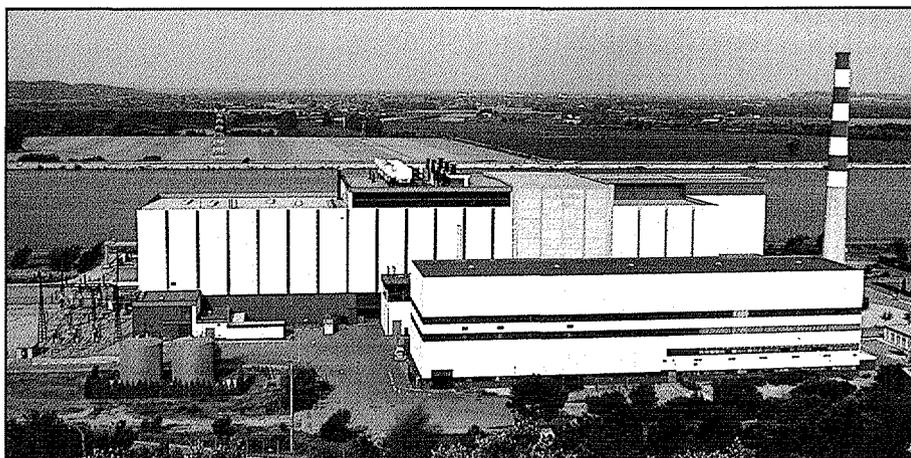


DRN

A C T U A L I T E S



Centrale nucléaire PHÉNIX sur le site de Marcoule

REPRISE...

« Le gouvernement entend poursuivre la recherche sur la transmutation, de manière à fournir au Parlement les moyens de prendre des décisions sur l'aval du cycle en 2006. A court terme, les programmes de recherche nécessaires pour le respect de la loi de 1991 seront orientés sur Phénix, réacteur de taille plus petite mais conçu dès le départ à des fins de recherche... ». Tels sont les propos officiels figurant dans le dossier intitulé « Politique nucléaire et diversification énergétique : orientations gouvernementales », remis par le service de presse du Premier Ministre à l'issue du Comité Interministériel du 2 février 1998.

Dans ce même dossier il était rappelé que « à la suite d'un important travail de mise à niveau entrepris par le CEA, l'Autorité de sûreté, la DSIN, a estimé possible de donner un avis favorable au redémarrage de Phénix jusqu'en 2004, sous certaines conditions, qui devront être respectées par l'exploitant ». Alors que s'engage l'étape de redéfinition des programmes expérimentaux à mener dans Phénix en les adaptant aux besoins suscités par l'axe I de la loi de 1991, DRN Actualités a choisi de rappeler comment

l'exploitant avec l'appui des différentes unités de la DRN, mais aussi des autres D.O. du CEA et de l'ingénierie Novatome, a proposé de satisfaire les conditions mises par l'Autorité de sûreté pour la reprise du fonctionnement en puissance du réacteur.

Notons au passage que la demande de l'exploitant, qui conduit à borner la vie de Phénix à fin 2004, permet de rester en nombre d'heures de fonctionnement, dans l'enveloppe du rapport de sûreté.

L'ampleur de la tâche accomplie est, en grande partie, le fruit du très gros travail de l'équipe du « Projet Durée de Vie » qui fera l'objet d'une présentation détaillée dans le prochain numéro du rapport scientifique de la DRN. Il a fallu, par ailleurs, reconsidérer la prise en compte du risque sismique à la lumière des nouvelles méthodes de dimensionnement. Enfin il faut garder en mémoire l'exceptionnel volume de travaux de jeunesse qui ne s'achèveront qu'à l'occasion de l'arrêt décennal de 1999.

Une information sur ces trois sujets constitue l'ossature du présent numéro.

