson Space Center, Software Technology Branch, NASA - U.S.A. 1993. Web: http://www.jsc.nasa.gov/~clips/CLIPS.html or http://home.haley.com/clips.html . Ftp: ftp://ftp.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/expert/systems/clips/0.html

[GIA 94] Giarratano, Joseph & Riley Gary. *Expert Systems: Principles and Programming*. PWS Publising, 1994.

[GOL 89] Goldberg, David E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley, Reading, MA - U.S.A. 1989.

[GOL 94] Goldberg, D. & Corruble, V. *Algorithmes Génétiques : Exploration, Optimisation et Apprentissage Automatique*. Addison-Wesley, Paris - France. 1994.

[GON 96] González, J.C.; Velasco, J.R.; Iglesias, C.A. *Prototype of a Fuzzy-Neural Hybrid Model*. Evaluation report. Rapport Technique MIX/WP2/UPM/3.0, UPM, MIX Project deliverable D7. 1996.

[GOO 95] Goonatilake, Suran & Khebbal, Sukdev. (Eds.) *Intelligent Hybrid Systems*. John Wiley and Sons, London. 1995.

[GRE 93] Greene, David P. & Smith, Stephen, F. *Competition-Based Induction of Decision Models from Examples*. Machine Learning, 13, pp.229-258. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA - U.S.A. 1993.

[GUT 91] Gutknecht, M.; Pfeifer, R.; Stolze, M. *Cooperative Hybrid Systems*. In: Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence - IJCAI, pp.824-829. Morgan-Kaufmann Publisher, 1991.

[HAL 94] Halgamuge, S.K. *FuNeGen - Fuzzy Neural System*. Publié dans le WEB-Internet. Web: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/fuzzy/systems/funegen/

[HAL 95] Hallam, John (Ed.).*Hybrid Problems, Hybrid Solutions*. Proceedings of the AISB'95. IOS Press, 1995.

[HAL 97] Haley, Paul. *ECLIPSE* - WWW Internet site, Halley Enterprise. 1997. Web: http://home.halley.com/eclipse.html

[HAT 89] Haton, J. P. & Haton, M. C. *L'Intelligence Artificielle*. Collection 'Que sais-je', No. 2444, PUF, Paris - France. 1989.

[HAT 90] Haton, Jean-Paul. *Les Systèmes à Bases de Connaissances.* In: Artificial Intelligence IV: Methodology, Systems, Applications - Proceedings of AIMSA'90 - Albena, Bulgaria. Jorrand, Ph. and Sgurev, V. (Eds.). Amsterdam, APIA - Elsevier Science Publishers. Sept. 1990.

[HAY 83] Hayes-Roth, F.; Waterman, D.; Lenat, D. (Eds.). *Building Expert Systems,* V.1. Addison-Wesley Publishing Company Inc., Reading, Massachusetts, U.S.A., 1983.

[HAY 94] Hayashi, Y. & Buckley, J. J. *Approximations Between Fuzzy Expert Systems and Neural Networks*. International Journal of Approximate Reasoning, Vol.10, pp.63-73. 1994

[HAY 96] Hayward, Ross & Diederich, Joachim. *Implementation of a SHRUTI Knowledge Representation and Reasoning System*. In: Proceedings of the ECAI'96 Workshop on Neural Networks and Structured Knowledge. Budapest, Hungary. August 1996.

[HEN 89] Hendler, J. *Marker-Passing over Microfeatures: Towards a Hybrud Symbolic/Connectionist Model*. Connection Science, 13, pp.79-106. 1989.

[HER 94] Herault, J. & Jutten, C. *Réseaux Neuronaux et Traitement du Signal*. Editions Hermès, Paris, 1994.

[HIL 93] Hilario, Melanie. *MIX: Modular Integration of Connectionist and Symbolic Processing in Knowledge-Based Systems.* Proposal for Basic Research Project - Esprit BRA, EEC, n° 09119.

[HIL 94a] Hilario, M.; Pellegrini, C.; Alexandre, F. *Modular Integration of Connectionist and Symbolic Processing.* In : Knowledge-Based Systems - Proceedings of the ISIKNH'94: International Symposium on Integrating Knowledge and Neural Heuristics, pp. 123-132. Pensacola, Florida: May 1994. Ftp: ftp://cui.unige.ch/AI/mix/isiknh-94.ps

[HIL 94b] Hilario, Melanie et al. (Eds.) *Combining Symbolic and Connectionist Procesing*. Proceedings of the ECAI'94 Workshop. Amsterdan, The Netherlands, August 1994.

[HIL 95c] Hilario, M.; Rida, Ahmed; Orsier, Bruno; Stückelberg, M. *Model-Based Knowledge Engineering for MLP Configuration*. Technical Report - Implementation Report, Projet Esprit-BRA 'MIX' - European Community. Deliverable S4.1. December 1995. Web: http://cuiwww.unige.ch/AI-group/home.html (also in MIX ftp-loria repository)

[HIL 96b] Hilario, M. *An Overview of Strategies for Neurosymbolic Integration.* In: Connectionist-Symbolic Integration: From Unified to Hybrid Approaches. Ron Sun (Ed.) - Chapter 2. Kluwer Academic Publishers, 1996. Ftp: ftp://cui.unige.ch/AI/

[HIN 89] Hinton, G. E. *Connectionist Learning Procedures*. Artificial Intelligence Journal, 40, pp.185-234. Elsevier Publishing, 1989.

[HOL 75] Holland, John H. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press. 1975.

[HOL 86] Holland, J. *Escaping Brittleness: The Possibilities of General-Purpose Learning Algorithms Applied to Parallel Rule-Based Systems*. In: Machine Learning - An Artificial Intelligence Approach, Volume II. R. Michalski et al. (Eds.), Morgan Kaufmann. 1986.

[HOL 87] Holland, J.; Burks, A. *Adaptive Computing System Capable of Learning and Discovery*. U.S. Patent 4,697,242. Issued September 29, 1987.

[HOM 95] Homaifar, A. & McCormick, E. *Simultaneous Design of Membership Functions and Rule Sets for Fuzzy Controllers Using Genetic Algorithms*. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol.3, Issue 2. May 1995.

[HON 94] Honavar, V. & Uhr, L. (Eds.) *Artificial Intelligence and Neural Networks: Steps Toward Principled Integration*. Academic Press, Boston - MA. 1994.

[HON 95] Honavar, V., and Uhr, L. *Integrating Symbol Processing and Connectionist Networks.* In: Intelligent Hybrid Systems. S. Goonatilake and S. Khebbal (Eds.), London, John Wiley and Sons. 1995. Web: http://www.cs.iastate.edu/~honavar/Papers/ (hybrid94.ps)

[IIT 96] ITI - Institute for Information Technology. *Fuzzy CLIPS*. Publié dans le WEB-Internet. IIT - NRC, Canada. Web: http://ai.iit.nrc.ca/fuzzy/fuzzy.html

[JAN 93] Jang, Jyh-Shing. *ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference Systems*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. May 1993. Web: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/fuzzy/systems/anfis/

[JAN 96] Jang, J.-S. R.; Sun, C.-T.; Mizutani, E. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Prentice Hall, 1997.

[JAN 96] Jang, J.-S. R.; Sun, C.-T.; Mizutani, E. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Prentice Hall Publishing Co., September 1996. Web: http://www.cs.nthu.edu.tw/~jang/book/

[JOD 94a] Jodouin, Jean-François. *Les Réseaux de neurones : Principes et définitions*. Editions Hermès, Paris, 1994.

[JOD 94b] Jodouin, Jean-François. *Les Réseaux Neuromimétiques : Modèles et applications*. Editions Hermès, Paris, 1994.

[KAN 92] Kandel, Abraham & Langholz, Gideon. *Hybrid Architectures for Intelligent Systems.* CRC Press, Boca Raton - Florida, 1992.

[KAS 90] Kasabov, Nikola K. *Hybrid Connectionist Rule-Based Systems*. In: Artificial Intelligence IV: Methodology, Systems, Applications. Proceedings of AIMSA'90 - Albena, Bulgaria. P. Jorrand and V. Sgurev (Eds.). Amsterdam, APIA - Elsevier Science Publishers. September 1990.

[KAS 95] Kasabov, N. *Learning Fuzzy Rules and Approximate Reasoning in Fuzzy Neural Networks and Hybrid Systems*. Fuzzy Sets and Systems. Special Issue, pp.1-19. 1995. Web: http://divcom.otago.ac.nz:800/COM/INFOSCI/KEL/

[KAS 96] Kasabov, N.K. *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engeneering*. Cambridge, Massachussets, MIT Press. 1996. Web: http://divcom.otago.ac.nz:800/COM/INFOSCI/KEL/

[KIL 97] Kilgour, Richard. *FuzzyCOPE 1, FuzzyCOPE2 and FuNN*. Publié dans le WEB-Internet. Web: http://divcom.otago.ac.nz:800/COM/INFOSCI/KEL/software.htm

[KLE 56] Kleene, S. C. *Representation of Events in Nerve Nets and Finite Automata*. In: Automata Studies. Shannon, C. and McCarthy, J. (Eds.). pp.3-41, Princeton University Press, Princeton - NJ. 1956.

[KOL 93] Kolodner, J. *Case-Based Reasoning*. Morgan Kaufmann Publishers Inc. 1993.

[KON 96] König, Thomas. *Comp.graphics.apps.gnuplot FAQ* (Usenet Frequently Asked Questions - Gnuplot). Web: http://wwwfg.rz.uni-karlsruhe.de/~ig25/gnuplot-faq.html

[KOZ 92] Koza, John R. *Genetic Programming : On the Programming of Computers by Means of Natural Selection (Complex Adaptive Systems).* MIT Press, 1992.

[KRO 92] Krovvidy, S. & Wee, W.G. *An Intelligent Hybrid System for Wastewater Treatment*. In: Hybrid Architectures for Intelligent Systems (Chapter 17), A. Kandel and G. Langholz (Eds.) - CRC Press, Boca Raton, Florida. 1992.

[KRZ 97] Krzysztof, J. C. & Pedrycz, W. *Neuro-Fuzzy Systems*. In: Handbook of Neural Computation (section D1). E. Fiesler and R. Beale (Eds.) Institute of Physics and Oxford University Press. New York, NY - U.S.A., 1997. Web: http://www.idiap.ch/publications/fiesler-96.1.bib.abs.html or http://www.oup-usa.org/acadref/nc_accs.html

[LAB 93] Labbi, Abderrahim. *Sur l'Approximation et les Systèmes Dynamiques dans les Réseaux Neuronaux*. Thèse de Doctorat en Mathématiques Appliquées, Laboratoire LIFIA - IMAG, Grenoble - France, Décembre 1993.

[LAL 96] Lallement, Yannick. *Intégration Neuro-Symbolique et Intelligence Artificielle: Applications et Implantation Parallèle.* Thèse de Doctorat en Informatique, CRIN-INRIA Lorraine, Université Henri Poincarré - Nancy I, France, Juin 1996. Web: http://www.loria.fr/exterieur/equipe/rfia/cortex/ . Ftp: ftp://ftp.loria.fr/pub/loria/rfia/publications/cortex

[LEC 88] LeCun, Y. *Learning Process in an Asymetric Threshold Network*. Disordered Systems and Biological Organisation. E Beinenstock, F. Fogelman-Soulié and G. Weisbuch (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, pp.33-48. 1988.

[LEC 90] LeCun, Y.; Denker, J. S.; Solla, S.A. *Optimal Brain Damage* ; Advances in Neural Information Processing Systems 2, D.S. Touretzky (Ed.), Morgan Kauffmann publishers, 1990.

[LEE 95] Lee, S.-J. & Jone, M.-T. *A Symbolic Logic Approach of Deriving Initial Neural Network Configurations for Supervised Classification*. Computers and Artificial Intelligence, vol.14(4), pp.317-337. 1995.

[LET 92] Letz, R.; Bayerl, S.; Bibel, W. *SETHEO: A High-Performance Theorem Prover*. Journal of Automated Reasoning, 8(2), pp.183-212. 1992.

[LIA 94] Liaw, Andy & Crawford, Dick. *Gnuplot 3.5 - User's Guide*. Software introduction guide (available through the WWW-Internet). Web: http://www.cs.dartmouth.edu/gnuplot_info.html . Ftp: ftp://ftp.dartmouth.edu/pub/gnuplot/

[LIN 80] Lindsay, R.; Buchanan, B.; Feigenbaum, E.; Lederberg, J. *Applications of Artificial Intelligence for Chemical Inference: The Dendral Project.* McGraw-Hill, NY, 1980.

[MAH 93] Mahoney, J. & Mooney, R. *Combining Connectionist and Symbolic Learning to Refine Certainty-Factor Rule-Bases*. Connection Science, 5(1993), pp.339-364. 1993. Web: http://net.cs.utexas.edu/users/ml/ . Ftp: ftp://ftp.cs.utexas.edu/pub/mooney/papers

[MAH 96] Mahoney, J. Jeffrey. *Combining Symbolic and Connectionist Learning Methods to Refine Certainty-Factor Rule Bases*. Ph.D. Thesis, Dept. of Computer Science, Univ. of Texas at Austin, May 1996. Web: http://net.cs.utexas.edu/users/ml/ . Ftp: ftp://ftp.cs.utexas.edu/pub/mooney/papers (rapture-dissertation-96.ps.Z)

[MAL 95] Malek, M. & Labbi, A. *Integration of Case-Based Reasoning and Neural Approaches for Classification*. Rapport Technique - RT 131, LIFIA, IMAG. Grenoble, France. 1995. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html

[MAL 96a] Malek M., Amy B. *A Preprocessing Model for Integrating Case-Based Reasoning and Prototype-Based Neural Network.* Connectionist Symbolic Integration, Lawrence, Erlbaum Associates. 1996. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html

[MAL 96b] Malek, Maria. *Un modèle hybride de mémoire pour le raisonnement à partir de cas.* Thèse de Doctorat en Informatique, Lab. LEIBNIZ - Université Joseph Fourier, IMAG, Grenoble - France, Octobre 1996. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/malek.these.ps.gz

[MAR 93] Mareschal, D. & Schultz, T. R. *A Connectionnist Model of the Development of Seriation.* Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society, pp. 676-681. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1991. Web: http://www.psych.mcgill.ca/labs/lnsc/html/Lab-Home.html (or Pub-cog-dev.html). Ftp: ftp://ego.psych.mcgill.ca/pub/shultz/seriat.ps.gz

[MCC 43] McCulloch, W. S. & Pitts, W. A. *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*. Bulletin of Mathematical Biophysics, 5:115-133. 1943.

