

SYSTEME D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DES SIGNAUX POUR LA SURVEILLANCE ET LE DIAGNOSTIC DE SYSTEME COMPLEXE

B. BERTIN¹, P. MALVACHE², G. LE GUILLOU², P. GAILLARD³

1) T.I.T.N., 7 rue Louis Armand, Z.I. Aix-en-Provence, 13762 LES MILLES

2) D.R.N.R./C.E.N. Cadarache, 13115 SAINT PAUL LEZ DURANCE

3) Université de Technologie de Compiègne, B.P. 233, 60206 COMPIEGNE

La surveillance et le diagnostic de fonctionnement de systèmes complexes nécessitent la prise en compte et l'analyse d'un grand nombre de signaux par des méthodes qui intègrent des techniques de traitement du signal, de reconnaissance de formes et d'intelligence artificielle.

Cet article se propose de décrire une station "temps réel" qui est capable à partir des signaux recueillis de faire un diagnostic sur d'éventuelles anomalies susceptibles d'engendrer un incident.

Cette station est composée essentiellement de trois parties :

- une unité d'acquisition et de numérisation des signaux pouvant gérer jusqu'à 32 signaux d'origine différente à des fréquences pouvant aller jusqu'à 100 kHz,
- une unité de traitement numérique basée autour d'un processeur vectoriel qui permet de mettre en oeuvre tous les outils classiques de traitement du signal (fonction de corrélation, densité spectrale de puissance, modélisation autorégressive, etc ...) pour une extraction de caractères des signaux. Elle permet également de mettre en oeuvre des techniques de reconnaissance de formes (classification non paramétrique, calcul d'appartenance, etc ...),
- une unité qui supervise l'enchaînement des actions des deux unités précédentes, par l'élaboration de plans d'actions et de décisions issus de l'analyse logique des informations prétraitées et de la connaissance du domaine acquise par le superviseur. Cette unité utilise des techniques d'intelligence artificielle basées sur l'emploi de règles Prolog.

Cette station est caractérisée par sa vitesse de travail, sa structure modulaire, sa capacité à intégrer dans des étapes futures de nouvelles fonctionnalités se rapportant soit au calcul numérique soit à la transmission à longue distance.

1 - INTRODUCTION

La complexité croissante des grands systèmes technologiques a conduit, ces dernières années, ingénieurs et chercheurs, à concevoir et à mettre en oeuvre des systèmes de surveillance et de diagnostic capables d'analyser en temps réel les différents états de fonctionnement des processus surveillés, et de maîtriser le contrôle de ces derniers en période incidente.

Cette évolution a été permise par l'amélioration permanente des connaissances sur les systèmes étudiés, mais aussi, d'une part, en utilisant des méthodes d'analyse aptes à fournir une détection de plus en plus sensible, et d'autre part grâce à l'émergence de techniques dérivées de l'intelligence artificielle permettant de gérer la connaissance du domaine étudié, ainsi que celle des outils d'analyse utilisés, et d'en extraire de manière logique une information pertinente capable d'apporter une grande efficacité sur les prises de décisions.

La surveillance et l'analyse de fonctionnement des réacteurs nucléaires est un domaine cible pour ces nouvelles techniques, car aux caractéristiques évoquées plus haut, il convient ici d'ajouter les problèmes de temps de réaction des systèmes de surveillance et de diagnostic et de leur capacité à prendre en compte un grand nombre de signaux.

Today, the processing and the analysis of many signals by techniques based on Signal Processing, Pattern Recognition and Artificial Intelligence methods, have to be performed in the field of the permanent surveillance and the diagnostic of the behaviour of complex systems.

This paper describes an original on-line station which, from a set of signals, is able to make a diagnostic on possible mal functions which would be likely to produce a technical hitch.

This station is a set of three major components :

- an acquisition and digitalization unit which can handle up to 32 multi-originate signals at frequencies up to 100 kilohertz,
- a numerical processing unit built around an array processor, which use all the classical tools of Signal Processing field (correlation function, Power Spectrum Density, etc ...), and some of parametric analysis method like autoregressive model, for the extraction of the signal's characteristics. Some of pattern recognitions techniques (non-parametric classification, membership factor, etc ...) are used to, so,
- a supervision unit manage the actions of both previous components, by generation of plans of action and decisions which come from the logical analysis of the pertinent data and the knowledge of the work field. This unit use artificial intelligence techniques based on Prolog rules.

