

**"PSAD" POSTE DE SURVEILLANCE ET D'AIDE AU  
DIAGNOSTIC : UN OUTIL POUR SURVEILLER LES  
CENTRALES EDF**

***"PSAD" ON-LINE MONITORING AND AID TO DIAGNOSIS  
WORKSTATION : A MONITORING TOOL FOR EDF POWER  
PLANTS***



*Direction des Etudes  
et Recherches*

*Service Information  
Prospective et Normalisation*

CLAMART Le 07/03/95

*Département Systèmes d'information  
et de documentation*

*Groupe Exploitation  
de la Documentation Automatisée*

1, avenue du Gal de Gaulle  
92141 CLAMART Cedex  
tel : 47 65 56 33

CEA  
MIST/SBDS/SPRI  
CENTRE DE SACLAY  
  
91191 GIF SUR YVETTE CEDEX

à l'attention de :

## MEMOIRE TECHNIQUE ELECTRONIQUE

\*\*\*\*\*  
Cette feuille est détachable grâce à la microperforation sur le coté droit.  
\*\*\*\*\*

Référence de la demande : **F514560**  
Origine : **NOUVEAUTES D EDF-DOC**

Votre commande :

Numéro du document : **94NB00091**

**Titre : "PSAD" POSTE DE SURVEILLANCE ET D'AIDE AU DIAGNOSTIC : UN OUTIL  
POUR SURVEILLER LES CENTRALES EDF**

**Auteurs : MOREL J./MAZALERAT J.-M./MONNIER B./CORDIER R.**

**Source : COLL. NOTES INTERNES DER. PRODUCTION D'ENERGIE (HYDRAULIQUE, THE**  
**Serial :**

**Référence du document : SANS**

**Nombre de pages: 0008**

**Nombre d'exemplaires : 001**

**Support : P**

**EDF**

**Electricité  
de France**

**Direction des Etudes et Recherches**

SERVICE ENSEMBLES DE PRODUCTION  
Département Surveillance Diagnostic Maintenance

IPN MIN FR 9301869

1993

---

MOREL J.  
MAZALERAT J.-M.  
MONNIER B.  
CORDIER R.

**"PSAD" POSTE DE SURVEILLANCE ET D'AIDE  
AU DIAGNOSTIC : UN OUTIL POUR  
SURVEILLER LES CENTRALES EDF**

**"PSAD" ON-LINE MONITORING AND AID TO  
DIAGNOSIS WORKSTATION : A MONITORING  
TOOL FOR EDF POWER PLANTS**

Pages : 8

94NB00091

Diffusion : J.-M. Lecœuvre  
EDF-DER  
Service IPN. Département SID  
1, avenue du Général-de-Gaulle  
92141 Clamart Cedex

© Copyright EDF 1994  
ISSN 1161-0611

PJ  
J.D

**EXECUTIVE SUMMARY :**

Like other electricity utilities, Electricité de France seeks to enhance the safety and availability of its nuclear power plants. To this end, for over ten years EDF has been installing on each plant unit two monitoring systems of its own design, one to monitor the primary cooling system, and the other, the turbogenerator set.

Since the beginning of this project, widespread progress has been made in techniques of signal acquisition and processing, and in diagnosis using artificial intelligence methods.

EDF has decided to call on these advanced techniques in developing its new-generation monitoring equipment, and to integrate them in its development of a workstation for on-line monitoring and diagnosis-support (PSAD: Poste de Surveillance et d'Aide au Diagnostic). PSAD will be a tool for on-line monitoring of the main components in nuclear power plants (initially the main coolant pumps and turbogenerator sets, and soon thereafter, monitoring of internal structures, detection of loose parts in the primary cooling system, etc.).

PSAD will provide plant personnel with indispensable support in their diagnosis of the condition of plant equipment. It will integrate user-friendly, high-performance systems that also free the operator from many day-to-day tasks.

PSAD will have a flexible architecture, for optimum distribution of the computing power where it is most needed, thereby improving the quality of the data.

