

Les réseaux neuronaux peuvent indiquer quelle est la différence: sur les graphiques du haut, un réseau neuronal à formation simulée, testé sur des jets simulés (programme Pythia) de quarks et de gluons, ne détecte aucune variation en fonction de l'énergie transversale des jets. En revanche, lorsque le réseau est testé sur des jets réels (provenant de l'expérience CDF au collisionneur proton-antiproton Tevatron du Laboratoire Fermi), le résultat augmente lentement avec l'énergie transversale, ce qui concorde avec la théorie sous-jacente qui prévoit que le mélange quarks-gluons devient plus riche en quarks.

Réseaux neuronaux

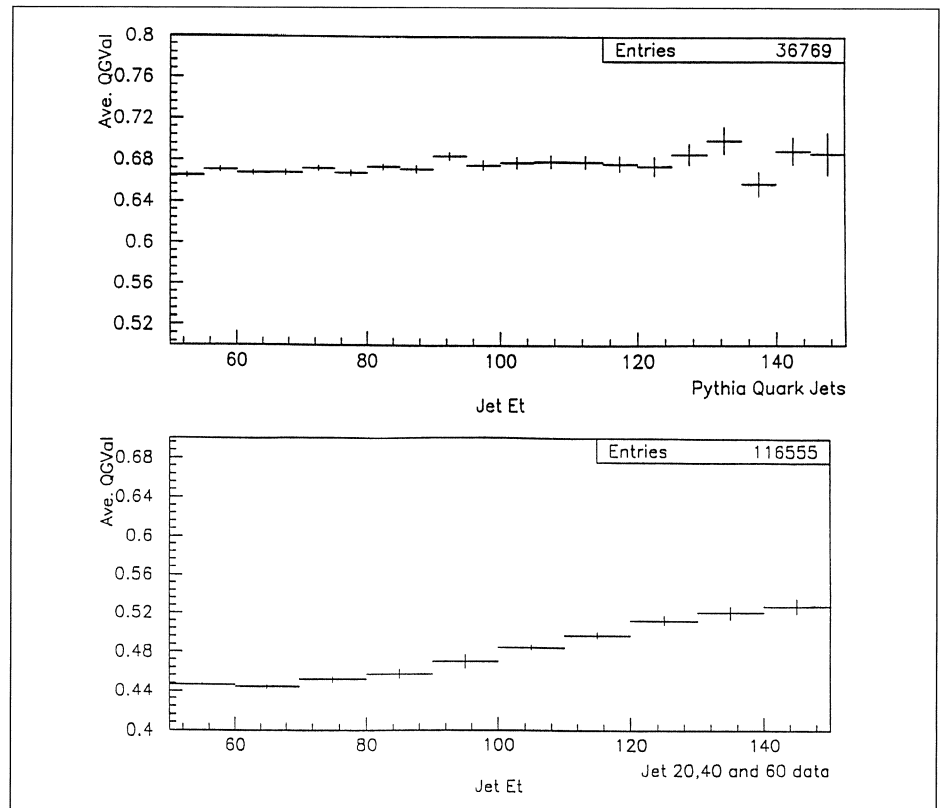
Le années 80 ont connu un immense regain d'intérêt pour les systèmes «neuronaux» de traitement de l'information, ou «réseaux de neurones artificiels», parmi les informaticiens et les spécialistes de la biologie informatique qui se consacrent à l'étude de la connaissance. Toujours en quête de nouvelles techniques, les physiciens de hautes énergies n'ont pas été longs à emboîter le pas, et les premiers articles sur l'application des réseaux neuronaux à la reconnaissance des formes pour la détection des particules ont été publiés en 1987 et 1988.

Depuis lors, l'intérêt pour les réseaux neuronaux en physique des hautes énergies, stimulé par la nécessité de disposer de nouvelles techniques de traitement de l'information pour les collisionneurs de protons de haute énergie de la prochaine génération, a progressé d'une manière qu'il faut bien qualifier d'explosive.

En janvier, au second Séminaire international sur le génie logiciel, l'intelligence artificielle et les systèmes experts en physique des hautes énergies et physique nucléaire, qui s'est tenu à La Londe-les Maures, sur la Côte d'Azur française (mai, page 12), quelque 25 contributions individuelles ont été présentées, dans le cadre des sessions consacrées à l'intelligence artificielle, sur des applications de réseaux neuronaux à la physique des hautes énergies. Par comparaison, lors du premier séminaire de cette série à Lyon, en France, en mars 1990, il n'y avait eu que deux exposés sur ce sujet.