Calculation performance, modular architecture and ability to evolve into different ways such as numerical calculus or network communications, are the major characteristics of this instrument.

La collaboration étroite du C.E.A. (pour les aspects liés à la surveillance et au diagnostic de fonctionnement des réacteurs à Neutrons Rapides, ainsi qu'aux techniques dérivées de l'Intelligence Artificielle), de l'Université de Technologie de Compiègne (pour les aspects liés aux méthodes de traitement et d'analyse notamment celles se rapportant au domaine de la Reconnaissance de Formes) et de la société de service informatique T.I.T.N. (pour les aspects liés au domaine de la micro-informatique temps réel) a permis la création et la mise en oeuvre d'un petit système de surveillance et de diagnostic, conçu de façon la plus modulaire possible, autour de trois unités interdépendantes. Une unité d'acquisition, une unité de traitement, une unité d'analyse et de supervision.

2 - L'UNITE D'ACQUISITION ET DE NUMERISATION (Fig. 1)

Vis-à-vis du processus étudié, c'est l'unité la plus amont de la station de surveillance. Elle représente l'interface entre l'instrumentation (capteurs, ampli, etc ...) se trouvant sur le processus et l'unité de traitement numérique.

Cette unité se résume à une chaîne d'acquisition comportant deux canaux de conversion en parallèle. Chaque canal se compose d'un étage de multiplexage 32 voies dans une, d'un filtre analogique antirepliement, d'un étage de conversion analogique - numérique

.../...



de fréquence nominale 250 kHz, et d'une mémoire dynamique de capacité 4 kilo-octets. Une mémoire grande capacité de 512 kilo-octets est incorporée, afin d'assurer une fonction de perturbographie. Cette unité est pilotée de façon externe par l'unité de traitement numérique au moyen d'un interface de communication 16 bits parallèle ayant une vitesse de transfert de 300 kilo-informations par seconde.

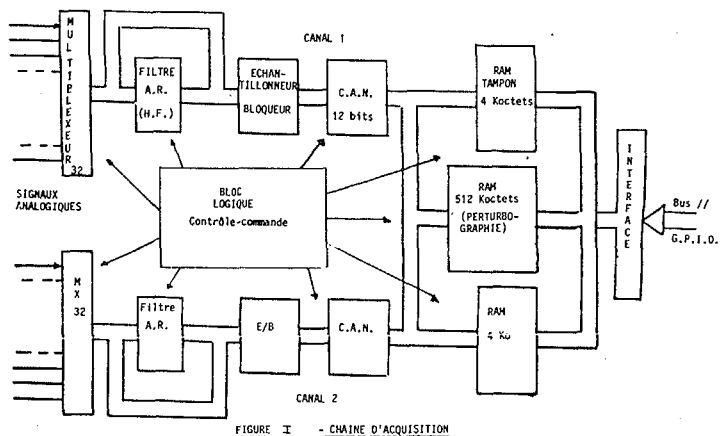


FIGURE I - CHAÎNE D'ACQUISITION

Cet élément donne la possibilité de gérer toute une panoplie de signaux physiques basse fréquence (jusqu'à 100 Hz de bande passante) ou haute fréquence (jusqu'à 100 kHz de bande passante).

3 - L'UNITE DE TRAITEMENT NUMERIQUE (Figure 2)

C'est le coeur central du système de surveillance. Bâtie autour d'une architecture modulaire de type multibus, cette unité possède un noyau unité centrale (microprocesseur 8086 16 bits), une mémoire résidente de 512 kilo-octets, une unité de pilotage de l'interface de communication vers l'unité d'acquisition, basée sur un protocole D.M.A., une sortie parallèle 8 bits (H.P.I.B.) vers l'unité de supervision, et enfin une unité de calcul numérique rapide qui est en l'occurrence un processeur vectoriel 32 bits (array-processor SKY) bâtie autour d'une architecture en "pipe-line" et permettant d'effectuer 1 million d'instructions en virgule flottante par seconde. Ce système possède une capacité d'évolution matérielle (nouvelles cartes) très importante du fait de sa structure modulaire et du système d'exploitation résident.

