

**DEMANDE D'AUTORISATION N°
EN VUE D'UNE PUBLICATION OU D'UNE COMMUNICATION**

Direction : R.N./D.R.E.....
Centre : G.R.E. NORD
Réf émetteur : S.A.P.R. 3800-166/95

NIG n° 316

95 001736

OL 146

Titre original du document : Modélisation système pour l'aide à l'exploitation du réacteur SILOE.

Titre traduit en anglais : Systemic model for the aid. for operating of the reactor SILOE

Titre traduit en français :

OL 6071 N. FR 960 1340

AUTEURS	AFFILIATION ¹	DEPT/SERV/SECT	VISA (d'un des auteurs)	DATE
J.C ROYER	CEA	DRN/DRE/SRS/SAPR	<i>[Signature]</i>	11/5/95
V. MOULIN	CEA	DRN/DRE/SRS/SAPR	91.05.95	
F. MONGE	CEA	DRN/DRE/SRS/SAPR		
C. BARADEL	ITMI APTOR			

Nature du document² :

PÉRIODIQUE
 CONF/CONGRÈS
 POSTER
 RAPPORT
 THÈSE
 COURS
 MÉMOIRE DE STAGE
 Chapitre d'OUVRAGE
 Pièces jointes : RÉSUMÉ
 TEXTE

CONGRES
CONFERENCE

Nom : Conférence sur les Systèmes Intelligents dans les Entreprises.

Ville : Montpellier Pays : Fr. Date du : 26 / 06 / 95 au 30 / 06 / 95

Organisateur : ECL 8 Cie

PERIODIQUE

Titre :
Comité de lecture : oui non

OUVRAGE

Titre :
Éditeur :

THESE
MEMOIRE DE STAGE
COURS

Université / Établissement d'enseignement :

DOMAINES :

LANGUE :

N° EPAC :

--	--	--	--

SUPPORT : Disquette Papier

MOTS-CLES : Aide à l'exploitation, gestion des connaissances, réacteur de recherche, systèmes complexes

Les visas portés ci-dessous attestent que la qualité scientifique et technique de la publication proposée a été vérifiée et que la présente publication ne divulgue pas d'information brevetable, commercialement utilisable ou classée.

SIGLE	NOM	DATE	VISA	OBSERVATIONS	REF
-------	-----	------	------	--------------	-----

CHEF DE SERVICE	SRS	Floujou	19/05	<i>[Signature]</i>	
CHEF DE DEPARTEMENT	DRE	Gilles	14/6/95	<i>[Signature]</i>	

Date limite d'envoi du résumé : 03/04/95

Date limite d'envoi du texte : 22/5/95 Date limite d'envoi du poster : .../.../...

Destinataires:

Les correspondants publication des départements se chargent de transmettre à l'INSTN/MIST/CIRST (Saclay) copies des demandes d'autorisation de publication, du résumé et du texte définitif.

¹ Entité d'appartenance de l'auteur. Ex. : CEA, CNRS, INSERM ...

Modélisation système pour l'aide à l'exploitation du réacteur de recherche SILOE

F. MONGE⁽¹⁾⁽²⁾, J-C. ROYER⁽¹⁾, C. BARADEL⁽²⁾ & V. MOULIN⁽¹⁾

(1) CEA/DRN/DRE/SRS

CENG - 17, rue des Martyrs - 38054 - GRENOBLE Cedex 9

Tél. : 76 88 56 68

Fax : 76 88 51 78

email : royer@laguna.ceng.cea.fr

(2) ITMI APTOR

61, Chemin du Vieux Chêne - BP 177 - 38244 - MEYLAN Cedex

Tél. : 76 41 40 15

RESUME

Le Service du Réacteur Siloé (CEA/DRN/DRE/SRS), conscient des compétences et connaissances détenues par ses équipes dans le domaine de l'exploitation des réacteurs de recherche, a entrepris un projet de gestion des connaissances. Pour cela, il s'est défini les objectifs suivants :

- capitaliser les connaissances en matière de fonctionnement de l'installation afin d'en assurer leur pérennité et leur valorisation,
- élaborer un projet pour l'assistance des opérateurs à la conduite du réacteur.

Cet article présente les différentes actions entreprises par le SRS pour atteindre ces objectifs :

- la réalisation d'un référentiel technique d'exploitation de Siloé,
- le développement d'un système à base de connaissances pour l'aide à l'exploitation.

Ces actions fondées sur une méthodologie de gestion des connaissances, SAGACE, et mettant en oeuvre des outils industriels concourent à l'amélioration de la conduite et de la sûreté du réacteur de recherche Siloé.

MOTS CLES : Aide à l'exploitation, gestion des connaissances, réacteur de recherche, systèmes complexes, modélisation système.

ABSTRACT

The Service of the Reactor Siloé (CEA/DRN/DRE/SRS), fully aware of the abilities and knowledge of his teams in the field of research reactor operating, has undertaken a project of knowledge engineering in this domain. The following aims have been defined :

- knowledge capitalization for the installation in order to insure its perennality and valorization,
- elaboration of a project for the aid of the reactor operators.

This article deals with the different actions by the SRS to reach the aims :

- realization of a technical model for the operation of the Siloé reactor,
- development of a knowledge-based system for the aid for operating.