É D I T O

Un peu d'histoire

La première divergence de Phénix date de près de 25 ans ; son histoire est riche de contributions majeures au développement de la filière des réacteurs rapides : une construction parfaitement pilotée suivie d'une mise en service impeccable, puis une très longue période de fonctionnement sans problème, la maîtrise d'interventions importantes (par exemple la réparation des six échangeurs intermédiaires), de très faibles rejets radioactifs qui sont le propre de la filière et, au bout de quelques années, la première réalisation de la surrégénération en cycle fermé.

Mais sans doute l'apport le plus remarquable a-t-il trait aux irradiations expérimentales. Une panoplie de dispositifs spéciaux, des transferts rapides entre cœur et stockage, une cellule d'examen attenante au réacteur, autorisant l'acquisition rapide de résultats non destructifs, voire la réirradiation après des examens intermédiaires : tout ceci fait de Phénix un outil parfaitement adapté à ses objectifs, et a permis en une quinzaine d'années et 3700 JEPP de qualifier des combustibles pour de forts taux de combustion, notamment par le tri de matériaux portés pour les plus performants à des doses inégales -155 dpa pour l'assemblage Boitix 9.

Puis, la mise en évidence des phénomènes de vieillissement de matériaux imposant une refonte des circuits secondaires, l'expertise des arrêts sur baisse de réactivité, l'obligation de répondre à des exigences accrues de sûreté se sont conjuguées pour entraîner à partir de 1990 une très

Suite page 2

longue période d'arrêt, et de considérables travaux de mise à niveau. Mais c'est bien parce que le passé que l'on vient de résumer donne toute confiance dans la capacité du réacteur rénové de reprendre quelques années de bons et loyaux services que le CEA les a engagés. Le réacteur est maintenant prêt à repartir - dès avril prochain - ; il est en attente du feu vert de l'Autorité de sûreté à qui ont été présentés en fin d'année dernière des dossiers appuyés sur une analyse extensive des conditions de fonctionnement par le projet durée de vie.

L'objectif prioritaire est désormais de réaliser un important programme d'irradiations expérimentales destiné à démontrer les possibilités d'incinération en réacteur rapide de déchets radioactifs, en prenant le relais de l'essentiel de ce qui était prévu dans Superphénix ; le cadre est celui de la loi de 1991 qui fixe un jalon en 2006 ; il faudra par conséquent avoir terminé les irradiations en 2004. A l'obligation de qualité s'ajoute donc aussi celle de la ponctualité ; ce n'est pas le moindre des défis que Phénix aura eu à relever.

J. Leclère
Responsable Segment

2

LES RÉPONSES DU « PROJET DUREE DE VIE »

Le Groupe Permanent du 3 juillet 1997 n'avait pas conclu à propos des moyens proposés pour la surveillance du supportage du cœur. Il avait par contre entériné pour l'essentiel, les autres lignes de défense développées au sujet du supportage :

- sur la qualité de la réalisation, et les marges importantes (y compris en projection sur la fin de vie) laissées par l'évaluation de l'endommagement accumulé du fait de l'exploitation depuis l'origine,
- sur le caractère acceptable de certaines situations dégradées (la chute du platelage sur le fond de cuve en cas de séisme n'entraîne pas de conséquences inacceptables).

Le travail sur le contrôle non destructif de la virole de supportage du cœur, mené avec vigueur pendant l'été et l'automne 97, en apportant des possibilités nouvelles, a permis la tenue des réunions de décembre, reprenant l'ensemble des principaux dossiers encore ouverts.

Le contrôle non destructif des grandes sou-

dures circulaires de la virole conique participant au supportage du cœur, sera fait par ultrasons au contact direct du forgé de point triple grâce à six ouvertures ménagées dans la double enveloppe. La faisabilité de ces ouvertures dans les conditions réacteur et la sûreté de l'intervention ont été démontrées et testées expérimentalement. Deux types de porteurs ont été définis de façon à couvrir l'ensemble de la circonférence (37 mètres environ). La possibilité de contrôle des soudures supérieures a été relativement aisée à démontrer sur des maquettes à l'échelle 1 en fluide chauffé à 150°C. La principale difficulté consistait à inspecter la soudure de liaison au platelage, distante de 3,5 mètres du point triple. Cette difficulté a été surmontée par la mise en évidence (théorique et expérimentale) d'un mode de propagation guidé qui permet l'aller-retour des ondes avec un rapport signal sur bruit suffisant pour les défauts de grande taille. La démonstration expérimentale a été apportée par des essais sur des tôles planes qui ont permis d'étudier de nombreux paramètres dont la température et les effets du fluide, puis sur une grande maquette à l'échelle 1, essayée en air à température ambiante.