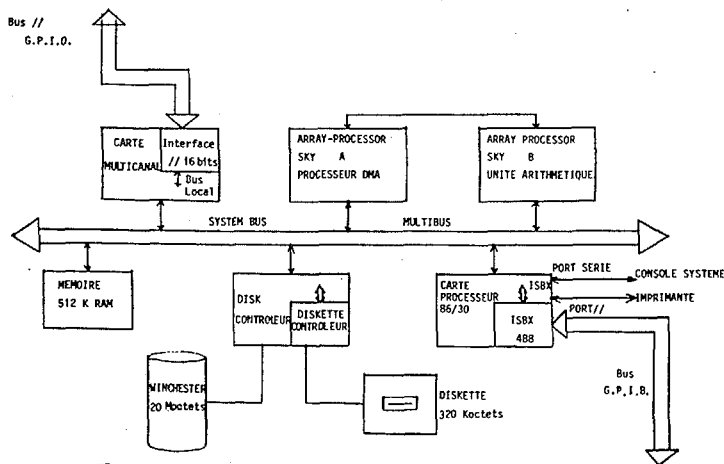


FIGURE II - CONFIGURATION GLOBALE DU COEUR DU SYSTEME DE SURVEILLANCE EN LIGNE

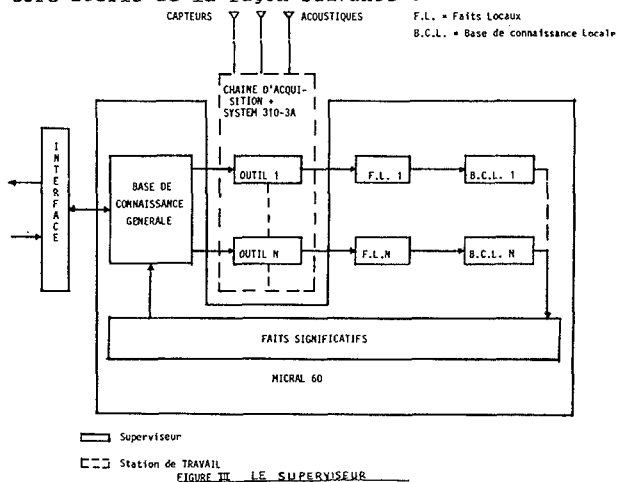
Pilotée par l'unité de supervision, cette unité met en jeu tout un mécano de procédures logicielles basées d'une part sur une panoplie complète d'algorithmes de traitement du signal (corrélation, D.S.P., interspectre), d'analyse linéaire (détection de pics) d'analyse spectrale panamétrique (modélisation autorégressive), ou de reconnaissance de formes.

Dans ce dernier domaine, un instrument de reconnaissances de formes temporel basé sur une méthode non paramétrique de classification floue avec rejet et auto-apprentissage [1], [2] a été implanté.

4 - LE SUPERVISEUR (Figure 3)

Cette unité, en l'occurrence un micro-ordinateur MICRAL 60, gère le contexte du domaine étudié et conduit l'analyse faite au niveau des différentes unités de la station.

Conçu sur le modèle du système ADONIA (système d'aide à la conduite d'une analyse de données) [3], le protocole de fonctionnement de cette unité peut être décrit de la façon suivante :

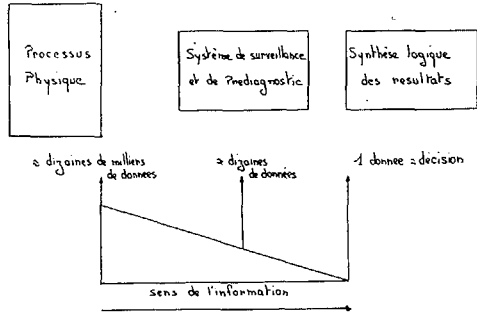


D'une manière schématique, le superviseur possède une connaissance générale du problème traité (BCG : Base de Connaissance Générale) :

- connaissance des outils (programmes) informatiques disponibles en traitement du signal et en reconnaissance de formes,
- connaissance sur la stratégie d'analyse qui dépend de la classe de problème en analyse du signal et des outils disponibles ; elle résulte de l'expérience acquise par les spécialistes de l'analyse des signaux dans leur pratique habituelle, et des connaissances spécifiques associées à chaque outil informatique de la station de travail (calcul de spectre, calcul de distance, etc ...).