These actions based on a knowledge engineering methodology, SAGACE, and using industrial tools will lead to an amelioration of the security and the operating of the Siloé reactor.

KEYWORDS : operating aid, knowledge engineering, research reactor, complex systems.

1. Introduction

Siloé est un réacteur de recherche du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), de type piscine, implanté sur le Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble (CENG), dont l'exploitation est confiée au Service du Réacteur Siloé (CEA/DRN/DRE/SRS). Ce type de réacteur fournit un environnement expérimental pour l'utilisation de neutrons à des fins :

- d'irradiations technologiques liées à la R&D sur les composants des réacteurs électronucléaires,
- d'irradiations de production (dopage de Silicium, radioéléments),
- de recherche fondamentale sur la physique de la matière condensée.

Pour répondre aux besoins expérimentaux très différents, un réacteur comme Siloé se caractérise par une souplesse d'utilisation et d'adaptation de son cœur à différentes configurations. Comme les conditions d'exploitation d'un réacteur de recherche évoluent en fonction des expériences, la conduite de ces réacteurs est fondée sur une **forte composante humaine**. Le savoir et l'expertise ainsi accumulés depuis plus de 30 ans d'exploitation de Siloé constituent un véritable **patrimoine** qu'il est nécessaire de préserver et de valoriser.

Les opérateurs de conduite sont particulièrement sollicités lors des phases de transition (démarrage, baisse de puissance, insertion de dispositifs...). La multiplicité des informations et les spécificités d'un réacteur de type piscine entraînent certaines difficultés d'analyse et d'interprétation. En dépit de ces difficultés, l'intervention des agents de conduite doit être rapide et efficace afin de maintenir un haut niveau de disponibilité de Siloé vis-à-vis de ses clients. Ces constats ont débouché sur une prise de conscience que l'amélioration de l'exploitation du réacteur Siloé nécessitait :

- la capitalisation des connaissances afin d'assurer la pérennité, l'accès et la valorisation de l'expérience acquise,
- une assistance à la conduite du réacteur.

Pour répondre à cette volonté d'intégrer le retour d'expérience dans la conduite et d'aider les agents au cours du pilotage, le SRS a lancé fin 94 la réalisation du système d'aide **ALEXIS**¹ mettant en œuvre les connaissances des exploitants de Siloé.

Les installations industrielles, comme Siloé, constituent des systèmes technologiques dont la maîtrise est complexe : difficultés de conception, de réalisation, d'exploitation et d'utilisation. La réalisation d'un système d'aide nécessite un ensemble de méthodologies et d'outils prenant en compte cette complexité et visant à mieux la maîtriser. Dans ce contexte, la gestion des connaissances devient primordiale car elle apporte :

- un cadre pour le développement de systèmes à base de connaissances, permettant d'aboutir à une meilleure définition du problème, des besoins et des objectifs à atteindre.

¹ ALEXIS : acronyme de Aide à L'EXploitation de l'Installation Siloé.

- des méthodes de modélisation permettant de mieux appréhender la complexité du système étudié. Ces méthodes facilitent l'émergence, la formalisation et la diffusion des connaissances de l'installation. L'emploi de telles méthodologies permet la création d'un **référentiel technique d'exploitation**, modèle synthétisant les connaissances d'exploitation et la compréhension du fonctionnement du réacteur.

La première partie présente la formalisation des connaissances liées à l'exploitation du réacteur pour aboutir au référentiel technique, puis la deuxième partie précise le système développé : ses fonctions et les choix effectués pour sa réalisation.

2. Le référentiel technique d'exploitation

La réalisation de ce référentiel a débuté début 94 en utilisant la méthodologie de modélisation SAGACE développée par le Laboratoire d'Informatique Appliquée du Centre d'Etudes de Marcoule (CEA/DCC).

Ce travail de 6 mois a débuté par la réalisation d'une cartographie générale des connaissances nécessaire afin de mieux cerner les types de connaissances existantes et leur localisation. Les principales sources utilisées ont été la documentation de fonctionnement du réacteur (plusieurs centaines de documents) et le recueil textuel d'expertise effectué en 93 auprès d'agents de conduite partant à la retraite [Chaillot-93]. Ces informations ont été complétées, consolidées et validées par des entretiens avec différents experts du service : principalement le Chef d'exploitation et les 3 ingénieurs de fonctionnement.

2.1. Méthodologie de modélisation SAGACE

La méthodologie SAGACE propose une démarche, un ensemble de concepts et un langage de représentation pour la modélisation de systèmes complexes [Pénalva-94]. Issue de la théorie systémique, elle est particulièrement adaptée pour la modélisation d'une installation industrielle comme Siloé. Elle est supportée par un atelier informatique facilitant sa mise en œuvre : le SYSTEMOGRAPHE [ITMI-95].

La modélisation des connaissances d'une installation en suivant la méthodologie SAGACE nécessite de représenter les connaissances du domaine, de spécifier le système étudié et la manière de le modéliser. Le modélisateur peut alors analyser et représenter le système et exprimer différentes connaissances spécialisées.