[MCC 89] McClelland, J.L. *Parallel Distributed Processing : Implications for Cognition and Development.* In : Morris, R. G. M. (Ed.). Parallel Distributed Processing : Implications for Psychology and Neurobiology. Oxford University Press. 1989.

[MED 92] Medsker, L. & Bailey, D. *Models and Guidelines for Integrating Expert Systems and Neural Networks*. In: Hybrid Architectures for Intelligent Systems (Chapter 8), A. Kandel and G. Langholz (Eds.) - CRC Press, Boca Raton, Florida. 1992.

[MED 94] Medsker, L.R. *Hybrid Neural Network and Expert Systems*. Kluwer Academic Publishers, Boston. 1994.

[MED 94] Medsker, L.R. *Hybrid Neural Network and Expert Systems*. Kluwer Academic Publishers, Boston. 1994.

[MED 95] Medina, C. & Pratt, L.Y. *NNES: A Neural Network Explanation System for Transforming Trained Neural Networks into Decision Trees.* International Joint Conference on Artificial Intelligence - IJCNN'95 (Submitted), 1995. Web: http://vita.mines.colorado.edu:3857/0/lpratt . Ftp: ftp://franklinite.mines.edu/pub/pratt-papers/nnes-ijcai.ps.Z

[MED 95] Medsker, L.R. *Hybrid Intelligent Systems*. Kluwer Academic Publishers, Boston. 1995.

[MEK 97] Mekrez, Idriss. *Application de Réseaux de Neurones Récurrents au Contrôle d'un Robot Autonome.* Rapport du D.E.A. en Sciences Cognitives, Laboratoire LEIBNIZ - IMAG / INPG, Grenoble - France. Juin 1997. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/

[MEM 97] Memmi, Daniel. *The Implicit/Explicit Distinction in Connectionism and Symbolic Artificial Intelligence*. Cognitive Systems, 5(1), pp.17-35. October 1997.

[MIC 96] Michalewicz, Zbigniew. *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. Springer-Verlag. 1996.

[MIC 96] Michel, Olivier. *Khepera Simulator version 2.0 - User Manual*. Université de Nice - Sophia Antipolis, Laboratoire I3S, CNRS. France. March 1996. Web: http://wwwi3s.unice.fr/~om/khep-sim.html ou http://diwww.epfl.ch/lami/team/michel/khep-sim/

[MIN 75] Minsky, Marvin. *A framework for Representing Knowledge*. In: The Psychology of Computer Vision, Wiston (Ed.), MacGraw-Hill, New York. 1975.

[MIN 90] Minsky, Marvin. *Logical vs. Analogical or Symbolic vs. Connectionist or Neat vs. Scruffy.* In: Artificial Intelligence at MIT - Expanding Frontiers, P. Winston (Ed.), vol.1, MIT Press (reprinted in AI Magazine). 1990. Web: http://www.ai.mit.edu/people/minsky/minsky.html

[MIT 93] Mitchell, T. & Thrun, S. *Explanation-Based Learning: A Comparison of Symbolic and Neural Network Approaches*. In: Proceedings of the Tenth International Conference on Machine Learning, P. Utgoff (Ed.), Morgan Kaufmann, San Mateo, CA - U.S.A. 1993. Web: http://www.informatik.uni-bonn.de/~thrun/mitchell.EBL-ml93.ps.Z

[MIT 93] Mitchell, Tom M. & Thrun, Sebastian B. *Explanation Based Learning: A Comparison of Symbolic and Neural Network Approaches*. In: Proceedings of Tenth International Conference on Machine Learning, Amherst, MA. 1993.

[MIT 97] Mitchell, Tom M. *Machine Learning*. McGraw-Hill Publishing Company, McGraw-Hill Series in Computer Science (Artificial Intelligence). 1997.

[MOL 90] Moller, Martin F. *A Scaled Conjugate Gradient Algorithm for Fast Supervised Learning*. Technical Report PB-339 - Compter Science Dept., University of Aarhus, Denmark. November 1990. Ftp: ftp://archive.cis.ohio-state.edu/pub/neuroprose/moller.conjugate-gradient.ps.Z

[MON 93] Mondada, F.; Franzi, E.; Ienne, P. *Mobile Robot Miniaturization: a Tool for Investigation in Control Algorithms*. ISER'93, Kyoto, Japan, October 1993. Web: http://diwww.epfl.ch/lami/robots/K-family/ . Ftp: ftp://lamiftp.epfl.ch/khepera/papers/ mondada. ISER93.ps.Z

[MOO 94] Moody, J. *Prediction Risk and Architecture Selection for Neural Networks* ; From Statistics to Neural Networks: Theory and Pattern Recognition Applications, NATO ASI Series F. Springer-Verlag, 1994. Web: http://www.cse.ogi.edu/~moody/pubs.html . Ftp: ftp://neural.cse.ogi.edu/pub/neural/papers/moody94.predictionrisk.ps.Z

[NAD 93] Nadal, Jean-Pierre *Réseaux de neurones : de la physique a la psychologie*. Editeur Armand Colin, 1993.

[NAU 95b] Nauck, Detlef. *Beyond Neuro-Fuzzy: Perspectives and Directions*. In: Proceedings of the Third European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing - EUFIT'95, Aachen, pp.1159-1164. August 1995. Web: http://www.cs.tu-bs.de/~nauk

[NAU 97] Nauck, D.; Nürnberger, A.; Kruse, R. *NEFCON, NEFCLASS and NEFPROX*. Publié dans le WEB-Internet. Web: http://fuzzy.cs.uni-magdeburg.de/nnfuz.html or http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/fuzzy/systems/nefcon

[NAZ 97] Nazareth, Derek. *Knowledge-Based Systems Validation, Verification & Testing*. Ressource Guide - Available through Internet - University of Wisconsin-Milwaukee (UWM). 1997. Web: http://www.uwm.edu/~derek/kbsvvt/

[NIK 97] Nikolopoulos, Chris. *Expert Systems - Introduction to First and Second Generation and Hybrid Knowledge Based Systems.* Marcel Dekker Inc. Press, 1997.

[NIL 80] Nilsson, N. J. *Principles of Artificial Intelligence*. Tioga Press, Palo Alto, California - U.S.A. 1980.

[NIL 97] Nilsson, Nils. *Introduction to Machine Learning* (Draft of a proposed new textbook). Robotics Lab., Dept. of Computer Science, Stanford University - CA, U.S.A. 1997. Web: http://robotics.stanford.edu/people/nilsson/mlbook.html

[NOL 94] Nolfi, Stefano; Parisi, Domenico; Elman, Jeffrey L. *Learning and Evolution in Neural Networks*. Adaptive Behavior, 3(1), pp.5-28. 1994. Web: http://crl.ucsd.edu/~elman/

[OPI 95a] Opitz, D.W. *An Anytime Approach to Connectionist Theory Refinement: Refining the Topologies of Knowledge-Based Neural Networks*. Ph.D. Thesis, University of Wisconsin-Madison. Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/uwml.html . Ftp: ftp://ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/opitz.thesis.ps.Z

[OPI 95b] Opitz, D.W. & Shavlik, J. W. *Dynamically Adding Symbolically Meaningful Nodes to Knowledge-Based Neural Networks*. Knowledge-Based Systems, 8(6), pp.301-311. 1995. Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/abstracts/opitz.kbs95.ps.abstract.html . Ftp: ftp://ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/opitz.kbs95.ps

[OPI 97] Opitz, D.W. & Shavlik, J. W. *Connectionist Theory Refinement: Genetically Searching the Space of Network Topologies*. JAIR - Journal of Artificial Intelligence Research, 6, pp.177-209. Morgan Kaufmann Publishers, 1997. Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/uwml.html. Ftp: ftp://ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/opitz.jair97.ps

[ORS 94] Orsier, B.; Amy, B.; Rialle, V.; Giacometti, A. *A Study of the Hybrid System SYNHESYS*. In: Proceedings of the ECAI-94 Workshop - Combining Symbolic and

Connectionnist Processing, August 1994 - Amsterdam. 1994. Web: http://cuiwww.unige.ch/AI-group/staff/orsier.html

[ORS 95] Orsier, Bruno. *Etude et Application de Systèmes Hybrides NeuroSymboliques.* Thèse en Informatique, Laboratoire LIFIA-IMAG, UJF - Grenoble, 1995. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/orsier.these.ps.gz

[ORS 97] Orsier, B. & Labbi, A. *NESSY3L: A Step Toward Fully-Integrated Hybrid Systems*. In: Connectionist-Symbolic Integration: From Unified to Hybrid Approaches (Chapter 9), R. Sun and F. Alexandre (Eds.). Lawrence Erlbaum Associates, 1997. Web: http://cuiwww.unige.ch/AI-group/staff/orsier.html

[OSO 95a] Osório, Fernando S. & Amy, Bernard. *INSS: Un Système Hybride avec l'apprentissage à partir de règles et d'exemples*; (Texte en Portugais: INSS: Um Sistema Híbrido Simboli-Connexionista com Aprendizado à partir de Regras e de Exemplos), Panel'95 - XXI Latin-American Conference on Computer Science, Canela, Brazil, August 1995. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/osorio/articles/diret.html

[OSO 96] Osório, F. S. *Rule-Extraction from Trained Artificial Neural Networks* (Notes from the AISB'96 Rule-Extraction from ANN Workshop). AISB Quaterly No.95 - SSAISB, Univ. of Sussex, Brighton - UK. Summer 1996. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/osorio/articles/diret.html

[OSO 97] Osório, Fernando S. & Amy, Bernard. *Apprentissage Automatique Constructif : Un Nouveau Modèle Neuro-Symbolique.* VII° Colloque AIDRI'97 - Apprentissage: Des principes naturels aux méthodes artificielles - Université de Genève, Suisse, Juin 1997. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/osorio.aidri97.ps.gz

[PAR 85] Parker, D. B. *Learning-Logic*. Technical Report TR-47, Center for Computational Research in Economics and Management Science. MIT - Massachusetts Institute of Technology, Cambridge - MA. April 1985.

[PAR 96] Partakelidis, P.; Fessant, F; Amy, B. *Application des Réseaux de Neurones à L'Intelligence Artificielle : Application de l'apprentissage par renforcement à l'évitement d'obstacle et à la recherche d'une source lumineuse (simulateur de robot Khepera)*. Compte rendu d'expériences - Rapport de fin d'étude, DRET - Laboratoire LEIBNIZ - IMAG / INPG,

Grenoble - France. Octobre 1996. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/

[PAT 97] Patel, M. & Honavar, V. (Eds.) *Advances in Evolutionary Synthesis of Neural Systems*. Boston, MA - U.S.A. MIT Press, 1997.

[PER 96a] Perez, Christophe. *Connexion du simulateur au contrôleur temps réel du robot Vortex - Etude et conception d'un prototype de système de détection de pannes*. Rapport de stage, D.E.S.S. Informatique et Intelligence Artificielle, Université AixMarseille II - IFREMER, Centre de Toulon. Juillet 1996.

[PER 96b] Perez, Christophe. *Détection de Pannes : Mise en correspondance en temps-réel de l'état du robot Vortex avec son modèle.* Documentation technique - Diagnostic de Pannes. Rapport technique réf. DITI/SM/RIA/96-497. Laboratoire de Robotique et d'Intelligence Artificielle, IFREMER, Toulon, France. Juillet 1996.

[PIT 90] Pitrat, Jacques. *Métaconnaissances : Futur de l'I.A.* Editions Hermès, Paris - France. 1990.

[PLE 97] Pleynet, Benoit. *Réalisation d'un Système Hybride pour la Navigation en Robotique.* Rapport du D.E.A. en Informatique, Laboratoire LEIBNIZ - IMAG / INPG, Grenoble - France. Juin 1997. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/

[POL 90] Pollack, J.B. *Recursive Distributed Representations*. Artificial Intelligence, 46, pp.77-105. 1990.

[POM 91] Pomerleau, D.A.; Gowdy, J.; Thorpe, C.E. *Combining Artificial Neural Networks and Symbolic Processing for Autonomous Robot Guidance*. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 4(4), pp.279-285. 1991.

[POM 92] Pomerleau, Dean A. *Neural Network Perception for Mobile Robot Guidance*. Ph.D. dissertation, Carnegie-Mellon University. (Also edited as a book by Kluwer Academic Publishing). February 1992. Web: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/alv/member/www/projects/ALVINN.html

[POR 97] Porto, V. W. *Neural-Evolutionary Systems*. In: Handbook of Neural Computation (section D2). E. Fiesler and R. Beale (Eds.) Institute of Physics and Oxford University Press.

New York, NY - U.S.A., 1997. Web: http://www.idiap.ch/publications/fiesler-96.1.bib.abs.html or http://www.oup-usa.org/acadref/nc_accs.html

[POS 92] Posey, C.; Kandel, A.; Langholz, G. *Fuzzy Hybrid Systems*. In: Hybrid Architectures for Intelligent Systems. A. Kandel and G. Langholz (Eds.). CRC Press, Boca Raton - Florida, 1992.

[POT 92] Potter, Michell. *A Genetic Cascade-Correlation Learning Algorithm*. In: Proceedings of the COGANN-92 Internetional Workshop on Combinations of Genetic Algorithms and Neural Networks, pp.123-133, IEEE Computer Society Press, 1992.

[QUI 79] Quinlan, J. Ross. *Discovering Rules by Induction from Large Collections of Examples*. In: D. Michie (Ed.), Expert Systems in the Micro Electronic Age. Edimburgh, UK: Edimburgh University Press. 1979.

[QUI 86] Quinlan, J. Ross. *Induction of Decision Trees*. Machine Learning, 1, pp.81-106. Reprinted in Readings in Machine Learning, J. Shavlik and T. Dietterich (Eds.), San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1991. Reprinted in Readings in Knowledge Acquisition and Learning, B. Buchanan and D. Wilkins (Eds.), San Mateo, CA: Morgan Kauffman, 1992.