Un dossier volumineux justifie par ailleurs, que la taille des défauts traversant la structure, et qui pourraient entraîner sa ruine

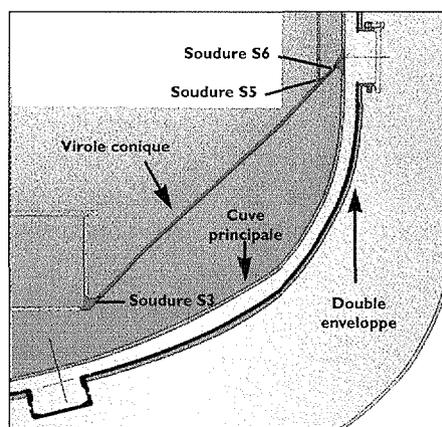
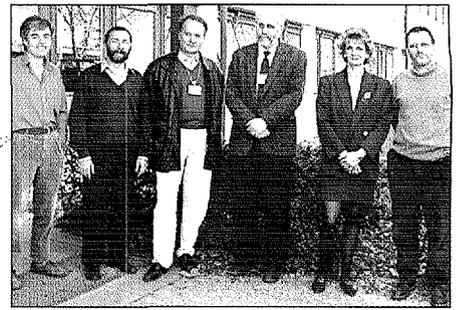


Schéma du supportage du cœur

complète, même sous les chargements les plus sévères (séisme par exemple) sont des défauts très longs, de plusieurs mètres et qui restent donc bien couverts par les possibilités du contrôle.

L'ensemble de ces travaux a été réalisé de façon très étroite entre la Centrale, les spécialistes de DTA, l'ingénierie Novatome et le Projet Durée de Vie pour la cohérence entre moyens et objectifs du contrôle. Le Groupe Permanent a estimé le



L'équipe du « projet de durée de vie »
D. OUDELET, D. BOULEGUE, J-P MAUPRE, J-L CARBONNIER, V. COUTO, Ph. MARTIN

11 décembre 1997 que cette méthode d'inspection était crédible.

De plus, les progrès faits par les méthodes de démonstration indirecte de l'absence de désordre dans le supportage cœur, déjà présentées en juillet, ont été enregistrés. Elles reposent sur :

- le palpéage du réseau d'assemblage avec le bras de manutention,
- la surveillance de l'hydraulique primaire.

Bien que dégageant des marges jugées trop faibles par les experts de l'Autorité de sûreté, ces méthodes qui toutes deux font référence à des mesures à l'état initial du bloc réacteur, sont des éléments de confirmation intéressants.

En particulier, elles permettent une surveillance régulière lors du fonctionnement futur, le contrôle non destructif n'étant mis en œuvre qu'une fois, lors de l'inter-cycles 50/51, au cours du second semestre 1999.

L'autre sujet important relatif à la chaudière concernait les modules des étages supérieurs des générateurs de vapeur. Construits en acier austénitique stabilisé au titane (dit 321), il convenait de montrer que le retour d'expérience a priori défavorable des autres composants de la Centrale réalisés dans le même acier (et qui ont été remplacés par du matériel neuf) n'était pas rédhibitoire pour le maintien de ces composants.

Les arguments développés ont porté sur la moindre probabilité de fissuration de ces structures, basée à la fois sur les contrôles partiels disponibles et les résultats de R&D sur le sujet, et aussi sur une analyse de sûreté :

- en cas de réaction sodium-eau, la rupture d'une enveloppe de module conduirait à un relâchement de sodium limité du fait de la rupture des membranes de protection,
- en cas de séisme, le feu ne devrait résulter que d'une brèche d'extension limitée.