2.2. Modélisation du domaine

Cette première étape permet de factoriser le savoir lié au domaine abordé pour ensuite intégrer ces connaissances dans la modélisation. Ce travail est réalisé en créant des classifications d'objets qui décrivent le domaine (cf. Figure 1). Ces objets sont utilisés pour la construction de modèles décrivant le système. Les différents appareillages, organes, effluents et échanges du réacteur ont été ainsi répertoriés.

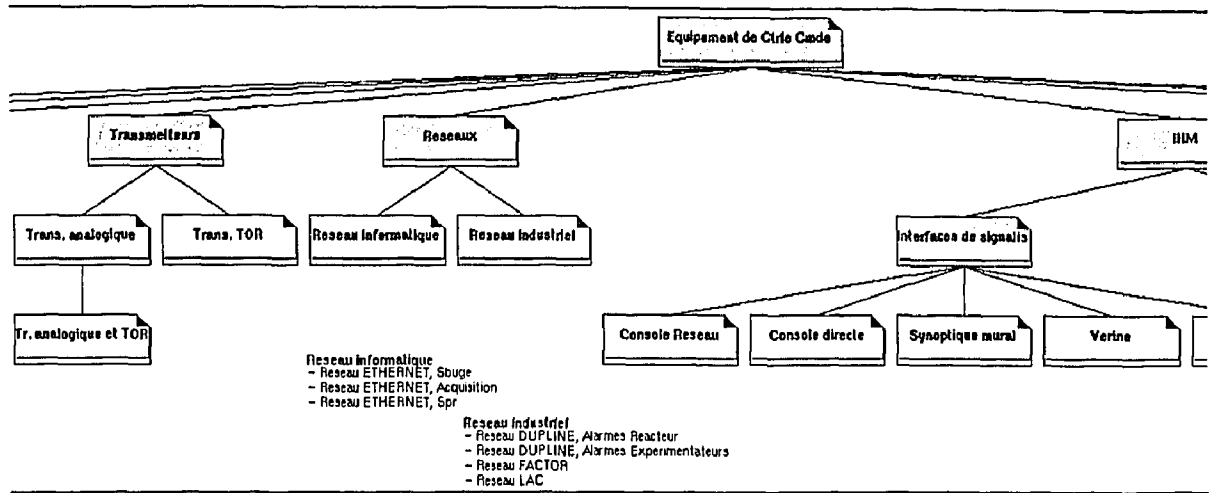


Figure 1 : Classification des équipements de Contrôle - Commande.

2.3. Spécification du système étudié et choix de représentation

Un travail de modélisation est fait en fonction d'objectifs précis. La frontière du système, la manière de percevoir et de modéliser le réacteur sont choisies pour y répondre au mieux. Afin de formaliser les connaissances d'exploitation et représenter le fonctionnement du réacteur, Siloé est modélisée comme un **système technologique**. Dans ce cadre, la finalité de Siloé est la fourniture de neutrons.

Modélisation faite dans le cadre du développement d'un système d'aide, la vision adoptée doit être celle d'un opérateur en charge du pilotage : **vision globale** de Siloé. Le système d'aide devant être opérationnel sur un sous-ensemble de l'installation, seuls les ensembles essentiels de l'installation ont été considérés : circuits principaux, barrières de confinement et de protection.

2.4. Analyse et représentation du système

La représentation du système est construite par l'application de neuf points de vue de modélisation qui permettent d'analyser et d'organiser différents niveaux de connaissances sur l'installation. Ces points de vue focalisent la modélisation sur ce que fait le système (vision fonctionnelle), ce qui constitue le système (vision organique), les décisions prises au sein du système (vision opérationnelle). Ils permettent d'explicitier la fonction, la structure et l'évolution de l'installation.

Vision fonctionnelle	FONCTIONS Fct. de surete et Fct. auxiliaires P3	MISE EN OUVRE DES CIRCUITS Activites et operations P2	CYCLE DE FONCTIONNEMENT Realisation de la mission P1	Ce que fait le système	
	ORGANES Circuits, barrieres et capteurs P9	SYSTEMES DE SECURITE Ctrle Cmde reacteur P8	DISPOSITIFS DE SECOURS Configurations de repli P7		Ce qui constitue le système
	REGULATION Maintien de la qualite P6	PROTECTION REACTEUR Maintien du Fct. Normal P5	SAUVEGARDE REACTEUR Retour au Fct. Normal P4		

Figure 2 : Matrice des neuf points de vue pour la modélisation du réacteur Siloé

Cette étude aboutit à la définition d'une matrice regroupant **neuf modèles** possibles pour l'installation, tous liés entre eux par un ensemble d'interrelations. Ce canevas constitue une structure qui est le référentiel de Siloé. Cette matrice référence les types et la localisation du savoir identifié lors de la cartographie générale des connaissances. Les neuf modèles permettent notamment d'exprimer les fonctions, organes et dispositifs de secours de l'installation, la mise en œuvre des circuits, l'organisation du fonctionnement du réacteur, les décisions prises et stratégies suivies en conduite normale ou incidentelle (cf. Figure 2).

Nous avons approfondi les modèles expliquant le fonctionnement global du réacteur : le *Processus*, le *Cycle de fonctionnement*, et la *Sauvegarde réacteur*. La description des autres modèles sera entreprise à la suite de la cartographie détaillée des connaissances, lors du recueil d'expertise pour la réalisation du système d'aide.