[QUI 93] Quinlan, John Ross. *C4.5: Programs for Machine Learning*. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA - U.S.A. 1993.

[QUI 96] Quinlan, J. R. *Improved Use of Continuous Attributes in C4.5*. JAIR - Journal of Artificial Intelligence Research, vol. 4, pp. 77-90, 1996. Web: http://www.cs.su.oz.au/People/quinlan.html

[REC 89] Rechenmann, F.; Fontanille, P. Uvietta, P. Shirka *: Manuel d'utilisation*. Doc. Interne, INRIA - Laboratoire ARTEMIS, IMAG, Grenoble - France. 1989.

[REY 97] Reyes Salgado, Gerardo. *Étude des Connaissances dans les Réseaux de Neurones Artificiels: Representation et Explicitation de Règles de Haut Niveau.* Rapport du D.E.A. en Sciences Cognitives. Laboratoire LEIBNIZ - IMAG/INPG. Grenoble, France. Juin 1997. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/DEA/reyes.dea.tar.gz

[REY 97a] Reyes, G.; Osório, F.; Amy, B. *Neural Learning of "High Level Rules": The Balance Scale Problem*. HELNET'97 - International Workshop on Neural Networks. Montreux, Suisse. October 1997.

[RIE 93] Riedmiller, Martin & Braun, Heinrich. *A Direct Adaptative Method for Faster Backpropagation Learning: The RPROP Algorithm.* Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks. San Francisco - CA - USA. 1993. Web: http://i11www.ira.uka.de/~riedml/ (or ~neuro)

[ROC 92] Rocha, A.F. & Yager, R.R. *Neural Nets and Fuzzy Logic*. In: Hybrid Architectures for Intelligent Systems. A. Kandel and G. Langholz (Eds.). CRC Press, Boca Raton - Florida, 1992.

[ROS 59] Rosenblatt, F. *Principles of Neurodynamics*. New York, Spartan Books. 1962.

[ROU 98] Rouzier, Sophie. *Réseaux Modulaires* (Titre provisoire). Thèse de Doctorat en Sciences Cognitives, Eq. Réseaux d'Automates - Lab. LEIBNIZ - IMAG, Grenoble - France, 1998 (rédaction en cours).

[RUM 86a] Rumelhart, D. & McClelland, J.L. (Eds.) *Parallel Distributed Processing - Explorations in the Microstructure of Cognition - Vol.1: Foundations, Vol.2: Psychological and Biological Models*. Cambridge: MIT Press, 1986.

[RUM 86b] Rumelhart, D.; Hinton, G. & Willians, R. *Learning Internal Representations by Error Propagation.* In : Rumelhart & McClelland: Parallel Distributed Processing - Explorations in the Microstructure of Cognition - Vol.1: Foundations. Cambridge: MIT Press, 1986.

[SAH 95] Sahami, Mehran. *Generating Neural Networks Through the Induction of Threshold Logic Uni Trees*. In: Proceedings of the First International IEEE Symposium on Intelligence in Neural and Biological Systems. Washington, DC. May 1995.

[SAI 88] Saito, K. & Nakano, R. *Medical Diagnostic Expert System based on PDP Model*. In: Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Vol.1, pp.255-262. 1988.

[SAL 96] Salomon, Ralf & van Hemmen, Leo. Accelerating Backpropagation through Dynamic Self-Adaptation. Neural Networks, vol.9(4), pp.589-601, Pergamon Press. 1996.

[SAM 92] Samad, T. *Hybrid Distributed/Local Connectionist Architectures*. In: Hybrid Architectures For Intelligent Systems, A. Kandel and G. Langholz (Eds.), Boca Raton - CRC Press. 1992.

[SAN 97] Sandia National Labs. *JESS: Java Expert System Shell* - WWW Internet site, Sandia Labs., Livermore - CA, USA. 1997. Web: http://herzberg.ca.sandia.gov/jess

[SAR 97] Sarle, Warren S. *Comp.ai.neural.nets FAQ* (Usenet Frequently Asked Questions - Neural Nets). Web: http://www.cis.ohio-state.edu/hypertext/faq/usenet/ai-faq/neural-nets/top.html . Ftp: ftp://ftp.sas.com/pub/neural/FAQ.html

[SCH 77] Schank, R. & Abelson, R. *Scripts, Plans, Goals and Understanding*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale. 1977.

[SCH 93] Schiffmann, W.; Joost, M. & Werner, R. *Comparison of Optimized Backpropagation Algorithms.* Proceedings of the European Symposium on Artificial Neural Networks, ESANN'93, Brussels, p.97-104, 1993. Web: http://www.uni-koblenz.de/~schiff/publications.html

[SCH 94] Schifmann, W.; Joost, M. & Werner, R. *Optimization of the Backpropagation Algorithm for Training Multilayer Perceptrons.* Technical Report, University of Koblenz, Deutschland. September 1995. Web: http://www.uni-koblenz.de/~schiff/publications.html

[SCH 96] Schmidt, William & Ling, Charles X. *A Decision-Tree Model of Balance Scale Development.* Machine Learning. Kluwer Academic Publishers, Boston, pp.1-30, 1996. Web: http://www.csd.uwo.ca/faculty/ling/

[SHA 90] Shavlik, Jude & Dietterich, Thomas (Eds). *Readings in Machine Learning*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc. San Mateo, California, 1990.

[SHA 93] Shastri, L. & Ajjanagadde, V. *From Simple Associations to Systematic Reasoning*. Behavioral and Brain Sciences (BBS), Vol.16, No.3, pp.417-494. 1993. Web: http://http.icsi.berkeley.edu/~shastri/

[SHA 95] Shavlik, Jude W. *Learning by Symbolic and Neural Methods*. In: The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. M. Arbib (Ed.), MIT Press, pp.533-537.1995.

[SHO 76] Shortliffe, E., *Computer Based Medical Consultations: MYCIN.* Elsevier Publ., 1976.

[SHU 91] Shultz, Thomas R. & Schmidt, William C. *A Cascade-Correlation Model of Balance Scale Phenomena.* Proceedings of the Thirteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society, pp. 635-640. Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1991. Web: http://www.psych.mcgill.ca/labs/lnsc/html/Lab-Home.html (or Pub-cog-dev.html). Ftp: ftp://ego.psych.mcgill.ca/pub/shultz/balcog.ps.gz

[SHU 94a] Shultz, Thomas R.; Mareschal, D. & Schimidt, W. *Modeling Cognitive Development on Balance Scale Phenomena.* Machine Learning, Kluwer Academic Publishers, Boston. 16

(1994), pp. 57-86. Web: http://www.psych.mcgill.ca/labs/lnsc/html/Lab-Home.html (or Pub-cog-dev.html). Ftp: ftp://ego.psych.mcgill.ca/pub/shultz/balml.ps.gz

[SHU 94b] Shultz, Thomas R.; Buckingham, David & Oshima-Takane, Yuriko. *A Connectionnist Model of the Learning of Personal Pronouns in English.* In : S.J.Hanson, T.Petsche, M.Kearns & R.L.Rivest (Eds.). Computational Learning Theory and Natural Learning Systems. Vol.2: Intersection between theory and experiment (pp. 347-362). Cambridge, MA: MIT Press, 1994. Web: http://www.psych.mcgill.ca/labs/lnsc/html/Lab-Home.html (or Pub-cog-dev.html). Ftp: ftp://ego.psych.mcgill.ca/pub/shultz/pronouns.ps.gz

[SHU 96] Shultz, Thomas, R. Models of Cognitive Development. In: Penser L'Esprit: Des Sciences de la Cognition à une Philosophie Cognitive. V. Rialle et D. Fisette (Eds.). PUG - Presses Universitaires de Grenoble, 1996.

[SIE 76] Siegler, R.S. *Three Aspects of Cognitive Development.* Cognitive Psychology. No. 8, 1976.

[SIM 83] Simon, Hebert A. *Why should Machines Learn?* In: Machine Learning: An artificial intelligence approach (Vol.1), R. Michalski, J. Carbonell, T. Mitchell (Eds.). Mogan Kaufmann, San Mateo, CA - U.S.A. 1983.

[SIM 90] Simpson, Patrick. *Artificial Neural Systems: Foundations, Paradigms, Applications and Implementations*. Pergamon Press, 1990.

[SIM 93] Simon, Natalio. *Constructive Supervised Learning Algorithms for Artificial Neural Networks*. Master Thesis, Faculty of Electrical Engineering, Delft University of Technology. The Netherlands, June 1993. Ftp: ftp://archive.cis.ohio-state.edu/pub/neuroprose/

[SJO 91] Sjogaard, Steen. *A Conceptual Approach to Generalization in Dinamical Neural Networks*. Ph.D. Thesis, Computer Science Department - Aarhus University, Denmark. October 1991. Ftp: ftp://archive.cis.ohio-state.edu/pub/neuroprose/ (sjogaard.concept.ps.Z)

[STE 83] Stefik, M. et al. *Basic Concepts for Building Expert Systems*. In: Building Expert Systems - V.1. F. Hayes-Roth, D. Waterman and D. Lenat (Eds.). Addison-Wesley Publishing Company Inc., Reading, Massachusetts, U.S.A., 1983.

[STU 96] Stückelberg, M. & Hilario, M. *Declarative Heuristics for Neural Network Design*. In:. Proceedings of the ECAI'96 Workshop - Neural Networks & Structured Knowledge. Budapest, Hungary, August 1996.

[SUL 93] Sulzberger, S.; Tschichold-Gurman, N.; Vestli, S. *FUN: Optimization of Fuzzy Rule Based Systems Using Neural Networks*. IEEE Conference on Neural Networks, San Francisco, U.S.A. April 1993. Web: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/fuzzy/systems/flie/

[SUN 91] Sun, Ron. Integrating Rules and Connectionism for Robust Reasoning: A Connectionist Architecture with Dual Representation. Ph.D. Thesis, Brandeis University, Waltham, MA. Technical Report CS-91-160. 1991.

[SUN 94] Sun, Ron & Bookman, Lawrence. (Eds.) *Computational Architectures Integrating Symbolic and Connectionist Processing*. Kluwer Academic Publishers, Boston. November 1994.

[SUN 95a] Sun, Ron. (Ed.) *Integrating Rules and Connectionism for Robust Commonsense Reasoning*. John Wiley and Sons, 1995.

[SUN 95b] Sun, Ron. *Robust Reasoning: Integrating Rule-Based and Similarity-Based Reasoning*. Artificial Intelligence Journal. June 1995. Web: http://www.cs.ua.edu/sun/

[SUN 97] Sun, Ron & Alexandre, Frederic. (Eds.)*Connectionist-Symbolic Integration*: *From Unified to Hybrid Approaches*. Lawrence Erlbaum Associates, 1997.

[SZI 95] Szilas, Nicolas. *Apprentissage dans les Réseaux Récurrents pour la Modélisation Mécanique et Etude de leurs Interactions avec l'Environnement*. Thèse de Doctorat en Sciences Cognitives, Laboratoire LIFIA/LEIBNIZ - IMAG, Grenoble - France, Décembre 1995.

[THR 91] Thrun, S. B. et al. *The Monk's Problem - A Performance Comparison of Different Learning Algorithm*. Carnegie Mellon University - CMU, Technical Report CMU-CS-91-197. December 1991. Web: http://www.cs.cmu.edu/~thrun/ . Ftp: ftp://archive.cis.ohio-state.edu/pub/neuroprose/

[TOU 89] Touretzky, D.S. *BoltzCONS: Dynamic Symbol Structures in a Connectionist Network*. Technical Report CMU-CS-89-182, Carnegie-Mellon University, U.S.A. August 1989.

[TOW 91] Towell, Geoffrey. *Symbolic Knowledge and Neural Networks: Insertion, Refinement and Extraction*. Ph.D. Thesis, Computer Science Dept., University of Wisconsin-Madison, U.S.A. 1991. Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/uwml.html . Ftp: ftp://ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/ (towell.thesis.*.ps)

[TOW 93] Towell, G. & Shavlik, J. *Extracting Refined Rules From Knowledge-Based Neural Nets.* Machine Learning, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp.71-101, 13 (1993). Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/uwml.html . Ftp: ftp://ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/towell.mlj93.ps

[TOW 94] Towell, G. & Shavlik, J. *Knowledge-Based Artificial Neural Networks.* Artificial Intelligence Journal, 70, pp.119-165. Elsevier Publishing, 1994. Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/uwml.html . Ftp: ftp://ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/towell.aij93.ps

[UTG 88] Utgoff, Paul. *Perceptron Trees: A case study in hybrid concept representations*. In: Proceedings of the Seventh National Conference on Artificial Intelligence, St. Paul, MN. Morgan Kaufmann Publishing. 1988.

[UTG 89] Utgoff, Paul E. *Incremental Induction of Decision Trees*. In : Machine Learning, 4, pp.161-186. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA - U.S.A. 1989.

[UTG 95] Utgoff, Paul E. *Decision Tree Induction Based on Efficient Tree Restructuring.* Technical Report 95-18, Dept. of Computer Science - Univ. of Massachusetts, USA. March 1995. Web: http://ml-www.cs.umass.edu/~utgoff/

[VAN 90] Van de Velde, Walter. *Incremental Induction of Topologically Minimal Trees.* In: Proceedings of the Seventh International Conference on Machine Learning - B. Porter, R. Mooney (Eds.). Morgan Kaufmann, San Mateo, CA - U.S.A. 1990.

[VES 93] Vestli, Sjur. *FLIE - Fuzzy-Logic Inference Engine*. Publié dans le WEB-Internet. Web: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/fuzzy/systems/flie/ . Ftp: ftp://ftp.hiof.no/pub/Fuzzy/flie/ (fliefort.docu)

[WAT 97] Watson, Mark. *Intelligent Java Applications for the Internet and Intranets*. Morgan Kaufman Publishing. 1997.

[WER 74] Werbos, Paul J. *Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences*. Ph.D. Thesis, Harvard University, Cambridge - MA. August 1974.

[WID 90] Widrow, Bernard & Lehr, M. *30 Years of Adaptive Neural Networks : Perceptron, Madaline, and Back-Propagation*. Proceedings of the IEEE, New York, Vol.78, N.9, pp.1415-1441. September 1990.