En complément, des modifications des caissons contenant ces composants, permettront d'en renforcer la tenue aux feux.

Tels sont, en dehors des dossiers séisme bâtiment, les éléments complémentaires apportés en décembre, qui ont motivé l'avis favorable sur la possibilité de prolongation du fonctionnement de Phénix émis par la DSIN en fin d'année.

Ph. Martin,
Chef du Projet Durée de Vie

TENUE SISMIQUE DE L'INSTALLATION

Le 11 décembre 1997, le Groupe permanent rendait son verdict sur la démarche de l'exploitant de Phénix pour assurer les fonctions de sûreté du réacteur en cas de séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV) retenu pour le centre de Marcoule (en fait deux séismes lointains et un séisme proche).

Cette démarche qui concerne l'ensemble des bâtiments de la centrale, a comporté deux phases essentielles :

- un diagnostic des ouvrages existants d'abord, dans le but de vérifier la qualité des réalisations et de déterminer les renforcements éventuellement nécessaires
- la définition de solutions de renforcement, ensuite, en se référant aux méthodes actuelles de dimensionnement applicables aux ouvrages nucléaires. Il faut se rappeler que la conception des bâtiments de Phénix remonte à la fin des années 60, que seul le bâtiment réacteur devait être conçu pour résister sans dommage au séisme, que la règle fondamentale de sûreté (RFS V 2g) pour l'industrie nucléaire sur le calcul sismique des ouvrages de génie civil, est apparue en 1985 et enfin que la carte sismotectonique de la région avait été revue en 1974. Pour chacun des bâtiments, l'exploitant a présenté la méthodologie retenue et les mesures envisagées. Une structure spéciale a favorisé la validation des solutions préconisées. Elle associait auprès de l'exploitant maître d'ouvrage, Novatome, l'ingénierie Séchaud et Metz, Géodynamique et structures, le CLI d'EDF ainsi qu'un Groupe d'experts « Assistance au maître d'ouvrage » dans lequel la DRN était représentée par F. Gantenbein et P. Sollogoub.

Les mesures prises concernent en premier lieu le renforcement des infrastructures et des charpentes métalliques des bâtiments annexes, bâtiment des générateurs de vapeur, halls de manutention et des renfor-

cements supplémentaires au niveau du hall du bloc réacteur. En ce qui concerne la salle des machines, l'exploitant a proposé pour celle-ci des mesures destinées à éviter le risque d'agression du bâtiment réacteur.

Par ailleurs, les jeux en toiture entre le bâtiment réacteur et le bâtiment des manutentions ont été agrandis.

En sous-sol du bâtiment des générateurs de vapeur, les zones sodium ont été nettement séparées des zones où circulent l'eau et la vapeur.

A ces aménagements de génie civil, il faut ajouter des mesures destinées à renforcer la « mitigation » des conséquences éventuelles d'un séisme. Ainsi les systèmes d'arrêt d'urgence ont été renforcés par l'équipement d'un système d'arrêt complémentaire SAC, ou barre articulée capable de s'insérer par gravité dans une géométrie de cœur déformée, et commandée par des détecteurs sismiques très sensibles capables de provoquer l'arrêt dès le début du séisme. La fonction d'isolement par décompression rapide des générateurs de vapeur a elle aussi été améliorée. Enfin, il faut citer la construction d'un circuit de refroidissement de secours supplémentaire enterré profondément de manière à pouvoir fonctionner après séisme.

L'ensemble des réflexions et solutions imaginées pour Phénix constituent un enseignement de premier ordre pour gérer dorénavant les dossiers de sûreté des installations anciennes, candidates à une prolongation de leur temps de service, sous réserve d'aménagements compatibles avec l'évolution des méthodes d'analyse. C'est en particulier le cas de certains laboratoires chauds du CEA, dont la conception, a priori plus simple, devrait permettre de tirer les meilleures leçons du présent exercice.