2.5. Modèles effectués

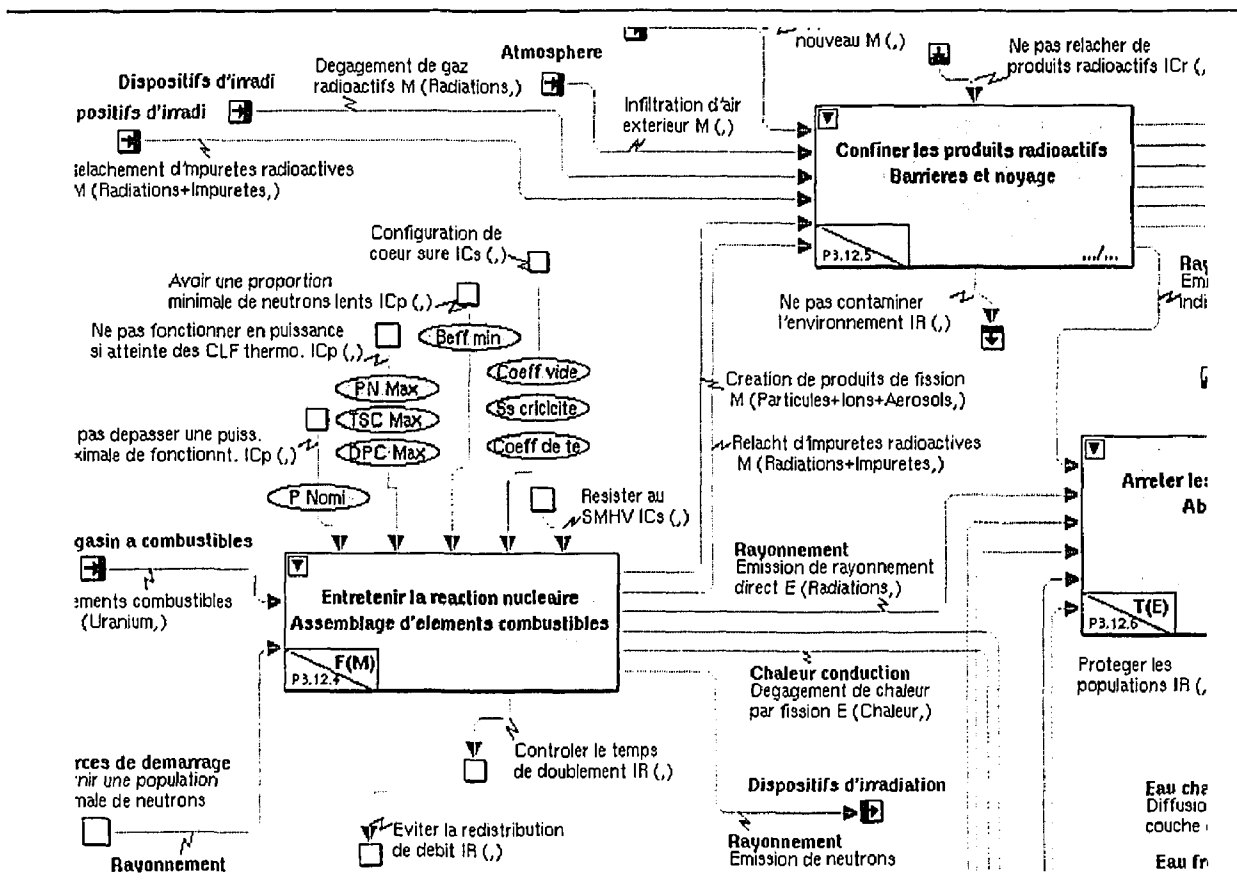


Figure 5 : Fonctions de l'installation et contraintes d'exploitation (Processus)

Le *Processus* est un modèle en arborescence qui décrit les différentes fonctions de l'installation et apporte la compréhension de ce que fait le réacteur (cf. Figure 5). Il rend compte des fonctions principales de sûreté, des fonctions auxiliaires, des interactions du réacteur avec son environnement et des dépendances entre fonctions. Similaire à une analyse fonctionnelle classique telle SADT [De Marco-78], l'analyse faite dans ce modèle détaille les différentes contraintes et objectifs d'exploitation de Siloé dans le cadre du projet. Ce modèle est constitué de 4 niveaux, comporte une dizaine de pages, et regroupe une vingtaine de fonctions terminales.