This paper presents the project objectives and describes work currently under way to implement EDF's diagnosis-support strategy for the years to come.

author's 50.55 6.00

X 15 05 76 J

**EDF**

**Direction des Etudes et Recherches**

**Electricité  
de France**

SERVICE ENSEMBLES DE PRODUCTION  
Département Surveillance Diagnostic Maintenance

1993

MOREL J.  
MAZALERAT J.-M.  
MONNIER B.  
CORDIER R.

**"PSAD" POSTE DE SURVEILLANCE ET D'AIDE  
AU DIAGNOSTIC : UN OUTIL POUR  
SURVEILLER LES CENTRALES EDF**

***"PSAD" ON-LINE MONITORING AND AID TO  
DIAGNOSIS WORKSTATION : A MONITORING  
TOOL FOR EDF POWER PLANTS***

Pages : 8

94NB00091

Diffusion : J.-M. Lecœuvre  
EDF-DER  
Service IPN. Département SID  
1, avenue du Général-de-Gaulle  
92141 Clamart Cedex

© Copyright EDF 1994

ISSN 1161-0611

## **SYNTHÈSE :**

Electricité de France, comme les autres producteurs d'électricité, cherche à augmenter la sécurité et la disponibilité de ses centrales nucléaires. Pour ce faire, EDF a conçu et installé depuis plus de dix ans, sur chaque tranche, deux systèmes de surveillance, l'un pour surveiller le circuit primaire, l'autre sur le groupe turbo-alternateur.

Depuis, de nombreux progrès ont été réalisés dans les techniques de l'acquisition, du traitement des signaux et du diagnostic par des méthodes d'intelligence artificielle.

Pour développer sa nouvelle génération d'équipements de surveillance, EDF a décidé de faire appel à ces nouvelles techniques, et de les intégrer dans le développement d'un poste de surveillance et d'aide au diagnostic (PSAD). PSAD assurera la surveillance en ligne des principaux composants des centrales nucléaires (pompes primaires et groupes turbo-alternateurs dans un premier temps puis, peu après, structures internes des réacteurs, détection des corps errants dans le circuit primaire...).

PSAD offrira au personnel des centrales une aide indispensable pour leur permettre de réaliser le diagnostic d'état de leurs matériels. Il disposera pour cela d'outils performants et attrayants le déchargeant en outre du travail routinier.

PSAD utilisera une architecture flexible, assurant une répartition optimale de la puissance de calcul là où elle est nécessaire pour améliorer la qualité de l'information.

Cette note présente les objectifs du projet et décrit les développements en cours pour mettre en place la stratégie d'aide au diagnostic des années à venir.

## **EXECUTIVE SUMMARY :**

Like other electricity utilities, Electricité de France seeks to enhance the safety and availability of its nuclear power plants. To this end, for over ten years EDF has been installing on each plant unit two monitoring systems of its own design, one to monitor the primary cooling system, and the other, the turbogenerator set.

Since the beginning of this project, widespread progress has been made in techniques of signal acquisition and processing, and in diagnosis using artificial intelligence methods.

EDF has decided to call on these advanced techniques in developing its new-generation monitoring equipment, and to integrate them in its development of a workstation for on-line monitoring and diagnosis-support (PSAD: Poste de Surveillance et d'Aide au Diagnostic). PSAD will be a tool for on-line monitoring of the main components in nuclear power plants (initially the main coolant pumps and turbogenerator sets, and soon thereafter, monitoring of internal structures, detection of loose parts in the primary cooling system, etc.).

PSAD will provide plant personnel with indispensable support in their diagnosis of the condition of plant equipment. It will integrate user-friendly, high-performance systems that also free the operator from many day-to-day tasks.

PSAD will have a flexible architecture, for optimum distribution of the computing power where it is most needed, thereby improving the quality of the data.

This paper presents the project objectives and describes work currently under way to implement EDF's diagnosis-support strategy for the years to come.