[ZIG 92] Zighed, A.; Auray, J. P.; Duru, G. *SIPINA: Méthode et Logiciel.* Lacassagne, 1992.

[ZIG 96b] Zighed, A. & Rakotomalala, R. *A Method for non Arborescent Induction Graphs*. Technical Report, Equipe ERIC - Université Lumière Lyon 2, 1996.

[ZIG 96c] Zighed, A.; Rakotomalala, R.; Rabaseda, S. *A Discretization Method of Continuous Attributes in Induction Graphs.* Proceedings of the Thirteenth European Meeting on Cybernetics and Systems Research, Vienna, pp.997-1002, Sept. 1996. Web: http://eric.univ-lyon2.fr/

7.1 BIBLIOGRAPHIE

** Liste des documents non cités dans le corps du mémoire - informations bibliographiques supplémentaires :*

[AJJ 91] Ajjanagadde, V. G. & Shastri, L. *Rules and Variables in Neural Nets*. Neural Computation, 3:121-134. 1991.

[ALL 93] Alliot, J. M. & Schiex, T.*Intelligence Artificielle et Informatique Theorique*. Editions CEPADUES, France. 1993.

[AMY 89] Amy, Bernard. *Contextual Cognitive Machine.* In : Advances in Cognitive Sciences. Vol.2. Guy Tiberghien (Ed). Ellis Horwood Publ., 1989.

[AND 95a] Andrews, Robert & Geva, Shlomo. *RULEX & CEBP Networks as the Basis for a Rule Refinement System*. In: Hybrid Problems, Hybrid Solutions. John Hallam (Ed.). 1995. Web: http://www.fit.qut.edu.au/~robert/

[AND 96a] Andrews, R.; Diederich, J.; Pop, E.; Tickle, A. *The Importance and Application of Symbolic Rule Extraction from Trained Artificial Neural Networks* (AI meets Artificial Insemination). Technical report QUTNRC-96-01-01, Neurocomputing Research Center, Queensland University of Technology, Brisbane - Australia. 1996. Web: http://www.fit.qut.edu.au/NRC/ . Ftp: ftp://ftp.fit.qut.edu.au/pub/NRC/tr/ps/ QUTNRC-96-01-01.ps.Z

[AND 96b] Andrews, R.; et all. *An Evaluation and Comparison of Techniques for Extracting and Refining Rules from Artificial Neural Networks*. Technical report QUTNRC-96-01-04, Neurocomputing Research Center, Queensland University of Technology, Brisbane - Australia. 1996. Web: http://www.fit.qut.edu.au/NRC/ . Ftp: ftp://ftp.fit.qut.edu.au/pub/NRC/tr/ps/ QUTNRC-96-01-04.ps.Z

[ARB 95] Arbib, Michael A. (Ed.)*The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*. MIT Press, 1995.

[BAL 94] Bala, J.; De Jong, K.; Pachowicz, P. *Multistrategy Learning form Engineering Data by Integrating Inductive Generalization and Genetic Algorithms*. In: Machine Learning - A Multistrategy Approach, Volume IV. Chapter 18, R. Michalski and G. Tecuci (Eds.), Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco. 1994.

[BAL 95] Balakrishnan, Karthik & Honavar, Vasant. *Evolutionary Design of Neural Architectures: A Preliminary Taxonomy and Guide to Literature*. Technical Report - Artificial Intelligence Research Group. Iowa State University - USA. January 1995. Web: http://www.cs.iastate.edu/~honavar/ . Ftp: ftp://archive.cis.ohio-state.edu/pub/neuroprose/

[BAR 91] Barnden, J. & Pollack, J. (Eds.) *High-Level Connectionist Models* - Advances in Connectionist and Neural Computation Theory. Ablex Publishing, Norwood, New Jersey. 1991.

[BOO 89] Booker, L.; Goldberg, D.; Holland, J. *Classifier Systems and Genetic Algorithms*. Artificial Intelligence 40(1-3). pp.235-282. September 1989.

[BOO 93] Bookman, L. & Sun, R. (Eds.) *Integrating Neural and Symbolic Processes*. Special Issue of Connection Science - n.5, 1993.

[BOZ 97a] Boz, Olcay. *Integrating Connectionism with Symbolism & Rule Integration and Extraction in Neural Networks*. (Ressource guide - Available through Internet - University of Lehigh). Web: http://www.lehigh.edu/~ob00/integrated.html and http://www.lehigh.edu/~ob00/integrated/references-new.html

[CLA 89] Clark, P. & Niblett, T. *The CN2 induction Algorithm*. Machine Learning, 3, pp.261-283, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA - U.S.A. 1989.

[CLA 91] Clark, P. & Boswell, R. *Rule Induction with CN2: Some Recent Improvements*. In: Machine Learning - Proceedings of the Fifth European Conference (EWSL-91), Y. Kodratoff (Ed.), pp.151-163. Springer-Verlag, Berlin, 1991. Web: http://www.cs.utexas.edu/users/pclark/(papers/newcn.ps)

[CMU 95a] CMU AI Repository. *Fuzzy Logic & Fuzzy Systems*. Publié dans le WEB-Internet. Web: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/fuzzy/0.html

[CMU 95b] CMU AI Repository. *Genetic Algorithms & Genetic Programming*. Publié dans le WEB-Internet. Web: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/genetic/0.html

[CON 94] Condamin, Laurent. *Extraction et Intégration de Règles sur un Réseau Neuro-Mimétique: Application à l'Harmonisation de la Cotation à la Banque de France.* Thèse de Doctorat en Génie de Systèmes. Laboratoire MAS - ECP, Ecole Centrale de Paris, France. 1994.

[COX 94] Cox, Earl. *The Fuzzy Systems Handbook*. The Metus Systems Group - AP Professional. March 1994.

[CRA 94] Craven, M. W. *Using Sampling and Queries to Extract Rules from Trained Neural Network.* Machine Learning: Proc. of the 11th International Conf. of San Francisco. 1994. Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/uwml.html . Ftp: ftp://ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/craven.mlc94.ps

[CRA 96] Craven, Mark W. *Extracting Comprehensible Models from Trained Neural Networks.* Ph.D. Thesis, Computer Science Dept., University of Wisconsin-Madison, U.S.A. 1996. Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/uwml.html . Ftp: ftp://ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/craven.thesis.ps

[CUN 90] LeCun, Y.; Denker, J. S.; Solla, S.A. *Optimal Brain Damage* ; Advances in Neural Information Processing Systems 2, D.S. Touretzky ed., Morgan Kauffmann publishers, 1990.

[DIE 95] Dietterich, T. G.; Hild, H.; Bakiri, G. *A Comparison of ID3 and BackPropagation for English Text-to-Speech Mapping*. Machine Learning, 18(1), pp.51-80. Kluwer Academic Publishers, Boston, U.S.A. 1995.

[DOU 95] Dougherty, James; Kohavi, Ron; Sahami, Mehran. *Supervised and Unsupervised Discretization of Continuous Features.* In: Machine Learning - Proceedings of the Twelfth International Conference, A. Prieditis and S. Russell (Eds.), Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA. 1995.

[DUA 92] Duane, Darrel; Hintz, Kenneth; Spofford, Jason. *GANNET: Genetic Algorithm / Neural Network* (evolve ANNs using GA). Publié dans le WEB-Internet. Web: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/ai-repository/ai/areas/genetic/ga/systems/gannet/

[DUR 89] Durbin, R. & Rumelhart, D. *Product Units : A Computationally Powerful and Biologically Plausiblle Extension to Backpropagation Networks.* Neural Computation, Vol. 1, 1989.

[FAY 92] Fayyad, Usama M. & Irani, Keki B. *On the Handling of Continuous-Valued Attributes in Decision Tree Generation*. Machine Learning, 8, pp.87-102. Kluwer Academic Publishers, Boston - U.S.A. 1992. Web: http://www-aig.jpl.nasa.gov/home/fayyad/home.html

[FAY 93] Fayyad, Usama M. & Irani, Keki B. *Multi-Interval Discretization of Continuous-Valued Attributes for Classification Learning.* Proceedings of the IJCAI'93. pp.1022-1027. 1993. Web: http://www-aig.jpl.nasa.gov/home/fayyad/home.html

[FIS 87] Fisher, Douglas H. *Knowledge Acquisition via Incremental Conceptual Clustering*. Machine Learning, 2(7), pp.139-172. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA - U.S.A. 1987.

[FRA 93] Frasconi, P.; Maggini M.; Gori, M. & Soda, G. *Unified Integration of Explicit Knowledge and Learning by Examples in Recurrent Networks.* IEEE Transactions on Knowledge and Data Enginneering. 1993. Web: http://dsi.ing.unifi.it/neural/ . Ftp: ftp://ftp-dsi.ing.unifi.it/pub/tech-reports/kl-nets.ieee.kde.ps.Z

[FRA 95] Francesco, M.; Hilario, M.; Vargas, R.; Pellegrini, C. *Machine Learning at the Crossroads of Symbolic and Connectionist Research.* Technical Report UNIGE-AI-95-01, Genève, 1995. Ftp: ftp://cui.unige.ch/AI/

[FU 89] Fu, L. *Integration of Neural Heuristics into Knowledge-Based inference*. Connection Science 1(3): 325-339. 1989.

[GEN 90] Gendert, Dedre. *The Mechanisms of Analogical Learning*. In: Readings in Machine Learning, J. Shavlik and T. Dietterich (Eds). Morgan Kaufmann Publishers, Inc. San Mateo, California, 1990.

[GRU 94] Grumbach, Alain. *Cognition artificielle: Du reflexe ... `a la reflexion.* Addison Wesley, France, 1994.

[HAT 91] Haton, Jean-Paul et coll. *Le Raisonnement en Intelligence Artificielle : Techniques, Modèles et Architectures pour les Systèmes à Bases de Connaissances.* InterEditions, Paris, 1991.

[HAY 96a] Hayward, R.; Pop, E.; Diederich, J. *Rule Extraction from Cascade-2 Networks*. Technical report QUTNRC-96-01-02, Neurocomputing Research Center, Queensland University of Technology, Brisbane - Australia. 1995. Web: http://www.fit.qut.edu.au/NRC/ . Ftp: ftp://ftp.fit.qut.edu.au/pub/NRC/tr/ps/ QUTNRC-96-01-02.ps.Z

[HEI 97] Heitkoetter, J. & Beasley, D. (Eds.) *The Hitch-Hiker's Guide to Evolutionary Computation - Comp.ai.genetic FAQ* (Usenet Frequently Asked Questions - Neural Nets). Web: http://www.cis.ohio-state.edu/hypertext/faq/usenet/ai-faq/genetic/top.html or http://alife.santafe.edu/~joke/encore/WWW/

[HER 91] Hertz, J.; Krogh, A.; Palmer, R. *Introduction to the Theory of Neural Computation*. Addison-Wesley, Redwood City - CA. 1991.

[HIL 95a] Hilario, M.; Lallement, Y.; Alexandre, F. *Neurosymbolic Integration: Unified versus Hybrid Approaches*. European Symposium on Artificial Neural Networks - ESANN. Brussels, 1995. Ftp: ftp://ftp.loria.fr/pub/loria/rfia/publications/cortex or ftp://cui.unige.ch/AI/mix/ (esann-95.ps)

[HIL 95b] Hilario, Melanie. *An onverview of Strategies for Neurosymbolic Integration*. Proceedings of the IJCAI Workshop on Connectionnist-Symbolic Integration. Montreal, Canada, 1995. Ftp: ftp://cui.unige.ch/AI/

[HIL 96a] Hilario, M.; Orsier, B.; Rida, A.; Pellegrini, C. *A Knowledge-Based Approach to MLP Configuration.* IEEE International Conference on Neural Networks (ICNN'96), Washington, DC, June 1996. Web: http://cuiwww.unige.ch/AI-group/home.html . Ftp: ftp://cui.unige.ch/AI/

[HOE 91] Hoehfeld, M. & Fahlman, S. *Learning with Limited Numerical Precision Using the Cascade-Correlation Architecture*. Carnegie Mellon University - CMU. Computer Science Technical Report CMU-CS-91-130. May 1991. Web: http://www.cs.cmu.edu/Reports/index.html

[HOL 92] Holland, J. *Les Algorithmes Génétiques*. Pour la Science, Vol.179. Septembre 1992.

[HOL 94] Holsheimer, M. & Siebes, A. *Data Mining: The Search for Knowledge in Databases*. Technical Report CS-R9406, Computer Science / Dept. of Algorithms and Architectures, CWI Amsterdam, The Netherlands. 1994. Web: http://www.cwi.nl/cwi/projects/datamining.html

[JAN 97] Jang, J.-S. R. *Internet's Resources for Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Publié dans le WEB-Internet. Web: http:// www.cs.nthu.edu.tw/~jang/nfsc.html

[JOR 90] Jorrand, Philippe & Sgurev, V. (Eds.). *Artificial Intelligence IV: Methodology, Systems, Applications*. Proceedings of AIMSA'90 - Albena, Bulgaria. Amsterdam, APIA - Elsevier Science Publishers. September 1990.

[KAN 92] Kandel, A. & Langholz, G. (Eds.) *Hybrid Architectures for Intelligent Systems*. CRC Press, 1992.

[KAN 97] Kantrowitz, M.; Horstkotte, E.; Joslyn, C. *Comp.ai.fuzzy FAQ* (Usenet Frequently Asked Questions - Fuzzy Logic and Fuzzy Expert Systems). Web: http://www.cis.ohio-state.edu/hypertext/faq/usenet/fuzzy-logic/part1/faq.html or http://www.cs.cmu.edu/Web/Groups/AI/html/faqs/ai/fuzzy/part1/faq.html

[KAS 96] Kasabov, Nicola K. *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering*. The MIT Press books, 1996.

[KLA 95] Klawonnm, Frank; Nauck, Detlef; Kruse, Rudolf. *Generating Rules from Data by Fuzzy and Neuro-Fuzzy Methods*. In: Proceedings of the Third German GI-Workshop "Fuzzy-Neuro Systeme'95". Darmstadt, Germany, November 1995. Web: http://www.cs.tu-bs.de/~nauk

[KOD 93] Kodratoff, Y.; Michalski, R. S.; Carbonell, J. G.; Mitchell, Tom M. *Apprentissage Symbolique : Une Approche de l'Intelligence Artificielle* (Volumes 1 et 2 - Version française du livre "Machine Learning : an artificial intelligence approach"). Editions CEPADUES, France. 1993.