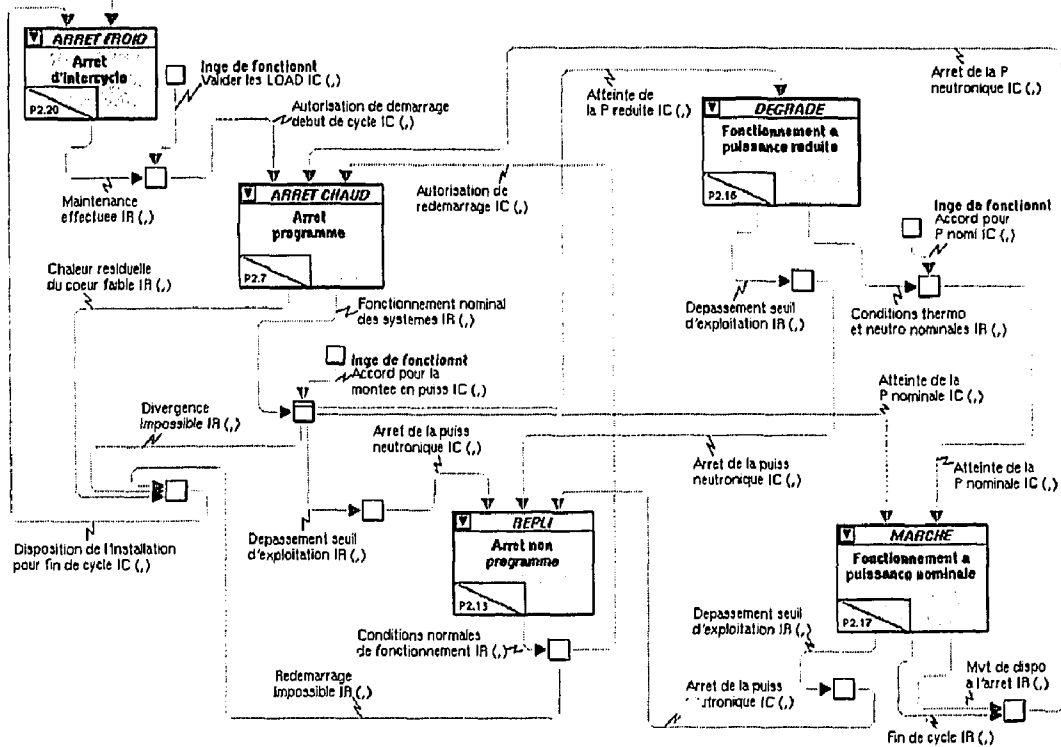


Figure 3 : Organisation dans le temps du fonctionnement du réacteur (Cycle de fonctionnement)

Le Cycle de fonctionnement présente l'organisation dans le temps du réacteur pour répondre à sa mission : les différentes phases du fonctionnement et leurs transitions (cf. Figure 3). Certains enchaînements de ces phases correspondent aux procédures de l'installation : divergence, maîtrise des mouvements de puissance, arrêt du réacteur...

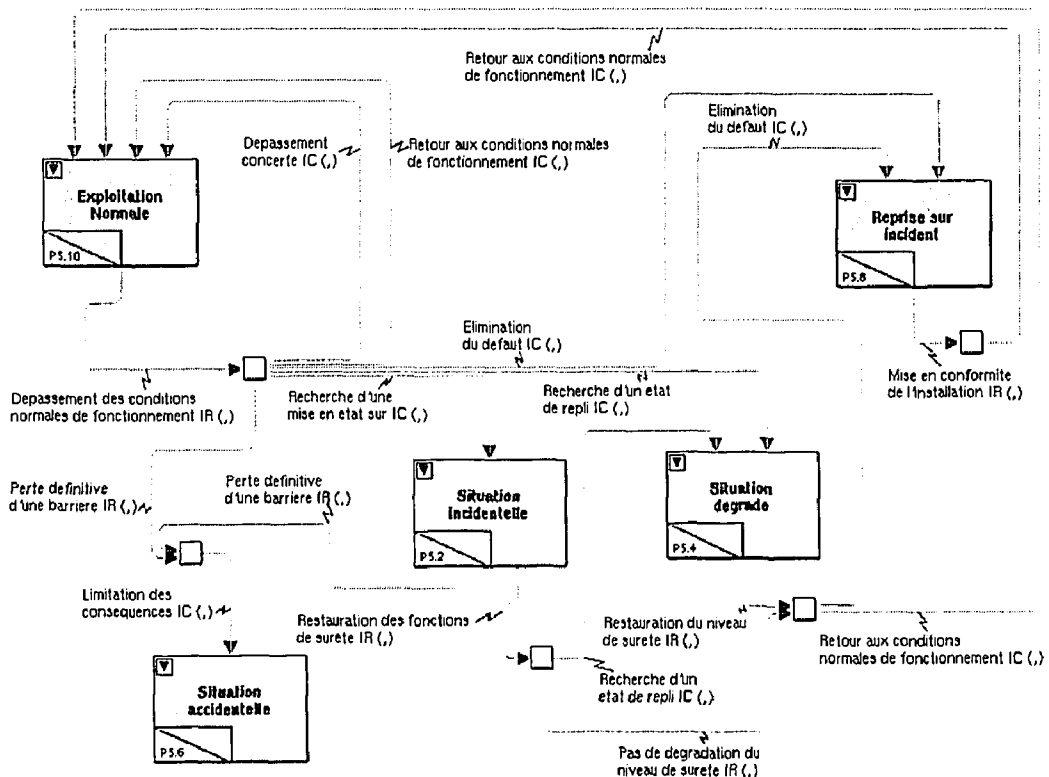


Figure 4 : Stratégies suivies après incident (Sauvegarde réacteur)

La *Sauvegarde réacteur* est un modèle qui décrit la conduite en cas d'incident. Il représente les décisions prises et stratégies suivies pour revenir au fonctionnement normal (cf. Figure 4). Ce modèle décrit différents contextes de conduite possibles.