# « PSAD »

## Poste de surveillance et d'aide au diagnostic

### Un outil pour surveiller les centrales EDF

par J. MOREL, J.-M. MAZALERAT, B. MONNIER, R. CORDIER,  
Electricité de France, Direction des Etudes et Recherches,  
Direction de la Production et du Transport

#### 1. Introduction

Electricité de France exploite 53 tranches nucléaires de type PWR (Pressurized Water Reactors) représentant une capacité de 55 000 MW.

En 1991, 34 tranches de 900 MW et 18 tranches de 1 300 MW ont produit environ 75 % de l'électricité consommée en France.

EDF se préoccupe depuis toujours d'améliorer la sécurité et la disponibilité des équipements.

Pour ce faire, en complément des équipements de conduite, des systèmes de surveillance spécialisés ont été conçus, dans les années 70, par la direction des Etudes et Recherches, et deux systèmes de surveillance ont été installés sur chaque tranche nucléaire (réf. 1, 2, 3, 4).

— Le premier système est chargé de la surveillance du circuit primaire. Il réalise trois tâches :

- détection en ligne des corps errants dans le circuit primaire,
- détection d'un comportement anormal des structures internes du réacteur (baffle, anneau de calage, tube-guide...),
- détection d'anomalies du comportement vibratoire des pompes primaires.

— Le second système est chargé de la surveillance du groupe turbo-alternateurs (comportement vibratoire de la ligne d'arbre et des organes d'admission de la vapeur).

Ces deux systèmes sont exploités par le personnel des centrales. En cas d'anomalie, un diagnostic doit être élaboré, soit par le personnel de la centrale, soit par les experts pour une analyse différée.

L'utilisation de ces systèmes au cours du temps a permis de détecter et d'analyser la plupart des incidents, justifiant a posteriori les choix techniques réalisés.

Une étude économique effectuée sur la détection des corps errants démontre l'intérêt économique de ce type de produit.

De 76 à 86, la différence entre les dépenses engagées pour équiper les tranches et exploiter la surveillance, et les économies, réalisées dans la maintenance des tranches, se solde par un bénéfice d'environ 200 MF.

En ce qui concerne les machines tournantes, en particulier le groupe turbo-alternateur, une telle étude n'a pas été conduite. Néanmoins, à de nombreuses occasions, les informations données par les systèmes de surveillance ont été déterminantes pour décider de la conduite à tenir et aider à la solution des problèmes d'exploitation.

Il en a résulté une amélioration substantielle de la disponibilité des équipements surveillés.

Cependant, plusieurs limitations des surveillances existantes ont pu être identifiées.

La plus importante est certainement la difficulté d'interprétation des informations par le personnel des centrales.

Mais il faut aussi prendre en compte d'autres facteurs :

- travail routinier, pour élaborer et traiter les informations, peu motivant en l'absence d'incident,
- équipements peu flexibles, et pour partie obsolètes,
- technologies variables d'un système à l'autre nécessitant des formations spécifiques pour leur utilisation ou entretien.

C'est pourquoi, Electricité de France a décidé de préparer une nouvelle génération d'équipements de surveillance.

Le PSAD « Poste de surveillance et d'aide au diagnostic » est conçu pour résoudre la plupart des problèmes évoqués précédemment à partir de technologies assurant une grande flexibilité.



## 2. Objectifs du PSAD

L'objectif principal du PSAD est de fournir au personnel des centrales, un outil facile à utiliser pour l'aider à prendre les bonnes décisions en cas d'incidents sur les composants principaux des centrales nucléaires.

C'est d'abord un outil pour le personnel des centrales. Il fournira des services nouveaux comme l'élaboration de grandeurs plus performantes, l'automatisation (quand c'est possible) de la détection des anomalies; et, lorsqu'une anomalie est détectée, des outils pour l'aider à interpréter les informations (interface opérateur performant - système expert).

C'est ensuite un outil pour les spécialistes ou les experts qui ont à traiter les problèmes difficiles, et les cas nouveaux non identifiés. Ils disposeront pour ce faire d'un accès à distance aux données des tranches, et d'un outil de gestion de ces informations.

Ils disposeront en outre pour mettre au point ou améliorer les méthodes de détection d'un retour d'expérience très vaste sur le comportement des machines du parc.