L'année dernière, le premier Séminaire du CERN sur les réseaux neuronaux, organisé, sur une initiative de Walter Hoogland, par Jacques Altaber et J.-P. Porte, comprenait 33 contributions sur les applications des réseaux neuronaux en physique des hautes énergies.

Les réseaux de neurones artificiels sont des architectures de traitement des données comportant un grand nombre de processeurs simples, ou neurones, fonctionnant en parallèle. Organisées généralement en structures à couches, ces architectures sont construites sur le modèle de nos connaissances actuelles



du processus de reconnaissance des formes dans les systèmes nerveux des animaux. Les réseaux neuronaux sont employés en physique des hautes énergies comme un algorithme d'analyse des données et ils commencent également à avoir des applications comme matériel informatique pour les systèmes de déclenchement.

Dans les applications pour l'analyse des données, l'algorithme de réseau neuronal est utile pour la classification, car il donne une bonne approximation d'un classificateur optimal (classificateur de Bayes) avec un minimum de temps système. De plus, il est possible de «former» le réseau neuronal à reconnaître certaines catégories en lui présentant simplement des exemples correctement classifiés sans spécifier un algorithme particulier.

Un exemple est donné par l'expérience Delphi du collisionneur électron-positon LEP du CERN. Les électrons et les muons sont faciles à identifier, de sorte que la fréquence de désintégration relative des particules Z produites avec le LEP en paires

d'électrons et en paires de muons est bien connue. En revanche, la mesure de la fréquence de désintégration relative du Z sous la forme des cinq types connus de quarks (haut, bas, étrange, charme, beauté) est bien plus difficile. Les types de quarks doivent être déduits de la topologie de l'événement et des propriétés des jets de particules qui en résultent.

Les réseaux neuronaux emploient toutes les informations disponibles sur les événements pour construire des variables de caractéristiques permettant une identification fiable du quark. Le réseau, formé aux simulations, est capable de déceler dans les variables d'entrée des corrélations qu'il serait difficile de trouver avec une analyse plus classique. Avec la technique des réseaux neuronaux, les rapports de branchement du Z relativement aux cinq types de quarks connus ont maintenant été déterminés avec des erreurs de l'ordre de quelques pour-cent seulement.

Une étude similaire des données recueillies par Aleph avec le LEP comparait une analyse par réseau

neuronal et une analyse discriminatoire classique pour l'extraction d'événements à quark b dans des désintégrations de Z, et les résultats ont été encourageants. Les membres de la collaboration L3 ont examiné les possibilités des réseaux neuronaux pour l'interprétation des données recueillies avec les cristaux de BGO de leur calorimètre électromagnétique.

L'expérience CDF avec le collisionneur Tévatron du Laboratoire Fermi fournit un autre exemple passionnant des résultats que peut donner l'utilisation d'un réseau neuronal pour l'analyse des données. Plusieurs études de simulation ont été faites avec des réseaux neuronaux pour distinguer entre des jets résultant de quarks et des jets résultant de gluons, mais le résultat obtenu au Laboratoire Fermi donne à penser qu'il devrait être possible de séparer, avec une bonne fiabilité, ces deux catégories de jets dans les conditions réelles de données obtenues avec le collisionneur proton-antiproton.

Cette possibilité aura une grande importance pour les recherches du sixième quark (quark t). Les états quark-antiquark t sont susceptibles de se désintégrer très fréquemment en jets de quarks, alors que les processus du bruit de fond contiennent en prédominance des jets de gluons. Dans l'analyse effectuée au Laboratoire Fermi, on avait simulé la formation d'un réseau neuronal à distinguer les jets de quarks des jets de gluons à l'aide de variables relatives à la forme des jets. Le réseau ainsi formé a ensuite été appliqué à des échantillons de jets provenant de collisions réelles proton-antiproton. Avec les réseaux neuronaux, la probabilité de reconnaître un jet de quarks parmi des jets simulées de gluons et de quarks ne varie pas fortement avec l'énergie transversale du jet. Toutefois, lorsqu'on emploie des réseaux avec des jets effectivement détectés par le CDF, la probabilité d'avoir un jet de quarks augmente régulièrement avec l'énergie transversale du jet. Cette constatation concorde avec la prédiction de l'électrodynamique quantique sur l'accroissement de la proportion des jets de quarks lorsque l'énergie transverse augmente. Les mesures se poursuivent.