2.6. Le référentiel : support de travail pour la réalisation du système d'aide

Ce référentiel est une **structure de navigation** dans un corpus de connaissances : cadre permettant de formaliser et d'intégrer des connaissances, il fournit également la possibilité de référencer des informations externes. Le langage graphique est d'appropriation facile par les experts. Les concepts systémiques manipulés au sein des modèles sont proches de ceux utilisés par l'exploitant. La création, la mise à jour et la navigation au travers des modèles sont facilitées par l'emploi du SYSTEMOGRAPHE.

Ce référentiel technique d'exploitation constitue **un modèle de référence** de l'installation exploitable par de multiples intervenants. Il synthétise un ensemble de connaissances liées à Siloé, que viendra exploiter le système d'aide. Il sert alors, pour le recueil d'expertise, de **document de travail** commun entre les experts de l'installation et les personnes en charge du développement du futur système. Ce référentiel intégrera, au cours de la réalisation du système d'aide, des informations sur la structure de l'installation, sur l'utilisation et la mise en œuvre des circuits, et des connaissances expertes qui seront utilisées notamment pour le diagnostic.

3. Alexis : mise en oeuvre des connaissances

Le recueil de connaissances conduit au sein du SRS est exploité au travers d'un système à base de connaissances. Un tel système s'appuie sur les connaissances liées au système : procédé, savoir, savoir-faire... Il doit mettre en œuvre "intelligemment" ces connaissances et fournir les informations pertinentes en fonction du contexte présent. Ce genre de problématique est général à la conduite de systèmes industriels complexes ([Brobowicz-91], [AFIA-94a], [AFIA-94b], [Chowdhury-93]).

Le système visé est **un pilote** qui prend en compte les parties essentielles de l'installation : épuration, piscine, refroidissement, cœur et radioprotection. Disposé en salle de conduite, il est destiné principalement au chef de quart et à l'ingénieur de fonctionnement pour être utilisé aussi bien en conduite normale qu'incidentelle. Fonctionnant en permanence, le système présente les particularités suivantes :

- **autonome** : il est en liaison directe avec les systèmes d'instrumentation du réacteur et peut déterminer lui-même l'état et le contexte dans lequel se trouve l'installation.
- **non-bouclé** : il n'a aucune action automatique sur le procédé et ne fait que fournir des informations et formuler des conseils à l'opérateur. Ce dernier reste toujours maître de ses décisions et du pilotage.

3.1. Fonctionnement général du système

La figure 6 décrit brièvement le fonctionnement du système et son interaction avec les opérateurs dans les différentes situations qui peuvent se présenter. Le système assure un suivi constant de l'installation et analyse la totalité des données disponibles sur le réacteur. Le système est en veille par défaut, il peut être consulté à l'initiative de

l'opérateur. En cas d'anomalie le système établit de manière autonome un diagnostic et prévient l'opérateur, libre d'utiliser alors le système de manière interactive.

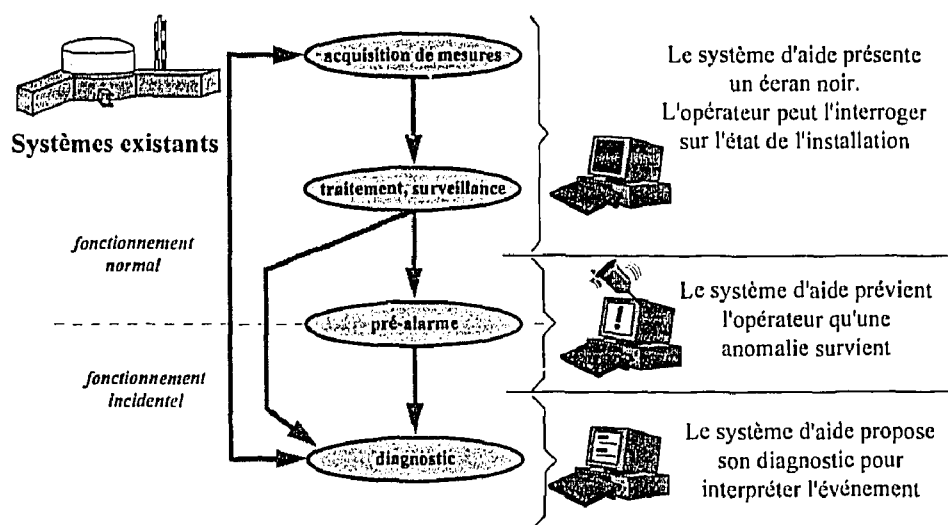


Figure 6 : ALEXIS, Principe de fonctionnement du système d'aide

3.2. Fonctions mises en œuvre

Les fonctions du système sont les suivantes (cf. Figure 7) :

Acquisition des données : Cette fonction assure l'interface entre le système d'aide à l'exploitation et les différents systèmes de supervision et d'acquisition de mesures du réacteur en supportant les différents protocoles des réseaux industriels de l'installation : LAC, Dupline, Factor. Son rôle est d'homogénéiser les mesures disponibles sur le réacteur et de les mettre à disposition des autres fonctions du système. Environ 750 TOR (Tout Ou Rien) et 200 variables analogiques sont prises en compte.