PSAD est conçu dans une architecture flexible lui permettant d'intégrer facilement de nouvelles fonctions de surveillance, ou de faire évoluer celles qui existent, au cours du temps, pour s'adapter aux évolutions de la connaissance.

## 3. Description générale du PSAD

Le poste de surveillance et d'aide au diagnostic peut être décrit de trois manières distinctes selon que l'on considère :

- les principales fonctions réalisées (structure fonctionnelle),
- sa structure informatique,
- son architecture logicielle.

### 3.1 Architecture fonctionnelle

Le poste de surveillance et d'aide au diagnostic est un ensemble de matériels et de logiciels chargé d'assurer la surveillance de plusieurs machines.

Il est organisé par fonction de surveillance, bien que des ressources communes soient mises à disposition des fonctions de surveillance par la structure d'accueil.

La structure d'accueil gère de nombreux services auxquels les fonctions de surveillance peuvent faire appel : stockage et accès aux données, service de messageries, traitements, interfaces homme-machine, interface avec les données d'état de la tranche, configuration et cohérence intersystèmes.

Les fonctions de surveillance sont responsables de l'enchaînement des traitements analogiques ou numériques, qui assurent la détection des anomalies ou le diagnostic de l'état mécanique d'un composant particulier.

Le prototype PSAD version V1.0 qui sera livré début 94 est constitué de la structure d'accueil et de deux fonctions de surveillance (voir fig. 1) :

- surveillance des groupes turbo-alternateurs,
- surveillance des pompes primaires.

Les logiciels sont développés avec l'aide de la société SEMA GROUP.

Il sera complété l'année suivante par d'autres fonctions de surveillance (bien qu'actuellement les décisions formelles d'engagement ne soient pas prises) :

- surveillance des structures internes du réacteur,
- détection des corps errants dans le circuit primaire,
- surveillance des organes d'admission de la turbine.

Enfin d'autres extensions sont envisageables, comme la surveillance des stators d'alternateurs.

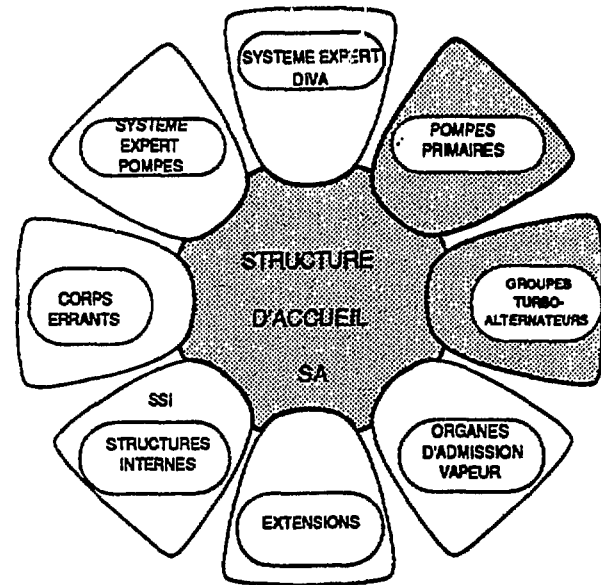


Fig. 1 - Fonctions de surveillance ou d'aide au diagnostic du PSAD

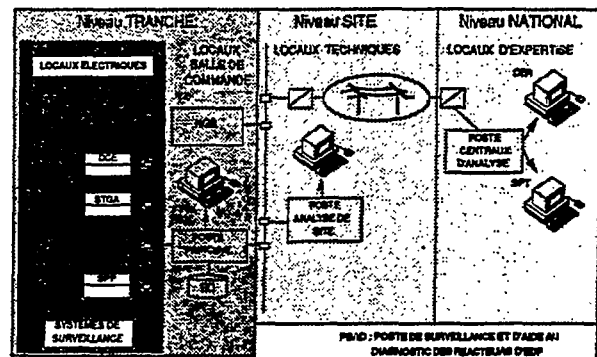


Fig. 2 - Architecture matérielle

### 3.2 Architecture matérielle (voir figure 2)

Le PSAD doit pouvoir être connecté à plusieurs systèmes de surveillance qui ont en charge l'acquisition des données issues des capteurs de mesure et la surveillance en temps réel des seuils d'alerte. Il doit gérer les données collectées, effectuer les traitements d'analyse et de diagnostic, transmettre les données collectées. Ces fonctionnalités déterminent son architecture informatique et matérielle.