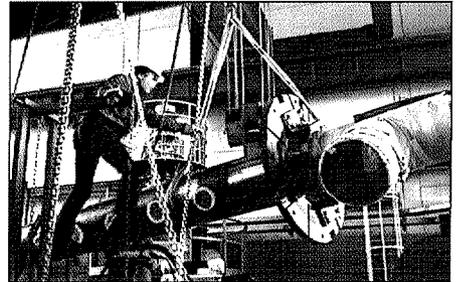
J.A. Toly

JOUVENCE

En 1995, la Centrale a commencé une importante campagne de travaux de jouvence de l'installation. Elle sera terminée en 1999 avec la dernière phase des travaux qui se dérouleront en parallèle avec l'arrêt décennal. Le principal chantier terminé a été le remplacement des tuyauteries secondaires en acier 321 par de l'acier 316 SPH, et le changement des collecteurs sodium des générateurs de vapeur. En service depuis l'origine de la cen-

trale, cette nuance d'acier, a montré quelques signes de sensibilité à la fissuration.

Terminé, et qualifié, le nouveau système d'arrêt complémentaire (SAC) est en réacteur. Ce n'est pas à proprement parler de la jouvence, mais sa présence en réacteur est un élément de sûreté supplémentaire. Cette super barre de contrôle permet, dès la perception d'un séisme, un arrêt du réacteur. Sa conception permet en effet sa chute dans toutes les situations d'urgence. Il est dédié à



Chantier de remplacement des collecteurs de générateur de vapeur

l'arrêt du réacteur et ne participe pas comme les autres barres au fonctionnement normal. D'importants travaux de génie civil et de modification de charpentes ont eu lieu pour améliorer la tenue au séisme du bâtiment des circuits annexes. Sont en fin d'étude les travaux concernant le bâtiment réacteur; la salle des machines de production d'électricité, le hall des générateurs de vapeur et les bâtiments de manutention des composants. Les travaux devraient commencer cette année. Pour améliorer la sûreté de l'installation, les circuits d'ultime secours ont été modifiés et renforcés, notamment en autorisant le fonctionnement en circuit ouvert.

La commande de trois nouveaux échangeurs intermédiaires a été lancée. Ils sont en cours de fabrication. Ils devraient être livrés en fin d'année.

En 1999, les tuyauteries eau/vapeur vont être mieux protégées contre les risques de rupture par des dispositifs spéciaux. Des compléments aux circuits d'ultime secours fonctionnant en mode fermé seront réalisés cette même année et alimentés par des groupes électrogènes autonomes.

Au total 350 millions de francs ont été engagés, 250 autres financeront les travaux de 1998 et 1999.

Cette grande opération va permettre à la centrale de poursuivre jusqu'en 2004 sa carrière d'outils de recherche et développement en réalisant les irradiations attendues.

D. Pêpe

MÉCANIQUE DU SOLIDE :

de nouvelles perspectives

CEA/Universités en Ile-de-France Sud.

En 1995, la Direction des Réacteurs Nucléaire du CEA signait un accord de collaboration avec l'Ecole Nationale Supérieure de Cachan. Il consistait à financer annuellement une équipe de 5 à 6 personnes (agents CEA détachés, post-docs & thésards) pour effectuer une recherche orientée vers l'anticipation et la résolution de nouveaux problèmes industriels dans le domaine de la Mécanique du Solide appliquée au Nucléaire.

Dans ce contexte favorable, l'inauguration le 16 décembre 1997 à l'ENS Cachan d'une machine de calcul parallèle SILICON GRAPHICS de 32 processeurs R10000 « ORIGIN 2000 », et, simultanément la création du "Pôle de Calcul Parallèle de l'Ile-de-France Sud", offrent de nouvelles perspectives aux équipes concernées de l'Université et du CEA. Ce nouveau pôle est dédié à la Mécanique du Solide ; il rassemble le Centre des Matériaux de l'école des Mines de Paris, le Centre de Mécanique de l'Ile-de-France de l'Université d'Evry, le Laboratoire de Mécanique, Sols, Structures de l'école Centrale de Paris, le Laboratoire de Mécanique et le Centre de Mathématiques(L.M.T.) et leurs Applications de l'ENS Cachan.