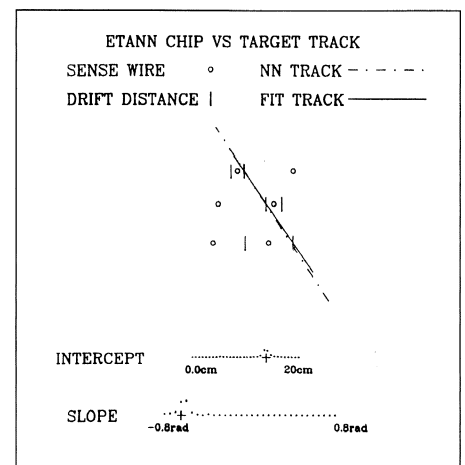
En raison de la nature parallèle du calcul neuronal, les réseaux neuronaux



Au Laboratoire Fermi, Bruce Denby (à droite) et Clark Lindsey adaptent une puce spéciale sur la carte de réseau neuronal fixée sur la carte-mère de lecture de leur chambre à dérive. Dans cette expérience d'avant-garde d'utilisation des équipements des réseaux neuronaux, les angles et les points de rencontre des traces de muons sont calculés en ligne à partir des signaux émis par les fils sensibles analogiques de la chambre. La concordance est excellente entre les lissages des traces par le réseau neuronal et par un traitement en différé (diagrammes ci-dessous).

peuvent être mis en oeuvre sous la forme de systèmes électroniques très rapides. Avec des temps de traitement inférieurs à la microseconde, il devrait être possible de mettre en oeuvre des algorithmes complexes de reconnaissance des formes dans les équipements de déclenchement d'une expérience de physique des hautes énergies.

La première application de ce type provient d'une expérience récente de faisceau d'essai au Laboratoire Fermi, où une puce VLSI de réseau neuronal a été reliée au système d'acquisition de données d'un prototype de chambre à dérive. Des informations sur les temps de dérive, captées par les fils sensibles et codées sous forme de tensions, ont été transmises au réseau neuronal, qui a calculé la pente et le point de rencontre de la trace traversant la chambre et renvoyé ces informations à la carte-mère de lecture pour qu'elles



soient lues avec le reste de l'événement, sans aucun temps mort.

Le matériel des réseaux neuronaux trouve également une utilisation dans

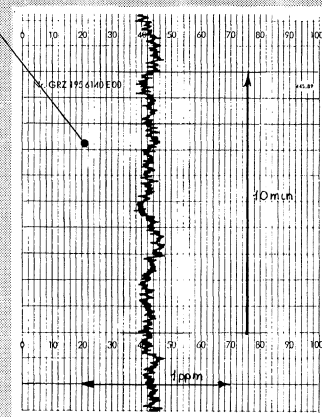
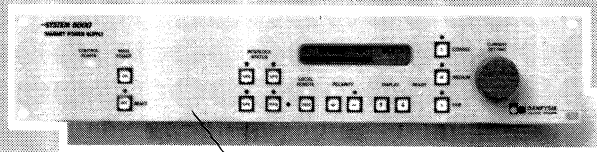
Probably the best magnet power supply technology you can buy...

The Danfysik system 8000 incorporates:

- Linear, Switchmode or SCR technology
- Power range from 1 kW to 1MW
- Current range from 50 A to 10,000 A
- Stability classes: 0.1, 1 and 10 ppm
- Low noise and high efficiency
- Standardised modular construction
- RS232C/422 or IEEE488 interface standards
- NMR field correction input port

Whatever your power supply requirements - with more than 25 years of experience - we have the technology and solution for your application.

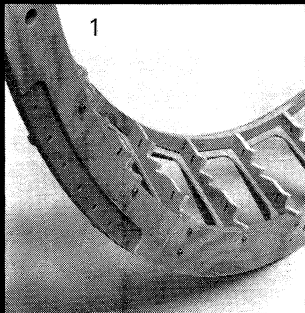
Please contact us for further information.



DANFYSIK A/S · Møllehaven 31 · DK-4040 Jyllinge · Denmark · Tel.: +45 46 78 81 50 · Fax: +45 46 73 15 51
In USA: GMW Associates · Tel.: (415) 368-4884 · Fax.: (415) 368-0816

21a Circle advertisement number on reader service form

03.003 F



Grand anneau de blocage pour la réception de 2 chambres TRD

Ce projet est un mandat de l'Institut de physique de l'Université de Bonn, dont le montage a été exécuté par DESY Hambourg.

Tous les éléments de construction ont été ébauchés à partir de matériaux en plaques, collés et usinés dans nos ateliers, prêts au montage.