Filtrage et validation : Cette fonction vise à corriger les données, qualifier les mesures aberrantes et les changements de comportement, générer des pré-alarms. Cette fonction fait appel au savoir-faire acquis sur le procédé et sur l'interprétation des signaux : dérives et comportements significatifs, redondances spatiales et temporelles. Les choix de réalisation de cette fonction s'appuient principalement sur des techniques de traitement du signal, pouvant faire appel aux technologies nouvelles (logique floue, réseaux de neurones [Ohga-93]).

Etats de l'installation : Cette fonction met à la disposition de l'opérateur un ensemble d'informations synthétiques sur l'installation. Cet état est principalement à destination des personnes qui ne sont pas en permanence en salle de commande. Cette fonction est utilisée par la personne appelée en support lors d'un incident, ou par la nouvelle équipe lors d'un changement de quart.

Diagnostic : Le diagnostic est déclenché sur apparition de défauts. Il vise à établir des hypothèses de défaillance et de perturbation concernant l'ensemble des défauts constatés. Deux modes de fonctionnement de la fonction sont assurés. Un mode autonome en situation de " crise " et un mode interactif hors incident où le système peut demander à l'opérateur la confirmation ou l'infirmité d'une hypothèse. Cette

fonction sera réalisée par un module à base de connaissances, avec séparation des connaissances liées à l'installation de celles concernant la stratégie de diagnostic.

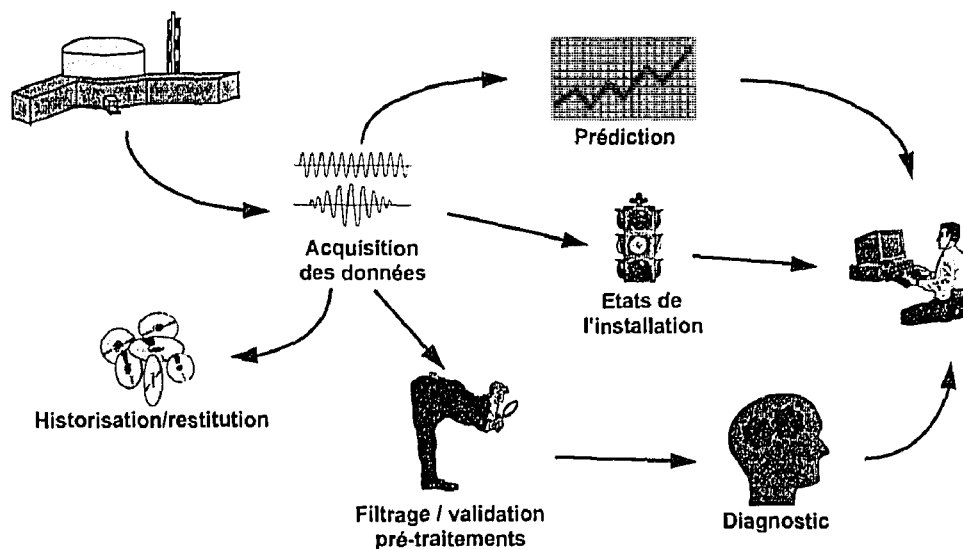


Figure 7 : ALEXIS, Fonctions du système d'aide

Historisation et restitution : Cette fonction enregistre les données et événements pour pouvoir fournir aux autres fonctions des informations en différé, archiver les différents incidents pour leur analyse a posteriori, fournir aux exploitants des informations temporelles pour assurer le suivi de l'installation.

Prédiction : Cette fonction concerne la prédiction des conséquences d'une défaillance ou d'une perturbation ainsi que la prédiction de l'évolution de l'installation en fonction d'actions opérateur. Une des prédictions les plus importantes concerne l'évolution de la réactivité du cœur après une chute de barres.

3.3. Choix de réalisation

Pour la réalisation de ce projet trois contraintes étaient imposées par le service :

- nécessité d'une collaboration étroite avec le partenaire industriel chargé du développement, afin de garder la maîtrise du système au sein du service grâce à un transfert de compétences mutuelles,
- réutilisabilité du système afin de pouvoir le transférer vers d'autres installations similaires,
- efficacité pour que le système présente des temps de réponse compatibles avec les contraintes d'exploitation rencontrées en salle de conduite.

D'autres contraintes sont propres au développement de systèmes à base de connaissances. Notamment, la difficulté majeure de ce type de projet est le recueil d'expertise pour la réalisation de fonctions comme le diagnostic ou le filtrage et la validation d'informations. Le maintien de la motivation des intervenants est stratégique [Ermine-93]. Le risque majeur encouru est une inadéquation fonctionnelle du système par rapport aux besoins des opérateurs, entraînant sa non-utilisation.