On distingue :

— Les systèmes de surveillance. Ils réalisent l'acquisition et les traitements de surveillance temps réel des paramètres acquis sur chaque machine surveillée.

A ce niveau, tous les traitements sont automatiques. C'est ici que s'exécutent les tâches qui permettent d'améliorer la qualité de l'information (élaboration de descripteurs plus spécifiques), de détection des anomalies et de réduction de l'information (contrôle des flux, compression).

— Le poste principal (un par tranche). Il réalise les traitements hors temps réel d'analyse et de diagnostic sur un poste commun à plusieurs machines. Sur ce poste principal, on dispose des moyens de connexion à chaque système de surveillance temps

réel, de stockage des données, des moyens de communication des données vers des postes d'analyse.

A ce niveau, outre les traitements automatiques on dispose d'un interface de manipulation et de présentation graphique des données très performant.

— **Les postes d'analyse de site** permettent de réaliser les traitements des données historisées. Pour certaines machines des systèmes-experts apporteront une aide au diagnostic.

A ce niveau, il n'y a plus de traitement automatique. Les traitements (et en particulier ceux qui permettent d'élaborer un diagnostic à l'aide de système-expert) ne s'exécutent que sur demande d'un opérateur. Il s'agit d'aider l'opérateur, pas de le remplacer.

— **Les postes centraux d'analyse.** Ils sont situés dans les services centraux (service de la production thermique, études et recherches), là où se trouvent des personnes compétentes (experts) capables d'apporter une aide à l'exploitant, s'il n'a pas lui-même la solution au problème qu'il a rencontré.

A ce niveau, on dispose des mêmes informations et des mêmes capacités de traitement qu'au niveau local (site), mais en outre, les opérateurs peuvent accéder de l'extérieur aux informations pour y effectuer d'autres traitements.

### 3.3. Architecture logicielle

La chaîne logicielle d'une même fonction de surveillance est constituée de logiciels qui s'exécutent sur plusieurs matériels.

On trouve trois niveaux de logiciels (voir fig. 3).

Au *premier niveau*, des logiciels microprogrammés exécutent très rapidement sur des cartes d'acquisition les traitements des signaux.

On retrouve par exemple à ce niveau l'élaboration des descripteurs de niveau 1, tels que valeurs efficaces, valeurs crêtes, mesures électriques (tension ou courant), pression, températures, composantes vibratoires synchrones de la rotation, spectres, etc.

Au *deuxième niveau*, on trouve des logiciels qui s'exécutent dans un environnement temps réel. Ce sont principalement les logiciels de gestion de l'acquisition, de détection d'anomalie, ou de réduction de l'information.

C'est là que sont élaborés à partir des informations précédentes :

- les descripteurs deuxième niveau, comme des facteurs crête (rapports crête/efficace),
- des indicateurs d'écart ou de tendance (détection d'anomalie), etc.

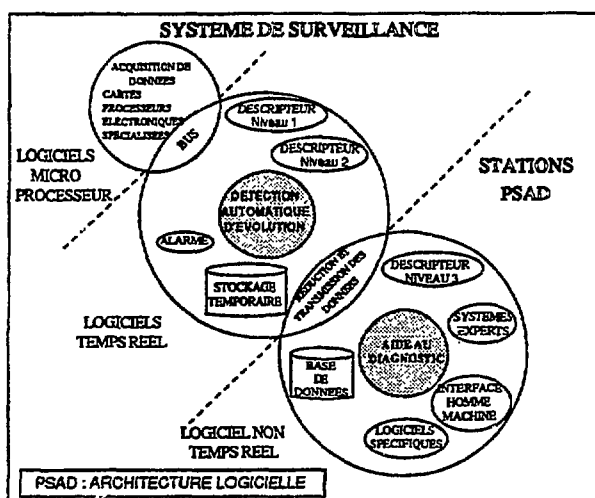


Fig. 3 - Architecture logicielle

C'est là aussi qu'est géré le flux de données de façon à ne pas saturer la base de données lorsque les informations sont trop fluctuantes.