[KOH 96] Kohavi, Ron & Sahami, Mehran. *Error-Based and Entropy-Based Discretization of Continuous Features.* Proceedings of the KDD-96 (Knowledge Discovery and Data Mining Conference), 1996. Web: http://robotics.stanford.edu/users/ronnyk/ronnyk-bib.html

[KOW 86] Kowalik, Janusz (Ed.) *Coupling Symbolic and Numerical Computing in Expert Systems*. Workshop on CSNCES - Bellevue, Washington. Elsevier Science Publishing. 1986.

[KOZ 94] Koza, John R. *Genetic Programming II : Automatic Discovery of Reusable Programs (Complex Adaptive Systems).* Bradford Books. 1994.

[KOZ 96] Koza, J.; Goldberg, D.; Fogel, D. (Eds.) *Genetic Programming 1996 : Proceedings of the First Annual Conference*. Stanford University - July 1996. MIT Press, 1996.

[KUR 96] Kurfeb, F.; Küchler, A.; Memmi, D.; Giacometti, A. (Eds.) *Neural Networks and Structured Knowledge*. Proceedings of the ECAI'96 Workshop. Budapest, Hungary, August 1996.

[LAN 95] Langley, P. & Morgan, M. B. (Eds.) *Elements of Machine Learning*. Morgan Kaufmann Publishing, 1995.

[LIU 95] Liu, Huan & Setiono, Rudy. *Chi2: Feature selection and discretization of numeric attributes*. Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (TAI'95), pp.388-391. Washington D.C., U.S.A. Nov.1995. Web: http://www.iscs.nus.sg/~liuh/

[LIU 96] Liu, Huan & Setiono, Rudy. *Dimensionality Reduction via Discretization.* Knowledge-Based Systems, Vol. 9, No. 1, Feb. 1996, pp. 67-72. Web: http://www.iscs.nus.sg/~liuh/

[MAC 92] Machado, R.J. & Rocha, A.F. *A hybrid Architecture for Fuzzy Connectionist Expert System*. In: Hybrid Architectures for Intelligent Systems. A. Kandel and G. Langholz (Eds.). CRC Press, Boca Raton - Florida, 1992.

[MIC 83] Michalski, R. S. *A Theory and Methodology of Inductive Learning*. In: Machine Learning - An Artificial Intelligence approach, R. Michalski, J. Carbonell, T. Mitchell (Eds.), Morgan Kaufmann Publishing Co., Montain View, CA - U.S.A. 1983.

[MIC 94] Michalski, R. & Tecuci, G. (Eds.) *Machine Learning - A Multistrategy Approach, Volume IV*. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA - U.S.A. 1994.

[NAU 94] Nauck, Detlef. *A Fuzzy Perceptron as a Generic Model for Neuro-Fuzzy Approaches*. In: Proceedings of Fuzzy-Systeme'94, 2nd GI-Workshop, Munich, Siemens Corp., October 1994. Web: http://www.cs.tu-bs.de/~nauk

[NAU 95a] Nauck, Detlef & Kruse, Rudolf. *NEFCLASS: A Neuro-Fuzzy Approach for the Classification of Data*. In: Applied Computing 1995 - Proceedings of the 1995 ACM Symposium on Applied Computing, Nashville, February 1995. Web: http://www.cs.tu-bs.de/~nauk

[NAU 96] Nauck, Detlef ; Nauck, Ulrike ; Kruse, Rudolf. *Generating Classification Rules with the Neuro-Fuzzy System NEFCLASS.* Proceedings of the Biennial Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS'96). Berkeley, U.S.A., 1996. Web: http://www.cs.tu-bs.de/~nauck/

[NAU 96a] Nauck, Detlef; Nauck, Ulrike; Kruse, Rudolf. *Generating Classification Rules with the Neuro-Fuzzy System NEFCLASS*. In: Proceedings of Biennal Conf. of the North American Fuzzy Information Processing Society - NAFIPS'96. Berkeley, 1996. Web: http://www.cs.tu-bs.de/~nauk

[NAU 96b] Nauck, Detlef & Kruse, Rudolf. *Neuro-Fuzzy Classification with NEFCLASS*. In: Operational Research Proceedings 1995. Springer, Berlin, pp.294-299. 1996. Web: http://www.cs.tu-bs.de/~nauk

[NOU 96] Nouira, Rym & Fouet, Jean-Marc. *A Knowledge Based Tool for the Incremental Construction, Validation and Refinement of Large Knowledge Bases*. ECAI'96 - Verification & Validation Workshop. Budapest, Hungary. 1996.

[OPI 95] Opitz, D. W.; Shavlik, J. W. *Dynamically Adding Symbolically Meaningful Nodes to Knowledge-Based Neural Networks.* To appear in : Knowledge-Base Systems. Computer Science Dept., University of Wisconsin-Madison. 1995. Web: http://www.cs.wisc.edu/~shavlik/uwml.html . Ftp: ftp://ftp.cs.wisc.edu/machine-learning/shavlik-group/opitz.kbs95.ps

[ORS 95] Orsier, B. *Etude et Application de Systèmes Hybrides Neurosymboliques*. Thèse de Doctorat en Informatique, Lab. LIFIA - UJF, Grenoble, France, Mars 1995. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/public.html . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/LEIBNIZ/RESEAUX-D-AUTOMATES/orsier.these.ps.gz

[OSO 91] Osório, Fernando S. *Un Étude sur la Reconnaissance Automatique d'Images de Caractères avec l'Utilisation des Réseaux Neuronaux,* (Texte en Portugais: Um Estudo sobre Reconhecimento Visual de Caracteres através de Redes Neurais). Memoire: Master of Science, CPGCC, UFRGS, Porto Alegre - Brazil. October 1991.

[OSO 93] Osório, Fernando S. *ADAnLIeNE : Un Modèle de Réseaux de Neurones Artificiels Utilisé pour la Reconnaissance d'Eléments Présents dans des Images ou Sons*, (Texte en Portugais: ADAnLIeNE: Um Modelo de Rede Neural Artificial para o Reconhecimento de Padrões em Imagens e Sons). Panel'93 - XIX Latin-American Conference on Computer Science, Buenos Aires, Argentina, August 1993.

[OSO 95b] Osório, Fernando S. & Amy, Bernard. *Apprentissage Automatique Constructif à Partir de Règles et d'Exemples.* Rapport Interne (Diffusion interne). Équipe Réseaux d'Automates. Lab. Leibniz - IMAG/INPG. Grenoble, France, Novembre, 1995. Web: http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/osorio/articles/diret.html

[OSO 96a] Osorio, Fernando S. *INSS et la Robotique Autonome : expériences et résultats*. Exposé réalisé dans le cadre d'une réunion de l'équipe Réseaux. Laboratoire LEIBNIZ - IMAG / INPG, Grenoble - France. Octobre 1996.

[OSO 98] Osório, Fernando & Amy, Bernard. *INSS: an Hybrid System for Constructive Machine Learning*. Article soumis à NEURAP'98, special session "Knowledge-Based Applications of Artificial Neural Networks". Cette conférence aura lieu à Marseille en mars 1998.

[OSO 98a] Osório, Fernando & Amy, Bernard. *Constructive Machine Learning: A New Neuro-Symbolic Approach*. Article soumis à la publication dans un livre édité par Gilbert Ritschard - AIDRI. Cet article est une version plus longue de l'article publié dans AIDRI'97 (en anglais). 1998.

[PAR 94] Paradis, François. *Revue de formalismes pour la représentation de la connaissance.* Rapport de Recherche MRIM-SUR94-00, Laboratoire CLIPS (UJF-LGI), IMAG, Grenoble - France. Mars 1994. Web: http://www-clips.imag.fr/mrim/ . Ftp: ftp://ftp.imag.fr/pub/SIRI/publications/1994/paradis94a.ps.gz

[PAZ 92] Pazzani, M. & Kibler, D. *The Utility of Knowledge in Inductive Learning*. Machine Learning, 9(1), pp.57-94. Kluwer Academic Publishers, Boston - U.S.A. 1992.

[PEL 94] Pellegrini,C & Hilario, M. *A Knowledge-Based System For Neural Network Design And Analysis.* Proceedings of the SPP-IF Information Conference on Knowledge-Based Systems, pp. 103-106. Yverdon, Switzerland, December, 1994. Ftp: ftp://cui.unige.ch/AI/harem/spp-if-94.ps

[PFE 89] Pfeifer, R.; Schreter, Z.; Fogelman-Soulié, F.; Steels, L. (Eds.) *Connectionism in Perspective*. Elsevier Science Publishing. 1989.

[PRE 94a] Prechelt, Lutz. *A Study of Experimental Evaluations of Neural Network Learning Algorithms: Current Research Practice.* Technical Report, Universität Karlsruhe, Germany. TR-19/94. 1994. Web: http://wwwipd.ira.uka.de/~prechelt/ . Ftp: ftp://archive.cis.ohio-state.edu/pub/neuroprose/

[PRE 94b] Prechelt, Lutz. *PROBEN1 - A Set of Neural Network Benchmark Problems and Benchmarking Rules*. Technical Report 21/94 - Fac. fur Informatik, Univ. of Karlsruhe - Germany. September 1994. Web: http://wwwipd.ira.uka.de/~prechelt/ . Ftp: ftp://archive.cis.ohio-state.edu/pub/neuroprose/

[QUI 88] Quinlan, J. R. *An Empirical Comparison of Genetic and Decision-Tree Classifiers*. In: Processdings of the Fifth International Conference on Machine Learning, J. Laird (Ed.). Morgan Kaufmann, San Mateo, CA - U.S.A. 1988.

[QUI 90] Quinlan, J. R. *Learning Logical Definitions from Relations.* Machine Learning, 5(3), pp.239-266. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA - U.S.A. 1990.

[REY 97b] Reyes, G.; Osório, F.; Amy, B. *Aprendizaje Automático de Reglas de Alto Nivel con Redes Neuronales de Orden Superior*. ENC'97 - Encuentro Nacional en Computation. Queretaro, Mexique. Septembre 1997.

[RUM 95] Rumelhart, D.; Durbin, D.; Golden, R.; Chauvin, Y. *Backpropagation: The Basic Theory*. In: Backpropagation: Theory, Architectures, and Applications. W. Chauvin, D. Rumelhart (Eds.), Hillsdale, NJ. pp.1-34, Lawrence Erlbaum Associates. 1995.

[SES 91] Sestito, S.; Dillon, T. *The Use of Sub-Symbolic Methods for the Automation of Knowledge Acquisition for Expert Systems and Their Applications* ; Proceedings of the 11th International Conference on Expert Systems and their Applications (AVIGNON'91), Avignon. 1991.

[SUN 92] Sun, Ron. *Connectionist Models of Rule-based Reasoning*. In: AISB Quarterly, Special Issue on Hybrid Systems, No. 79, pp. 21-24. 1992

[SUN 95c] Sun, Ron. *A Hybrid Connectionist Model for Integrating Reactions, Rules, and On-Line Learning.* Technical Report, Dept. of Computer Science, University of Alabama, USA. January 1995. Web: http://www.cs.ua.edu/sun/ . Ftp: ftp:// ftp.cs.ua.edu/pub/tech-reports/

[THR 96] Thrun, Sebastian B. *Explanation-Based Neural Network Learning: A Lifelong Learning Approach*. Kluwer Academic Publisher, 1996.

[TIC 95] Tickle, A.; Orlowski, M.; Diederich, J. *DEDEC: Decision Detection by Rule Extraction from Neural Networks*. Technical report QUTNRC-95-01-03, Neurocomputing Research Center, Queensland University of Technology, Brisbane - Australia. 1995. Web: http://www.fit.qut.edu.au/NRC/ . Ftp: ftp://ftp.fit.qut.edu.au/pub/NRC/tr/ps/ QUTNRC-95-01-03.ps.Z

[TIC 96] Tickle, A.; Orlowski, M.; Diederich, J. *DEDEC: A Methodology for Extracting Rules from Trained Artificial Neural Networks*. Technical report QUTNRC-96-01-05, Neurocomputing Research Center, Queensland University of Technology, Brisbane - Australia. 1996. Web: http://www.fit.qut.edu.au/NRC/ . Ftp: ftp://ftp.fit.qut.edu.au/pub/NRC/tr/ps/ QUTNRC-96-01-05.ps.Z

[TIR 95] Tirri, H. *Replacing the Pattern Matcher of an Expert System with a Neural Network*. In: Intelligent Hybrid Systems, S. Goonatilake and S. Khebbal (Eds.), John Wiley and Sons. 1995.

[VAF 94] Vafaie, H. & De Jong, K. *Improving a Rule Induction System using Genetic Algorithms*. In: Machine Learning - A Multistrategy Approach, Volume IV. Chapter 17, R. Michalski and G. Tecuci (Eds.), Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco. 1994.

[VAN 97] Vanthienen, Jan & van Harmelen, Frank. *Proceedings of the European Symposium on the Validation and Verification of Knowledge Based Systems*. Leuven, Belgium. June 1997.

[WEI 91] Weiss, S. M. & Kulikowski, C. A. *Computer Systems that Learn : Classification and Prediction Methods form Statistics, Neural Nets, Machine Learning, and Expert Systems*. Morgan Kaufmann Publishing. 1991.

[WNE 94] Wnek, J. & Michalski, R. *Comparing Symbolic and Subsymbolic Learning : Three Studies*. In: Machine Learning - A Multistrategy Approach, Volume IV. Chapter 19, R. Michalski and G. Tecuci (Eds.), Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco. 1994.

[ZIG 90] Zighed, A.; Auray, J. P.; Duru, G. *SIPINA: Une Méthode d'Evaliation*. Proceedings of the XXXth International Conference of the Applied Econometrics Association. Ancara, Turkey, 1990.

[ZIG 96a] Zighed, A.; Rakotomalala, R.; Louvet, S.; Schalk, C. *SIPINA For Windows : User Manual*. Technical Report, Equipe ERIC - Université Lumière Lyon 2, 1996.

[ZIG 97] Zighed, A.; Rakotomalala, R.; Feschet, F. *Optimal Multiple Intervals Discretization of Continuous Attributes for Supervised Learning*. In : Proceedings of the Third International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining - KDD-97 (to appear), 1997.