Plusieurs choix ont donc été faits pour la réalisation du système afin de prendre en compte au mieux ces contraintes :

- Mise en place d'une équipe de projet **pluridisciplinaire** dès le début du projet, liant le partenaire industriel et des personnes du SRS, afin de permettre un arbitrage commun et une implication plus importante du personnel et des experts de Siloé.
- Implication forte des exploitants dès la spécification du projet, afin d'intégrer dès la conception du système les facteurs humains et les spécificités du pilotage (ergonomie et prise en compte de l'existant).
- Emploi d'une démarche associant intimement la réalisation du système et le recueil d'expertise en validant chaque phase de recueil par une mise en œuvre de l'expertise dans le système d'aide.
- Mise en service **progressive** du système d'aide par lots fonctionnels cohérents pour faciliter son intégration et son acceptation en salle de conduite, et bénéficier au plus tôt d'un retour d'expérience sur son emploi.
- Utilisation d'outils et de méthodes industrielles pour garantir les critères de modularité, de performance, d'extensibilité et d'ergonomie nécessaires à l'obtention des facteurs de qualité recherchés pour le système : efficacité, adaptabilité à l'environnement évolutif d'un réacteur de recherche, et réutilisabilité dans le cadre d'autres installations. Les choix effectués sont la méthodologie SAGACE pour le recueil de l'expertise et le logiciel RTWORKS® (Talarian® Corporation) pour la fédération du système. Les capacités offertes par RTWORKS permettent d'adopter une approche de type Intelligence Artificielle Distribuée (IAD) temps réel, événementiel avec abonnement dynamique, qui associe plusieurs agents pour la résolution en temps contraint d'un même problème.

4. Conclusion

Les connaissances d'exploitation d'un réacteur de recherche constituent un véritable patrimoine qu'il faut savoir identifier, gérer et valoriser. Cet enjeu fait partie des directives de la politique qualité du CEA [MQ-94].

Fin 94, le Service du Réacteur Siloé a lancé le projet ALEXIS de développement d'un système à base de connaissances pour l'aide à l'exploitation du réacteur de recherche Siloé. Ce système pilote doit permettre de démontrer la faisabilité et l'utilité de ce genre d'approche dans le domaine des réacteurs nucléaires de recherche. Le système est actuellement en phase de développement et sera mis en service progressivement, en commençant par le module d'acquisition. Nous pourrions ainsi valider progressivement les différents modules et surtout bénéficier d'un retour d'expérience. Le premier pilote représentatif d'un système global devrait être opérationnel fin 96.

Projet faisant appel aux techniques de Gestion des Connaissances, un référentiel technique d'exploitation de l'installation a été créé dès le début du projet, en employant une démarche systémique fortement adaptée au système étudié. Son élaboration a permis de montrer qu'un tel modèle constituait un bon support de travail entre les développeurs du système et les experts interrogés. Les modèles produits suffiront-ils au recueil de la totalité de l'expertise ? La méthodologie SAGACE employée

et les modèles existants devront certainement être couplés ou complétés par d'autres approches de génie cognitif comme KADS [Hickman-89].

Le référentiel ainsi créé constitue une synthèse des connaissances de l'installation que devra manipuler le système d'aide. Comment faciliter le transfert des informations du référentiel vers les structures opérationnelles utilisées au travers du logiciel RTWORKS ? Cette problématique de transfert d'informations à partir de modèles existants n'est pas propre au domaine exposé ici. Par exemple, une problématique identique est rencontrée au sein du Laboratoire de Dosimétrie en Réacteurs du SRS où la modélisation d'activité du laboratoire peut être utilisée pour la rédaction de documents qualité [ROYER-95]. De telles perspectives font l'objet d'une nouvelle thèse au sein du service.

REFERENCES

[AFIA-94a] : Bulletin de l'AFIA - Dossier Pétrole-Chimie, n°19, 10/94.

[AFIA-94b] : Bulletin de l'AFIA - Le projet Sachem, n°18, pp 41-45, 06/94.

[Brobowicz-91] : O. Brobowicz, "La représentation de l'utilisation de connaissances imprécises pour l'aide à la conduite de procédé", Thèse de l'Université de Franche-Comté, 1991.

[Chaillot-93] : M. Chaillot & J. Favrot, "Projet de gestion des connaissances associées à la conduite du réacteur SILOE", CEA-INSTN/MIST/SBDS/EGC/MC/93/02 Réf. GITD 94 025.

[Chowdhury-93] : B.H. Chowdhury, L. Swan & D. Clark, "An expert system as a system operator's aid in real-time solutions of the optimal power flow", Electrical Power Systems Research, pp 21-30, 26, 1993.

[De Marco-78] : T. De Marco, "Structured Analysis and System Specification", Prentice Hall, 1978.

[Ermine-93] : J-L. Ermine, "Génie logiciel et génie cognitif pour les systèmes à base de connaissances", Collection Tec et Doc, Lavoisier, 1993.

[Hickman-89] : F. Hickman, J. Killin, L. Land, T. Mulhall, D. Porter & R. Taylor, "Analysis for Knowledge-based Systems, a practical guide to KADS methodology", Ellis Horwood, 1989.

[ITMI-95] : Manuel utilisateur du logiciel Le SYSTEMOGRAPHE, à paraître, 1995

[MQ-94] : "Manuel Qualité du CEA", 1994.

[Ohga-93] : Y. Ohga & H. Seki, "Abnormal event identification in nuclear power plants using a neural network and knowledge processing", Nuclear Technology, Vol.101, p 159, Feb. 1993.

[Pénalva-94] : J-M. Pénalva & E. Page, "SAGACE : la modélisation des systèmes dont la maîtrise est complexe", ILCE'94, Montpellier, 02/94.

[Royer-95] : J-C. Royer, M. Chaillot & J-L. Ermine, "Gestion des connaissances dans le domaine de la dosimétrie en réacteur", Congrès AFCET, Technologies de l'information et de la connaissance dans la mutation des sociétés industrielles, Toulouse, 10/95.