Au *troisième niveau* la contrainte temps réel n'existe plus, mais les traitements peuvent être très complexes. C'est à ce niveau que sont gérées et archivées les données, que sont lancés les traitements d'aide au diagnostic, et que se situe l'interface homme/machine.

Les fonctions principales assurées par les logiciels sont les suivantes :

#### Traitements de surveillance : détection d'anomalie

Les machines sont surveillées par l'intermédiaire de capteurs qui permettent de mesurer leurs paramètres caractéristiques de fonctionnement (pression, température, vibration,...)

Le système de surveillance temps réel acquiert ces données et effectue divers traitements, en particulier la surveillance de certains paramètres par rapport à des seuils fixes, la détection d'évolutions simples ou de signatures vibratoires. Les logiciels sont conçus pour détecter une grande variété d'évolutions (seuils, fourchettes, discontinuités, évolutions statistiques)

#### Connexion des systèmes de surveillance

Le poste principal peut être connecté à plusieurs systèmes de surveillance. Cette connexion permet l'envoi des données vers les outils de traitement hors temps réel et vers un stockage commun permettant une réutilisation des données pour des analyses ultérieures, des études d'évolutions, des observations statistiques.

#### Gestion des données

La gestion est commune à tous les systèmes de surveillance connectés au poste principal afin de faciliter l'intégration et l'évolution de toute nouvelle fonction de surveillance. Un historique sera ainsi disponible en permanence pour toutes les fonctions de surveillance connectées au poste principal.

#### Traitements d'analyse et de diagnostic

Ces traitements sont des traitements automatiques dits « lents » (analyse de ralentissement d'une machine tournante) ou des traitements dits « à la demande » (calculs statistiques, visualisation de courbes, aide au diagnostic,...). Pour ces traitements, l'utilisateur disposera d'un interface unique lui permettant d'accéder aux différents traitements et aux différentes machines surveillées par un même type de cheminement.

C'est dans les traitements d'aide au diagnostic que l'on trouvera les systèmes-experts.

#### Transmission des données

En cas de nécessité (aide aux utilisateurs, études de cas, améliorations des connaissances, retour d'expérience,...) les données stockées par le poste principal peuvent être transmises aux équipes d'experts et de spécialistes des machines surveillées par un réseau de communication national.

#### Logiciels de présentation des données, interface graphique (voir figures 4 et 5)

Toutes les données de la base sont accessibles à l'opérateur qui dispose pour les visualiser de nombreuses options de présentations des données f(E); courbes parallèles ou superposées, courbes polaires f(w), courbes paramétriques f(P), nuages de points, etc.

En outre, des possibilités de zoom multiples, et de curseur lui permettent de travailler directement sur l'écran pour préparer ses données et les présenter sur une feuille de travail.

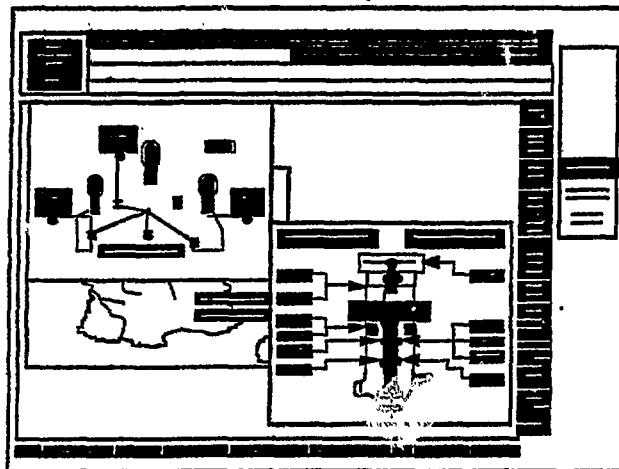


Fig. 4 - Interface homme/machine.  
Accès aux données par icônes.