8. ANNEXE A

Dans cette annexe, nous présentons un exemple des fichiers utilisés pour représenter les connaissances symboliques sur un problème.

A.1 - Module Symbolique : Fichier Xor.Clp (Clips)

```
(clear)
(reset)

(assert (cas 1 FALSE FALSE Out_False))
(assert (cas 2 TRUE  FALSE Out_True))
(assert (cas 3 FALSE TRUE  Out_True))
(assert (cas 4 TRUE  TRUE  Out_False))

(defrule x1-or-x2
  ?nfct <- (cas ?x ?x1 ?x2 ?Out)
  (test (or (eq ?x1 TRUE) (eq ?x2 TRUE)))
  =>
  (assert (X1_OR_X2 ?x TRUE))
)

(defrule x1-nor-x2
  (cas ?x ?x1 ?x2 ?Out)
  (test (not (or (eq ?x1 TRUE) (eq ?x2 TRUE))))
  =>
  (assert (X1_OR_X2 ?x FALSE))
)

(defrule x1-and-x2
  (cas ?x ?x1 ?x2 ?Out)
  (test (and (eq ?x1 TRUE) (eq ?x2 TRUE)))
  =>
  (assert (X1_AND_X2 ?x TRUE))
)

(defrule x1-nand-x2
  (cas ?x ?x1 ?x2 ?Out)
  (test (not (and (eq ?x1 TRUE) (eq ?x2 TRUE))))
  =>
  (assert (X1_AND_X2 ?x FALSE))
)

(defrule x1-xor-x2
  (X1_OR_X2  ?x ?v1)
  (X1_AND_X2 ?x ?v2)
  (test (and (eq ?v1 TRUE) (not (eq ?v2 TRUE))))
  =>
  (printout t "Cas: " ?x " Sortie: Vraie " crlf)
)
```

```
(defrule x1-nxor-x2
  (X1_OR_X2  ?x ?v1)
  (X1_AND_X2 ?x ?v2)
  (test (not (and (eq ?v1 TRUE) (not (eq ?v2 TRUE)))))
  =>
  (printout t "Cas: " ?x " Sortie: Fausse " crlf)
)
```

A.2 - Module Symbolique : Fichier Xor.Symb (NeuComp)

```
$Features:

X1:binary;
X2:binary.

$End_Feat.

$Rules:

X1_OR_X2  <- X1;
X1_OR_X2  <- X2;
X1_AND_X2 <- X1,X2;
XOR       <- X1_OR_X2,Not(X1_AND_X2).

$End_rules.

$End.

%%
%% Xor d'après la logique de Boole
%% Xor = (A Or B) And Not(A And B)
%%
%% Tableau
%%
%%  A  B   (A or B)  (A and B)  Not(A and B)  XOR
%%  0  0      0          0             1       0
%%  1  0      1          0             1       1
%%  0  1      1          0             1       1
%%  1  1      1          1             0       0
%%
```

9. ANNEXE B

Dans cette annexe, nous présentons les fichiers utilisés pour représenter les connaissances du module connexionnistes NeuSim, et aussi des exemples de chaque type de fichier utilisé par les modules NeuComp et NeuSim.

B.1 - Module NeuComp : Fichier des paramètres de compilation (*.ccfg)

*** Xor.ccfg:**

```
%
% >> Fichier de Configuration de Neucomp <<
%
% Options de Compilation :
%
$Flags [OG]
%
% Options:
%    D - Affiche les tableaux de compilation
%    G - Affiche la topologie du réseau (graphique créé par gnuplot)
%    C - Connecter tous les noeuds
%        (connexions intercouches / utiliser toutes les entrées spécifiées)
%    I - Attribuer des valeurs aléatoires à tous les noeuds
%        (créer seulement la topologie du réseau à partir des règles)
%    O - Créer les entrées dans le même ordre défini par '$Features'
%
$WF 8
%
% WF = Weights_Factor.
% Les valeurs attribuées aux poids sont proportionnelles à "Weights_Factor"
% Voir [Towell 1991] - "W Constant"
%
```

B.2 - Module NeuComp : Fichiers avec des règles symboliques (*.symb)

*** Xor.symb:**

```
$Features:
 X1:binary;
 X2:binary.
$End_Feat.
```

```
$Rules:
 X1_OR_X2  <- X1;
 X1_OR_X2  <- X2;
 X1_AND_X2 <- X1,X2;
 XOR       <- X1_OR_X2, Not(X1_AND_X2).
$End_rules.

$End.
```

*** Robot.symb:**

```
#define MAXVAL 1024.0
#define MINVAL 0.0

#define DETECTWALL 800
#define SENSIB     100
#define EXACT      5000

%
% Contrôleur TRES SIMPLE d'un robot autonome Khepera
%

$Features:
SSL : range : [MINVAL , MAXVAL];  % Capteur 0
SL  : range : [MINVAL , MAXVAL];  % Capteur 1
SFL : range : [MINVAL , MAXVAL];  % Capteur 2
SFR : range : [MINVAL , MAXVAL];  % Capteur 3
SR  : range : [MINVAL , MAXVAL];  % Capteur 4
SSR : range : [MINVAL , MAXVAL];  % Capteur 5
SBR : range : [MINVAL , MAXVAL];  % Capteur 6
SBL : range : [MINVAL , MAXVAL].  % Capteur 7
$End_Feat.

$Rules:

Front_Sensor <= GT(SFL, DETECTWALL, SENSIB);
Front_Sensor <= GT(SFR, DETECTWALL, SENSIB);
Front_Sensor <= GT(SL,  DETECTWALL, SENSIB);
Front_Sensor <= GT(SR,  DETECTWALL, SENSIB);

Left_Sensor  <= GT(SL,  DETECTWALL, SENSIB),
                GT(SL, SFL, EXACT),
                GT(SL, SFR, EXACT),
                GT(SL, SR,  EXACT),
                GT(SL, SSR, EXACT);

Left_Sensor  <= GT(SSL, DETECTWALL, SENSIB),
                GT(SSL, SFL, EXACT),
                GT(SSL, SFR, EXACT),
                GT(SSL, SR,  EXACT),
                GT(SSL, SSR, EXACT);

Right_Sensor  <= GT(SR,  DETECTWALL, SENSIB),
                 GT(SR, SFR, EXACT),
                 GT(SR, SFL, EXACT),
                 GT(SR, SL,  EXACT),
                 GT(SR, SSL, EXACT);
```

```
Right_Sensor  <= GT(SSR, DETECTWALL, SENSIB),
                 GT(SSR, SFR, EXACT),
                 GT(SSR, SFL, EXACT),
                 GT(SSR, SL,  EXACT),
                 GT(SSR, SSL, EXACT);

Turn_Left <= Front_Sensor, Not(Left_Sensor);
Forward   <= Not(Front_Sensor);
Turn_Right<= Front_Sensor, Not(Right_Sensor).

$End_rules.

$End.
```

*** Xor.rep: Rapport de la compilation**

```
Neucomp - Rules to Neural Net Compilator
~~~~~~~

Compilation Source: xor.symb
Compilation Flags : [OG]
Random Seed Used  : 881764573

=> Inputs:
   X1
   X2

=> Hiddens:
   X1_OR_X2 (T:1)
   X1_OR_X2#OR (T:1)
   X1_OR_X2#1 (T:0)
   X1_AND_X2 (T:1)

=> Outputs:
   XOR (T:0)

* Inputs not used:

# Statistics :
  - Inputs : 2
  - Hiddens: 4
  - Outputs: 1
  - Layers : 3
  + Total of rules : 4
  + Total of nodes : 7

>>> End of compilation
```

B.3 - Modules NeuComp et NeuSim : Fichiers avec la topologie du réseau (*.top)

*** Xor.top: (Créé par NeuComp)**

```
%
% ANN Created Automatically by NEUCOMP
%
$Network
2 1 3 5
$Connections
I 0 0 0 0
I 0 0 3 3
I 1 1 2 2
I 1 1 3 3
N 0 0 1 1
N 1 1 4 4
N 2 2 1 1
N 3 3 4 4
O 4 4
$Labels
0 X1_OR_X2 1
1 X1_OR_X2#OR 1
2 X1_OR_X2#1 0
3 X1_AND_X2 1
4 XOR 0
$Inputs
0 X1
1 X2
```

*** Xor.top: (Créé par CasCor)**

```
%
% ANN Created Automatically by NEUSIM V2.1R4
%

$Network
2 1 2 2
$Connections
I 0 0 0 1
I 1 1 0 1
N 1 1 0 0
O 0 0
$Layers
L 0 1 1
L 1 0 0
$Labels
0 N0001 99
1 Cand_3_0 2
$Inputs
0 I0001
1 I0002
$End
```

*** Description du format des fichier *.top :**

```
%%
%% Réseau créé par F. Osório - 05/94
%%
```

```
$Network
NEntrées NSorties NCouches NNeurones

$Connections
% Spécification des connexions d'entrée:
% Les entrées de "ex" jusqu'à "ey" sont connectées à "nx" jusqu'à "ny"
% Les entrées et les neurones sont numérotés à partir de zéro!
% Les entrées ne sont pas considérées dans le nombre de couches NCouches
% "ex" peut être égal à "ey", ainsi que, "nx" peut être égal à "ny"

I ex ey nx ny
I ex ey nx ny
...

% Spécifications des connexions des neurones:
% Les neurones de "ni" jusqu'à "nj" sont connectés à "nx" jusqu'à "ny"

N ni nj nx ny
N ni nj nx ny
...

% Spécification des neurones de sortie:
% Les neurones de "nx" jusqu'à "ny" sont des neurones de sortie

O nx ny
O nx ny
...

$Layers
% Couches du réseau
% Couche "cx" inclut les neurones de "nx" jusqu'à "ny"
% Cette partie est facultative

L cx nx ny
...

% Identificateurs des neurones (information symbolique)
% Cette partie est facultative

$Labels

NeuroneX "Nom_de_l'Unité" [Type]
NeuroneY "Nom_de_l'Unité" [Type]
...

% Partie facultative
% Type: 0 = Identificateur d'une règle compilé
%       1 = Identificateur ajouté par le compilateur (règle transformée)
%       2 = Identificateur crée par l'algorithme CasCor (ajout d'unité)
%       3 = Réseau créé automatiquement par NeuSim
%       4 = Réseau créé "à la main"
%      99 = Origine inconnue

$Inputs

EntréeX "Nom_de_l'Entrée"
EntréeY "Nom_de_l'Entrée"
...

$End
```

B.4 - Modules NeuComp et NeuSim : Fichiers avec les poids des connexions du réseau (*.wts)

*** Xor.wts: (Créé par NeuComp)**

```
2 1 3 5 Compiled
I 0 0 8.000000
B 0 0 0 -4.000000
N 0 1 8.000000
N 2 1 8.000000
B 1 0 0 -4.000000
I 1 2 8.000000
B 2 0 0 -4.000000
I 0 3 8.000000
I 1 3 8.000000
B 3 0 0 -12.000000
N 1 4 8.000000
N 3 4 -8.000000
B 4 0 0 -4.000000
End
```

*** Xor.wts: (Créé par CasCor)**

```
2 1 2 2 CasCor
I 0 0 -5.255434
I 0 1 -28.647793
I 1 0 -4.819084
I 1 1 -29.328611
B 0 0 0 7.717860
N 1 0 -24.472671
B 1 1 0 13.135694
End
```

*** Description du format des fichier *.wts :**

```
NEntrées  NSorties  NCouches  NNeurones  [Type_de_Topologie]
B  Neurone  Freeze_Flag  Type_FcAct  Biais
...
N  Départ_Neurone  Arrivé_Neurone  Valeur_du_Poids
...
I Départ_Entrée Arrivé_Neurone Valeur_du_Poids
...
End


"N", "B" et "I" peuvent s'alterner.
Freeze_Flag : Indique s'il est un neurone avec des poids gelés.
Type_FcAct : Indique le type de la fonction d'activation de l'unité. La
  valeur 0 représente une fonction du type sigmoïde asymétrique.
Biais : Valeur du 'biais' (seuil) de l'unité.
```

```
Type_de_Topology : C'est facultatif. Indique le type d'algorithme utilisé
  pour obtenir les poids des connexions. Types acceptés = { Std_Bkp, CasCor,
  QuickProp, Compiled, Unknown }
```

B.5 - Module NeuSim : Fichier avec les données d'apprentissage (*.Learn, *.Test)

*** Xor.learn:**

```
2 1 4 0
0 0 0
1 0 1
0 1 1
1 1 0
```

*** Coma13-Adt.test:**

```
13 1 354 0
0.0 0.720000 0.0 0.0 0.0 0.5 1.0 1.0 0.436782 0.515152 0.500000 0.0 1.0 0
0.0 0.666667 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.632184 0.212121 0.625000 1.0 0.0 1
0.0 0.773333 1.0 0.0 0.0 0.5 0.0 0.0 0.500000 0.454545 0.500000 0.0 0.0 1
0.0 0.766667 0.0 1.0 0.0 0.5 1.0 1.0 0.287356 0.651515 0.500000 1.0 1.0 1
0.0 0.760000 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.540230 0.272727 0.500000 0.0 1.0 0
1.0 0.813333 1.0 0.0 0.0 0.5 0.0 0.0 0.431034 0.424242 0.500000 0.0 0.0 0
0.0 0.733333 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.459770 0.545455 0.500000 1.0 1.0 0
1.0 0.753333 1.0 0.0 0.0 0.5 1.0 1.0 0.172414 0.242424 0.500000 0.0 0.0 1
0.0 0.766667 0.0 0.0 0.0 0.5 1.0 1.0 0.689655 0.545455 0.500000 0.0 1.0 1
0.0 0.786667 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.402299 0.272727 0.500000 0.0 0.0 1
0.0 0.786667 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.229885 0.621212 0.500000 0.0 1.0 0
0.0 0.800000 0.0 0.0 0.0 0.5 1.0 1.0 0.689655 0.469697 0.500000 0.0 1.0 0
0.0 0.720000 0.0 0.0 0.0 0.5 1.0 1.0 0.557471 0.151515 0.500000 1.0 0.0 0
1.0 0.666667 1.0 1.0 0.0 0.5 1.0 1.0 0.344828 0.621212 0.500000 0.0 1.0 1
1.0 0.733333 1.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.632184 0.348485 0.500000 0.0 0.0 0
...
0.0 0.800000 1.0 0.0 1.0 1.0 1.0 1.0 0.574713 0.621212 0.500000 0.0 0.0 0
1.0 0.800000 0.0 0.0 0.0 0.5 1.0 1.0 0.425287 0.272727 0.500000 0.0 1.0 1
0.0 0.786667 0.0 0.0 0.0 0.0 1.0 1.0 0.402299 0.318182 0.500000 1.0 0.0 1
```

*** Description du format des fichier *.learn/*.test :**

```
Nombre_d'Entrées Nombre_de_Sorties Nombre_d'Exemples Type_des_Données
E0 E1 E2 .... EN S0 S1 S2 ... SN
S0 S1 S2 .... SN S0 S1 S2 ... SN
...