Ces bases de Connaissances Locales (BCL) permettent l'interprétation des résultats bruts (faits locaux) donnée par chaque outil (un spectre, une fonction de cohérence, une distance, etc ...), cette interprétation devenant une information pertinente (faits significatifs) pouvant, par son "ajout" à la base de connaissance générale diriger ou infléchir la stratégie d'analyse en cours.

Dans le domaine de la surveillance des réacteurs nucléaires, un problème important réside dans le fait de pouvoir gérer un nombre très grand d'informations brutes et d'obtenir dans des délais cohérents avec l'évolution des phénomènes étudiés, une interprétation précise ou une décision pertinente. Ce filtrage qualitatif et quantitatif représente le caractère principal de cette station (figure 4).



FONCTION DU SYSTEME ETUDIE : FILTRE QUANTITATIF ET QUALITATIF DE L'INFORMATION

FIGURE IV

5 - APPLICATION A LA DETECTION DE FUITES DANS UN GENERATEUR DE VAPEUR

L'analyse de signaux acoustiques provenant d'un ensemble de 6 capteurs disséminés sur un générateur de vapeur, permet la surveillance "temps réel" de l'évolution de fonctionnement du système et la détection d'éventuelles fuites entre les compartiments des deux fluides caloporteurs se trouvant en présence dans le générateur.

Cette analyse conduite par la station de surveillance, est basée sur l'emploi de l'instrument de Reconnaissance de Formes cité plus haut.

Chaque signal acquis de façon statistique est converti en individu vecteur (obtention d'une densité spectrale de puissance découpée en bandes d'énergie, de même largeur fréquentielle) d'énergie. A ce vecteur est attribué un facteur d'appartenance par rapport à des classes de référence issues d'une phase d'apprentissage, et représentant les différents états de fonctionnement du système.

Une phase de décision permet d'étiqueter ou non le vecteur courant et ainsi de faire évoluer, par ajout ou non des vecteurs rejetés, la base de connaissance du système (phase d'auto-apprentissage) en cours d'analyse.

Les résultats comparatifs obtenus (Figure 5) par la station et un montage classique à base d'analyseur spectral et de micro-ordinateur, montrent la performance de la nouvelle station.

6 - CONCLUSION

Cette station modulaire de par sa structure, autorise des extensions au niveau performance (actualisation des cartes de calculs) ou au niveau communication extérieure (carte réseau ethernet). L'approche des méthodes de travail employées, permet de penser que tout processus industriel complexe instrumenté peut être concerné par ce type de station.

Dans l'esprit de ces concepteurs, ce projet est de nature à prouver l'utilité des architectures modulaires et des méthodes relevant des domaines de la Reconnaissance de Formes et de l'Intelligence Artificielle pour l'industrie.

REFERENCES

- [1] M. USAI, "Algorithme adaptatif de classification non paramétrique avec ensemble d'apprentissage incomplet" Thèse Université de Technologie de COMPIEGNE, Nov. 1983.
- [2] B. DUBUISSON, M. USAI, P. MALVACHE "Diagnostic aids methods with incomplete pattern recognition" in Proc. SMORN IV Dijon France 1984.
- [3] P. MALVACHE, S. REISSIAN, "ADONIA : Un système expert d'aide à la conduite d'une analyse de données", 6èmes Journées Internationales : des Systèmes Experts et leurs applications. AVIGNON, Avril 1986 p. 1447-1465.

	Nombre	Micro-calculateur + Analyseur	Système
Mise en forme des vecteurs	5	200"	6*1
Calcul des appartenances	15	525"	3*5
Cycle type	1	725"	9*6
			Gain Global
			75

FIGURE V RESULTATS