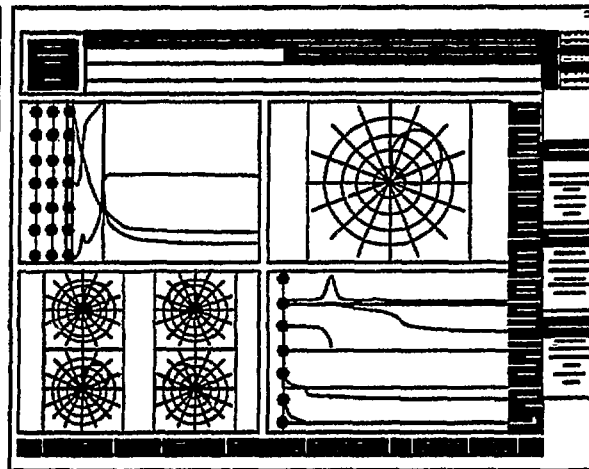


Fig. 5 - Interface homme/machine,  
Exemple de figures

#### 4. Conclusion

La mise en place du poste de surveillance et d'aide au diagnostic aura un impact non négligeable sur la qualité de la surveillance des matériels. La détection précoce des anomalies de fonctionnement et la rapidité du diagnostic conduiront à des économies d'exploitation et de maintenance. Il sera possible de suivre l'évolution du comportement des matériels et de les rattacher aux défaillances ou maladies de ces matériels. Le retour d'expérience ainsi réalisé devrait permettre un meilleur ajustement des interventions soit à caractère préventif soit à caractère fortuit. Des gains de maintenance sont ainsi espérés au niveau des groupes motopompes primaires pour lesquels la connaissance du comportement des joints hydrauliques et des paliers reste à approfondir pour une maîtrise parfaite de la maintenance.

Les outils de traitement introduits dans le PSAD mettront à disposition des utilisateurs des centrales des moyens d'analyse et de diagnostic évolués qui augmenteront leur autonomie et libéreront les experts des tâches de diagnostic courantes pour se consacrer davantage à l'amélioration des méthodes.

L'accès à de nouvelles informations et la qualité des traitements leur permettront en outre d'enrichir leurs connaissances d'expertise.

Ceci est particulièrement intéressant pour un domaine tel que la surveillance du circuit primaire pour lequel les experts sont peu nombreux.

Enfin, les outils développés dans le cadre de la structure d'accueil pourront être facilement réutilisés pour surveiller ultérieurement d'autres machines ou structures si le besoin s'en faisait sentir (fissuration ou desserrage de grosses structures, petites pompes, etc.).

#### Références

- [1] FANTON (J.P.), «La surveillance vibratoire des groupes turbo-alternateurs à EDF», ISCOM, London, Sept. 1983.
- [2] FLECKENSTEIN (J.P.), LE REVEREND (D.) and NEAU (P.), «La surveillance vibratoire des groupes turbo-alternateurs à EDF», GAMI, Jan. 1988, published in *Matériaux, mécanique, électricité*, No. 424, March 1988.
- [3] PUYAL (C.), MICHEL (B.), «Operational and economical experience with vibration and loose parts monitoring systems on primary circuits of PWRs», SMORN 5, Munich, 1987.
- [4] GUITTON (J.), PUYAL (C.), «New trends in vibration and acoustic monitoring in nuclear components in EDF», SMORN 5, Munich, 1987.
- [5] MOREL (J.), RICARD (B.), TIARRI (J.P.), DAVID (J.M.) and KRIVINE (P.), DIVA, «Système expert d'aide au diagnostic des défauts d'un groupe turbo-alternateur», GAMI, Jan. 1988, published in *Matériaux, mécanique, électricité*, No. 424, Mar. 1988.
- [6] MOREL (J.L.), PUYAL (C.), «On line acoustic monitoring of EDF nuclear plants in operation and loose part diagnostics», SMORN 6, Gatlinburg, May 1991.

\* \*  
\*