Type_des_Données :
 0 -> Entrées / Sorties = Valeurs réelles (e.g. 0, 1, 15, 5.25, -0.2)
 1 -> Entrées = Valeurs Réelles / Sorties = Valeurs Binaires  (non disp.)
 2 -> Entrées = Valeurs Réelles / Sorties = Valeurs Binaires  (non disp.)
```

B.6 - Module NeuSim : Fichier avec les paramètres d'apprentissage (*.cfg)

*** Xor-bp.cfg: (Méthode Rétro-Propagation)**

```
%%
%% NEUSIM Configuration File - XOR with Back-Propagation learning
%%
Task      LT     % Learning + Final Test
MaxEpochs 2000
NInputs   2
NOutputs  1
BackProp  2      % Learning method: backpropagation with 2 hidden units
%
% Learning parameters
%
RndRange  1.0
Epsilon   0.1
Momentum  0.9
MaxErr    0.4    % Maximum output error
StopCrit  1      % Stop when 100% correct (learning data)
SPOffset  0.1    % Sigmoid-Prime-Offset
DataOrder 1      % Order of data presentation: randomly
%
% Report Flags
%
RepLevel  128    % Report flag
ErrLevel  0      % Error  flag
RepFreq   100    % File Output (# of epochs)
UserFreq  10     % Console Output (# of epochs)
UserRep   1      % Console flag
%%
%% End of CFG
%%
```

*** Xor-qp.cfg: (Méthode QuickProp)**

```
%%
%% NEUSIM Configuration File - XOR with QuickProp learning
%%
Task      LT            % Learning + Final Test
MaxEpochs 1500
NInputs   2
NOutputs  1
BackProp  2             % Learning method:
Learning  2             % Quick-propagation with 2 hidden units
%
% Learning parameters
%
RndRange  1.0
Epsilon   0.05
Momentum  0.0
MaxErr    0.3
StopCrit  1             % Stop when 100% correct (learning data)
```

```
SPOffset  0.1
EpLearn   1             % Quick-prop always use weights adjust by epochs
%
% Report
%
RepLevel  128
ErrLevel  0
RepFreq   50
UserFreq  10
UserRep   1
%%
%% End of CFG
%%
```

*** Xor-cc.cfg: (Méthode CasCor)**

```
%%
%% NEUSIM Configuration File - XOR with Cascade-Correlation learning
%%
Task      LTWS          % Learn + Final Test
MaxEpochs 1500
NInputs   2
NOutputs  1             % Start with no hidden units
Learning  1             % Learning method:
Cascor    8             %     Cascade-Correlation (8 candidate units)
%
% CasCor parameters
%
CCOutPat  16
CCOutECh  0.01
CCHidPat  16
CCHidECh  0.03
EpLearn   1             % CasCor use quick-prop (epoch oriented)
%
% Learning parameters
%
RndRange  0.001
Epsilon   0.0001
Momentum  0.0
MaxErr    0.1
StopCrit  1             % Stop when 100% correct (learning data)
SPOffset  0.1
%
% Report
%
RepLevel  195
ErrLevel  0
RepFreq   10
UserFreq  10
UserRep   1
%%
%% End of CFG
%%
```

*** Xor-inss.cfg: (Méthode 'Raffinement' = Réseau Compilé + Apprentissage avec CasCor)**

```
%%
%% NEUSIM Configuration File - XOR with compiled ANN + CasCor learning
%%
Task      PLT           % Load compiled ANN + Learn + Final Test
MaxEpochs 500
NInputs   2
NOutputs  1             % Start with the pre-compiled ANN hidden units...
Learning  1             % Learning method:
Cascor    8             %     Cascade-Correlation (8 candidate units)
%
% CasCor parameters
%
CCOutPat  8
CCOutECh  0.01
CCHidPat  8
CCHidECh  0.03
EpLearn   1             % CasCor use quick-prop (epoch oriented)
%
% Learning parameters
%
RndRange  0.1
Epsilon   0.35
Momentum  0.0
MaxErr    0.4
StopCrit  1             % Stop when 100% correct (learning data)
SPOffset  0.1
%
% Report
%
RepLevel  128
ErrLevel  0
RepFreq   50
UserFreq  10
UserRep   1
%%
%% End of CFG
%%
```

*** Xor-tst.cfg: (Test d'un réseau créé préalablement - par compilation ou par apprentissage)**

```
%%
%% NEUSIM Configuration File - Test XOR Compiled ANN
%%
Task      PT            % Read Weights + Test
MaxEpochs 1             % Without learning - Just testing
NInputs   2
NOutputs  1
MaxErr    0.4
RepLevel  128           % Report: summary of results
ErrLevel  0
RepFreq   1
UserFreq  1
UserRep   1
%% END of Cfg
```

* Xor.rep: Rapport de la simulation

```
NEUSIM START: 10.Sep.97 - 14:46:55 (Wed)

>> NEUSIM V2.1R4 - By F.Osorio <<
>> Simulation Report File      <<

<CFG > Startup File Prefix: xor-cc
<SEED> Random Seed Used: 881761615
<EXEC> Create Cascade-Correlation initial ANN structure
<EXEC> Initialize ANN topology/default values
<EXEC> Randomize network weights
<EXEC> Read learning data to memory
<EXEC> Read testing data to memory
<EXEC> Simulation of 10 CasCor learn epochs!
<STAT> Correct:   0.00% - Wrong Outs: 00004 - Acc.Error:   2.000000 - Epoch: 00010 (L)
<EXEC> Simulation of 10 CasCor learn epochs!
<EXEC> CasCor - NETWORK EXPANSION!
<EXEC> Simulation of 10 Cascor learn epochs! (Hidden Unit)
<EXEC> Simulation of 10 Cascor learn epochs! (Hidden Unit)
<EXEC> Simulation of 10 Cascor learn epochs! (Hidden Unit)
<EXEC> Simulation of 10 Cascor learn epochs! (Hidden Unit)
<STAT> Correct:   0.00% - Wrong Outs: 00004 - Acc.Error:   1.693244 - Epoch: 00060 (L)
<EXEC> Simulation of 10 CasCor learn epochs!
<STAT> Correct:   0.00% - Wrong Outs: 00004 - Acc.Error:   1.675589 - Epoch: 00070 (L)
<EXEC> Simulation of 10 CasCor learn epochs!
<STAT> Correct:   0.00% - Wrong Outs: 00004 - Acc.Error:   1.463466 - Epoch: 00080 (L)
<EXEC> Simulation of 10 CasCor learn epochs!
<STAT> Correct:  25.00% - Wrong Outs: 00003 - Acc.Error:   1.062275 - Epoch: 00090 (L)
<EXEC> Simulation of 10 CasCor learn epochs!
<STAT> Correct:  25.00% - Wrong Outs: 00003 - Acc.Error:   0.722562 - Epoch: 00100 (L)
<EXEC> Simulation of 10 CasCor learn epochs!
<STAT> Correct:  25.00% - Wrong Outs: 00003 - Acc.Error:   0.509407 - Epoch: 00110 (L)
<EXEC> Simulation of 10 CasCor learn epochs!
<STAT> Correct:  75.00% - Wrong Outs: 00001 - Acc.Error:   0.307144 - Epoch: 00120 (L)
<EXEC> Simulation of 10 CasCor learn epochs!
<STAT> Correct: 100.00% - Wrong Outs: 00000 - Acc.Error:   0.055482 - Epoch: 00125 (L)
<EXEC> Write ANN topology file
<EXEC> Write ANN weights file
<END >
<<<>>> Generalization - BestScore: 100.000000 - BestEpoch: 125 - NewUnits: 1
<<<>>> Test Epochs: 00001 - Learn Epochs: 00125
EXIT: 10.Sep.97 # 14:46:56 (Wed)
```

==> Informations affichées à l'écran pendant la simulation :

```
Epoch:00010 - Correct:   0.00% - AccErr:    2.000000 - MaxErr:   0.175133
Epoch:00017 - CasCor Network Expansion!
Epoch:00020 - Correlation: 0.000139 [5]
Epoch:00030 - Correlation: 0.000142 [3]
Epoch:00040 - Correlation: 1.293679 [5]
Epoch:00050 - Correlation: 1.427921 [0]
Epoch:00060 - Correct:   0.00% - AccErr:    1.693244 - MaxErr:   0.175016
Epoch:00070 - Correct:   0.00% - AccErr:    1.675589 - MaxErr:   0.180441
Epoch:00080 - Correct:   0.00% - AccErr:    1.463466 - MaxErr:   0.147155
Epoch:00090 - Correct:  25.00% - AccErr:    1.062275 - MaxErr:   0.140679
Epoch:00100 - Correct:  25.00% - AccErr:    0.722562 - MaxErr:   0.079148
Epoch:00110 - Correct:  25.00% - AccErr:    0.509407 - MaxErr:   0.048071
Epoch:00120 - Correct:  75.00% - AccErr:    0.307144 - MaxErr:   0.027080
Epoch:00125 - Correct: 100.00% - AccErr:    0.055482 - MaxErr:   0.015177
Stop: 100% correct in Learn data file...

SUCCESS at 125 Epochs with 1 Added units
Random Seed: 881761615

Test Epochs: 00001 - Learn Epochs: 00125
Generalization - BestScore: 100.000000 - BestEpoch: 125 - NewUnits: 1

>>> End of simulation
```

*** Description du format des fichier *.cfg :**

```
Fichier de configuration de Neusim - Options disponibles :

Task LTRWSBOPGIVE
    L=Apprentissage (Learn)
    T=Tester avec le fichier *.test à la fin de l'apprentissage (Test)
    G=Tester avec le fichier *.test après chaque époque d'apprentissage
      (Generalization)
    W=Enregistrer le fichier de topologie *.top (WriteTop)
    S=Enregistrer le fichier des poids des connexions(SaveWt)
    O=Enregistrer les réponses du réseau dans le fichier *.out (SaveOut)
    R=Créer un fichier selon la topologie du fichier *.top (ReadTop)
    P=Lire un réseau préalablement créé, fichiers *.top et *.wts (LoadW)
    I=Passer dans le mode interactif à la fin de la simulation (Interact)
    V=Afficher la topologie finale du réseau (Gnuplot visualiz.)
    E=Créer les fichiers data.ok et data.err (Error File)
    F=FalseAnswers (False True, False Non True - 1 Binary Output)

FilePref  Nom_du_fichier
    Nom des fichiers (nom.cfg, nom.rep, nom.learn, nom.test, etc)

NInputs   Entrées               ('int' x >= 1)
NOutputs  Sorties               ('int' x >= 1)

Learning  Méthode (0 = BackProp, 1 = Cascor, 2=Quick-prop)

BackProp  Unités_Cachées        ('int' x >= 1)
     Création automatique d'un réseau à trois couches

CasCor    Unités_Candidates     ('int' x >= 1)

Epsilon   Vitesse_d'Apprentissage ('float' x >= 0.0)
Momentum  Inertie                 ('float' x >= 0.0)

FunctActv Type_de_la_Fonction_d'Activation
    Valeurs: 0=AsymSigm[0,0.5], 1=SymSigm[-0.5,0.5], 2=SymSigm[-1/+1]
             3=AsymSigm+Temperature, 4=TangHip[-1/+1]

MaxErr    Erreur_acceptée          ('float' x >= 0.0)
    Valeur considérée pour l'estimation de la pourcentage de bonnes
    réponses (sortie_réseau est dans l'intervalle comprise entre
    sortie_désirée +/- MaxErr)

StopCrit  Critère_d'arrêt (0 = StopErr; 1 = 100% Learn; 2 = 100% Test)
StopErr   Arrêt_de_la_simulation  ('float' x >= 0.0)
    Si 'StopCrit' = 0 alors la simulation va s'arrêter
    quand l'erreur des sorties sera inférieure à StopErr

MaxEpochs Nombre_d'Epoques        ('int'   x >= 0)
    La simulation va s'arrêter après 'MaxEpochs' époques de simulation

RndRange  Valeurs_Aléatoires      ('float' x >= 0.0)
    Définition de la valeur maximale des valeurs aléatoires générées
   (poids initiaux du réseau)

RndSeed   Random_Seed             ('int'   x >= 0)
    Valeur de initialisation du générateur de valeurs aléatoires

DataOrder Ordre_des_données       (0=Sequential, 1=Random)
```

```
NetOutput Type_de_Sortie          (0=+/-MaxErr,  1=Binary, 2=Exact)

WtsDecay  Decay             ('float' x <= 0.0)
CrossEnt  Flag              (0=Std error fct., 1=Cross-entropy fct.)
SPOffset  Offset            ('float' x >= 0.0)
EpLearn   Flag              (0=adaptation des poids après chaque exemple,
                             1=adaptation des poids après une époques)
SigmTemp  Température       ('float')

CCOutPat  CasCor_Patience   ('int' x >= 1)
CCOutECh  CasCor_Epochs     ('float')
CCHidPat  CasCor_Patience   ('int' x >= 1)
CCHidECh CasCor_Epochs      ('float')
CCAddOut  Flag    (0=non, il ne modifie pas le réseau initial
                   1=oui, il ajoute une couche de sortie supplémentaire)

RepLevel, ErrLevel, RepFreq, UserFreq, UserRep  :   Spécifient  le  type
    de report de la simulation (console et fichier). Voir documentations
    sur le simulateur à propos des codes acceptées.
```

B.7 - Module NeuSim : Fichier avec les résultats de la simulation (*.out, data.ok, data.err)

*** Xor.out:**