Stesalit AG Kunststoffwerk

CH-4234 Zullwil SO
Tél. 061 / 80 06 01 Fax 061 / 80 06 04

1) Le détail en surimpression en haut dans la figure, montre la construction compliquée compte tenu de la précision élevée.

25c Circle advertisement number on reader service form

Préparatifs des nouvelles grandes installations américaines de physique nucléaire. La photographie du haut montre le collisionneur d'ions lourds RHIC en construction à Brookhaven et celle du bas le chantier de la machine à électrons CEBAF à Newport News, en Virginie. Ces installations ont tenu la vedette dans un rapport récent du Comité consultatif américain pour la science nucléaire, qui examine l'évolution de la science nucléaire aux Etats-Unis dans les cinq prochaines années.

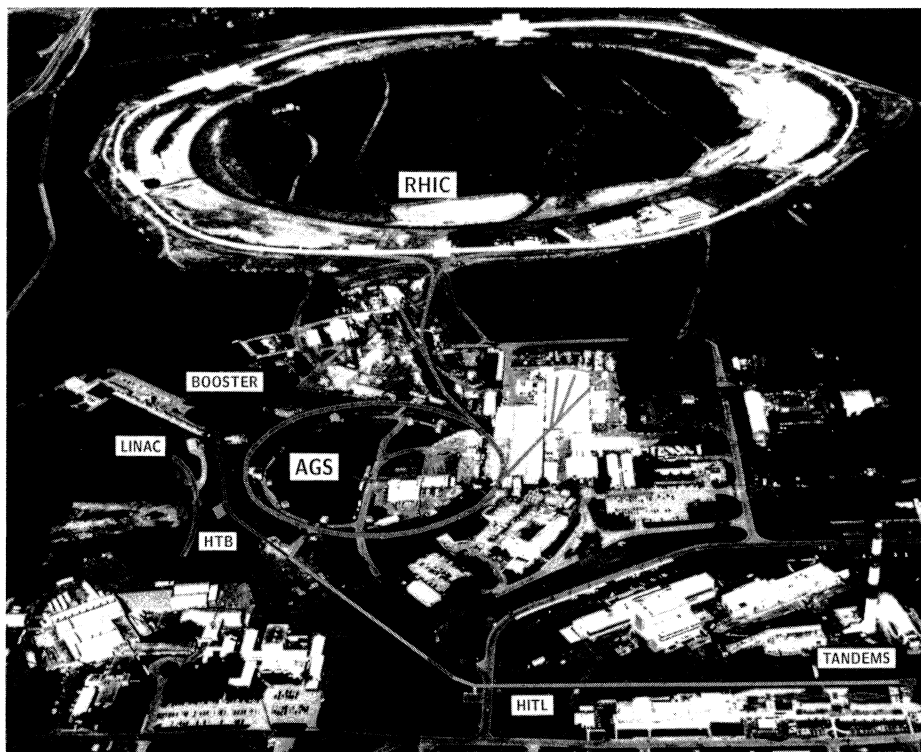
d'autres systèmes de déclenchement. L'expérience CDF a installé trois déclencheurs à réseaux neuronaux pour sa période d'exploitation de 1992: un déclencheur isolé d'extrémité sur les électrons, un déclencheur central isolé sur les photons et un déclencheur sur les particules B semi-leptoniques.

Toujours au collisionneur Tévatron du Laboratoire Fermi, un groupe de l'expérience DO étudie l'utilisation de réseaux neuronaux dans le déclencheur sur les muons pour le projet d'amélioration de la partie muons de DO. Un déclencheur de réseau neuronal pour l'expérience H1 à DESY est en développement depuis un certain temps et il sera essayé dans la période d'expérimentation actuelle. Plusieurs projets de R&D au CERN étudient la faisabilité de réseaux neuronaux pour les systèmes de déclenchement des expériences avec le LHC.

Une autre application à l'étude pour les réseaux neuronaux concerne des systèmes de commande adaptatifs pour les accélérateurs. Un groupe du SLAC a simulé récemment comment on pourrait former un système de commande à réseau neuronal à émuler et à contrôler à la fois une section de ligne de faisceau.

Ces nouvelles techniques de l'intelligence artificielle pourraient être amenées à jouer un rôle important dans la saisie et l'analyse des données de l'expérimentation pour la future génération de collisionneurs de protons.

Source: Bruce Denby et Clark Lindsey (Laboratoire Fermi) et Louis Lyons (Oxford).



Financement de la physique nucléaire américaine

En raison des restrictions qui pèsent sur le budget fédéral, les dépenses pour la recherche scientifique commencent à être examinées de près aux Etats-Unis, avec d'importantes conséquences pour