```
0.000000
0.921465
0.947786
0.086538
```

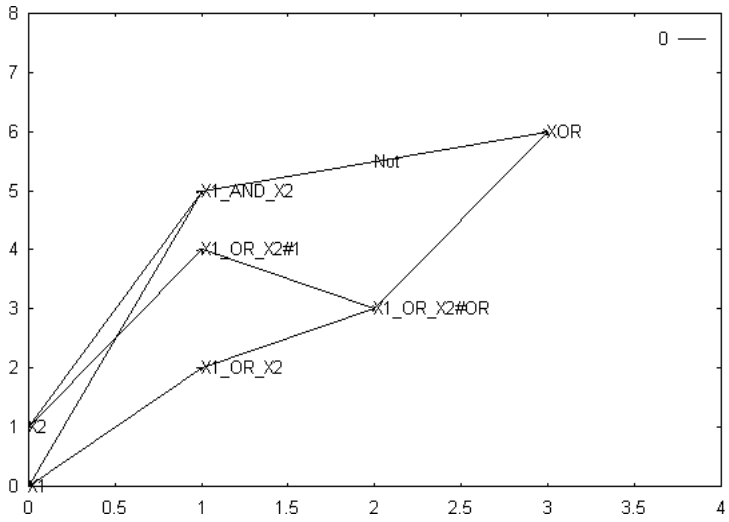
*** Data.ok: (nous avons intentionnellement changé un des 4 exemples)**

```
0.000000 0.000000 0.000000
1.000000 0.000000 1.000000
1.000000 1.000000 0.000000
```

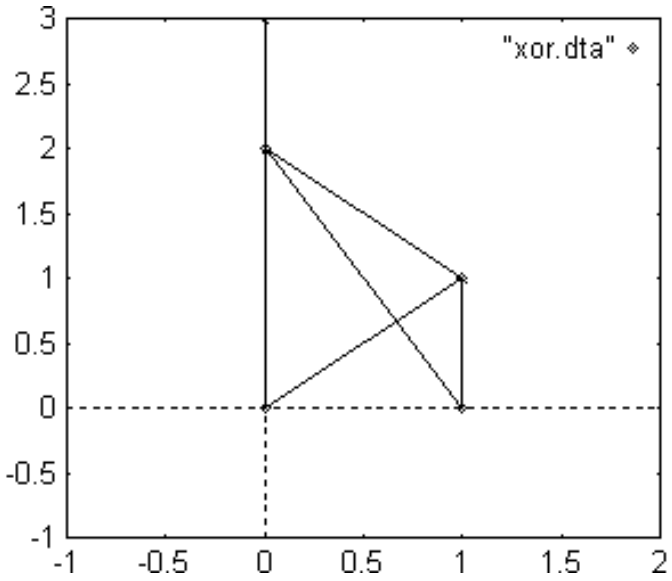
*** Data.err: (nous avons intentionnellement changé un des 4 exemples)**

```
0.000000 1.000000 0.000000 # 0.992506
```

B.8 - Modules NeuComp et NeuSim : Affichage graphique de la topologie des réseaux (*.gnup, *.gnuplot)



XOR - Réseau compilé



XOR - Réseau créé par apprentissage (CasCor)

10. GLOSSAIRE ET ABREVIATIONS

ADALINE, MADALINE - Type d'unités (neurones) qui utilisent une méthode d'apprentissage par minimisation de l'erreur - règle LMS. Principal responsable : B. Widrow. (Anglais : Adaptive Linear Element)

AG/GA - Algorithmes Génétiques (Anglais : *Genetic Algorithms* - G. A.)

ANN - Réseaux de Neurones Artificiels (Anglais : *Artificial Neural Networks* - A.N.N.)

AQ-Learning - Méthodes d'apprentissage par induction. Il existe toute une famille d'algorithmes basés sur l'algorithme AQ développé par Michalski. Les méthodes AQ incluent des versions spécifiques tels que: AQ-14 NT (*Noise Tolerant Learning*), AQ-15 GA (*Genetic Algorithm Attribute Selection*), AQ-15 FCLS (*Flexible Concept Learning*), AQ-17 (*Multistrategy Constructive Learning System*), AQ-17 HCI (*Hypothesis-Driven Constructive Induction*) et AQ-17 DCI (*Data-Driven Constructive Induction*). Principal responsable : R. Michalski.

Arbres de Décision / Arbres d'Induction - Méthode d'apprentissage par induction à partir de connaissances empiriques. L'algorithme le plus connu qu'implemente ce type de méthode est l'ID3. (Anglais : Decision Trees)

ARN2 - Modèle de réseaux connexionnistes à base de prototypes. Devéloppé au Lab. LIFIA, IMAG par l'Equipe Réseaux d'Automates. Principaux responsables : B. Amy, A. Giacometti et A. Azcarraga.

Assitant Professional - Méthode d'apprentissage utilisée pour la construction d'arbres de décision basée sur l'algorithme ID3 de Quinlan. Principaux responsables : B. Cestnik, I. Kononenko et I. Bratko.

Back-Propagation - Méthode d'apprentissage supervisé des réseaux connexionnistes du type PMC basée sur la minimisation de l'erreur entre la sortie du réseau et un résultat désiré. Ceci est obtenu par *descente de gradient* sur une surface d'erreur et par la rétro-propagation de cet erreur aux couches supérieures du réseau.

C4.5 - Système de construction d'arbres de décision. Principal responsable : R. Quinlan.

CART - Méthode d'apprentissage par induction, construction d'arbres de décision. (Anglais : *Classification And Regression Trees* - CART). Principal responsable : L. Breiman.

Cascade-Correlation / CASCOR - Méthode d'apprentissage supervisé de construction incrémentale des réseaux connexionnistes de type PMC, basée sur le calcul de la corrélation. Méthode développée par S. Fahlman et C. Lebière (Cascade-Correlation Learning Algorithm). Principal responsable : S. Fahlman.

CBR - Raisonnement fondé sur des cas (Anglais : *Case-Based Reasoning* - C.B.R.)

CLASSIT - Algorithme d'apprentissage basé sur une méthode de "*conceptual clustering*". Travaille uniquement sur des attributs numériques. Principaux responsables : J. Gennari, P. Langley et D. Fisher.

CLASSWEB - Combination des algorithmes COBWEB et CLASSIT dans un seul système. Principaux responsables : J. Kreuziger, R. Hamann et W. Wenzel.

CLIPS - Langage utilisé pour le dévéloppement de systèmes experts (*C Language Integrated Production System*). Devéloppé par la NASA.

CN2 - Méthode d'induction de règles de classification à partir d'exemples, qui s'utilise de l'entropie comme heuristique de recherche. CN2 combine les méthodes ID3 et AQ-Learning. Principaux responsables : P. Clark et T. Niblett.

COBWEB - Algorithme d'apprentissage non-supervisé basé sur une méthode de "*conceptual clustering*" (création de prototypes). Travaille uniquement sur des attributs nominaux. Principal responsable : D. Fisher.

DENDRAL - Systèmes Experts très connu utilisé pour l'identification de structures moléculaires

ECLIPSE - Langage utilisé pour le développement de systèmes experts. Utilise un moteur d'inférence par chaînage avant et chaînage arrière. Développé par The Haley Enterprise (Paul Haley).

ECOBWEB - Algorithme d'apprentissage non-supervisé basé sur une méthode de "*conceptual clustering*" du type de COBWEB. Principaux responsables : Y. Reich et D. Fisher.

FOCL - Système d'apprentissage automatique basé sur le programme FOIL de Quinlan. Il possède un module d'extension de FOIL avec un apprentissage basé sur l'explication (EBL). Principaux responsables : M. Pazzani et D. Kibler.

FOIL - Méthode d'apprentissage pour induction dont le but est l'obtention de règles du type de la langage Prolog (clauses de Horn). C'est une méthode du type ILP. Principal responsable : J. Quinlan.

GP - Programmation Génétique (Anglais : *Genetic Programming* - G.P.)

GPS - Système de résolution général de problèmes (Anglais : *General Problem Solvers* - G.P.S.)

IA - Intelligence Artificielle (Anglais : *Artificial Intelligence* - A.I.)

IAD - Intelligence Artificielle Distribuée

ID3 - Système de construction d'arbres de décision. Principal responsable : R. Quinlan.

ID5R - Système de construction incrémental d'arbres de décision dérivé d'ID3. Principal responsable : P. Utgoff.

IDL - Méthode incrémentale d'induction d'arbres de décision dérivée d'ID3et d'ID5R. Principal responsable : W. Van de Welde.

IDT - Voir les arbres de décision. (Anglais : Induction Decision Trees)

ILP - Programmation Logique Inductive. Méthode de apprentissage qui a pour but l'obtention d'une base de règles du type de celles utilisées dans le langage Prolog. Exemple de systèmes basés sur l'ILP: ProGol, Prolog-EBG, FOIL, mFOIL, FOCL. (Anglais : *Inductive Logic Programming* - I.L.P.)

INSS - *Incremental Neuro-Symbolic System*. Système hybride neuro-symbolique d'acquisition incrémental de connaissances. Utilise un réseau du type P.M.C. avec l'algorithme *Cascade-Correlation*. Devéloppé au Lab. Leibniz (LIFIA), IMAG par l'Equipe Réseaux d'Automates. Principaux responsables : B. Amy et F. Osório.

ITI - Méthode de construction incrémentale d'arbres de décision dérivée d'ID3 et d'ID5R. Principal responsable : P. Utgoff (Anglais : Incremental Tree Induction - I.T.I.)

KBANN - Knowledge-Based Artificial Neural Networks. Système hybride neuro-symbolique devéloppé à l'University of Wisconsin-Madison, par le équipe de 'machine

learning' de Jude Shavlik. Utilise un réseau du type P.M.C. avec l'algorithme de *Retro-Propagation*. Principaux responsables : J. Shavlik et G. Towell.

KBS - Systèmes à bases de connaissances (Anglais : *Knowledge-Based Systems* - K.B.S.)

KDD - Systèmes intelligents pour l'exploration de données et des connaissances contenues dans ces données. Ils sont usuellement dotés des méthodes d'analyse de données, d'apprentissage automatique et d'interprétation de données. (Anglais : *Knowledge Data Discovery = Data Mining*)

LIFIA - Laboratoire d'Informatique Fondamentale et d'Intelligence Artificielle, IMAG, Grenoble. Le laboratoire LIFIA a disparu en 1995 et certaines de ses équipes de recherche constituent actuellement le Laboratoire Leibniz.

MC - Module Connexionniste. Partie d'un système hybride qui est reponsable pour le traitement connexionniste.

mFOIL - Méthode d'apprentissage automatique du type ILP basée sur l'algorithme FOIL. Principal responsable : S. Dzeroski.

ML - Apprentissage Automatique (Anglais : *Machine Learning* - M.L.)

Monk's Problem - Collection de bases de donnés pour l'évaluation de méthodes d'apprentissage automatique (*benchmark*). Principal responsable : S. Thrun.

MS - Module symbolique. Partie d'un système hybride qui est reponsable pour les manipulations symboliques.

MYCIN - Système Expert très connu utilisé pour le diagnostic de maladies infectieuses sanguines.

NESSY3L - NEuroSymbolic SYstem with 3 Levels. Système hybride neuro-symbolique composé de trois niveaux. Devéloppé au Lab. Leibniz (LIFIA), IMAG par l'Equipe Réseaux d'Automates. Principaux responsables : B. Amy et B. Orsier.

OPS5 - Langage utilisé pour le développement de systèmes experts. Utilise un moteur d'inférence par chaînage avant basé sur l'algorithme Rete. Ce langage est à l'origine des langages comme CLIPS et ECLIPSE. Développé à Carnegie Mellon Univ. (CMU).

PERCEPTRON - Type d'unité des réseaux de neurones artificiels. Les Perceptrons sont une des premières propositions d'un modèle de neurone artificiel. Principal responsable : F. Rosenblatt.

PMC - Perceptron multi-couches (Anglais : *Multi-Layer Perceptron* - M.L.P.)

PRISM - Méthode d'apprentissage utilisée pour la construction d'arbres de décision basée sur l'algorithme ID3 de Quinlan. Il se distingue d'ID3 par le type de méthode employé pour la sélection des attributs discriminants. Principal responsable : J. Cendrowska.

PROBEN1 - Collection de bases de donnés pour l'évaluation de méthodes d'apprentissage automatique (*benchmark*). Principal responsable : L. Prechelt.

ProBis - Système hybride CBR-RNA, avec l'intégration d'un réseau connexionniste et d'un méthode de raisonnement fondé sur des cas. Devéloppé au Lab. Leibniz (LIFIA), IMAG par l'Equipe Réseaux d'Automates. Principaux responsables : B. Amy et M. Malek.

QuickProp - Méthode d'apprentissage supervisée des réseaux connexionnistes du type PMC basée sur la descente de gradient sur une surface d'erreur. C'est une méthode perfectionné de la Rétro-Propagation (plus performante dans la descente de la surface d'erreur) crée par S. Fahlman. Il s'utilise d'une méthode de deuxième ordre basée sur l'approximation de la dérivé seconde.

Rétro-Propagation - Méthode d'apprentissage supervisé des réseaux connexionnistes de type PMC basée sur la rétro-propagation de l'erreur de sortie. Voir : Back-Propagation. (Anglais : *Back-Propagation*)

RNA - Réseaux de Neurones Artificiels (Anglais : *Artificial Neural Networks* - A.N.N.)

SE - Systèmes Experts (Anglais : *Expert Systems*)

SHNS - Systèmes Hybrides Neuro-Symboliques (Anglais : *Hybrid Neuro-Symbolic Systems*)

SIPINA - Système d'apprentissage automatique pour la construction de graphes induction. Principal responsable : A. Zighed.

SMA - Systèmes Multi-Agents

SYNHESYS - Système hybride neuro-symbolique devéloppé au Lab. LIFIA, IMAG par l'Equipe Réseaux d'Automates. Utilise un réseau du type ARN2 à prototypes. Principaux responsables : B. Amy et A. Giacometti.

TDIDT - Induction d'arbres de décision par construction progressive. (Anglais : Top Down Induction of Decision Trees - T.D.I.D.T.)