De façon très concrète, il faut souligner :

- que l'administration de la nouvelle machine a été confiée à un ingénieur CEA du Département de Mécanique et Technologie détaché à l'ENS Cachan,

- que les deux logiciels développés par la Direction des Réacteurs Nucléaires du CEA que sont CASTEM 2000 et PLEXUS et dont l'architecture informatique se prête à une recherche avancée respectivement en Mécanique Générale des Structures et en Dynamique sont dès à présent implantés et en cours de test,

- et que cela engendre également de nouveaux thèmes de collaboration entre les équipes du Service de Mécanique et Thermique du Département de Mécanique et Technologie du C.E.A. Saclay et celles du L.M.T. de Cachan en particulier pour développer des outils mieux adaptés au calcul parallèle en Mécanique (algorithmes et langages) et aborder de nouvelles classes de problèmes comme celle par exemple du multi-échelle.

Manifestations

ça s'est passé à la DRN

- Le CEA/Cadarache a été les 3 et 4 février, le théâtre des Journées annuelles du **Groupe Français de la Céramique**, dont le thème principal était les céramiques nucléaires. Plus de 160 céramistes industriels, universitaires et chercheurs se sont rencontrés pendant les deux jours de Congrès organisés par **Michel BEAUVY** du Département d'Etudes des Combustibles pour faire le point sur les derniers progrès dans cette science des matériaux et assister aux 70 communications présentées. Près de la moitié des participants venaient d'organismes non directement associés au nucléaire, et les autres, essentiellement du CEA, de la Cogéma, de l'EDF et de FBFC. La forte participation souhaitée des jeunes (étudiants et nouveaux diplômés) a été une réussite qui a permis le déroulement d'un forum jeunes « emploi et collaboration ».

- Deuxième séminaire organisé par **DSNQ** et **DRN**, sur le thème « **Une démarche qualité - Deux labels : AFAC et COFRAC** » : Le succès de la session tenue à Grenoble en novembre dernier ne s'est pas démenti à Saclay le 4 février, où les quelques 200 inscrits ont pu apprécier les présentations des différents acteurs (dont ceux du Laboratoire de Dosimétrie en réacteurs de la DRN) et se sont promis d'y donner suite... A quand une session à Cadarache ?



Ouverture du séminaire Qualité

Prochainement

Le troisième séminaire du C3mi aura lieu le 26 mars 1998 à l'amphithéâtre Jules Horowitz de l'INSTN de Saclay. Il sera consacré aux développements récents des moyens d'examen pour l'étude de l'irradiation et du vieillissement des matériaux de structure. Ce séminaire est librement ouvert à toute personne du CEA et ouvert sur invitation à nos partenaires d'EdF, de Framatome, du CNRS et des universités.

Nominations

Le changement d'année s'accompagne traditionnellement de nombreux mouvements et nominations. 1997 n'échappe pas à la règle. Ainsi :

Jean-Paul LANGLOIS a pris ses fonctions de Chef du DRE,

Michel DARROUZET est devenu l'Adjoint au Directeur, chargé de la gestion budgétaire, des contrats et du contrôle de gestion,

Lucien GILLES occupe la fonction de Conseiller du Directeur des Réacteurs Nucléaires,

Daniel GROS, Philippe GIRARD, Jean-François MONTIGON sont Chargés de Mission auprès du Directeur des Réacteurs Nucléaires.

Guy FLAMENBAUM et **François MICHEL** ont été nommés respectivement Adjoint au Chef du DER et Adjoint au Chef du DTP,

Imad TOUMI est devenu le premier Chef du Service de Simulation des Systèmes Complexes et de Logiciels.

Faits marquants

Rappelons l'attestation de reconnaissance d'un centre de ressources technologiques accordée au GRETh, conjointement par le ministre de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie, et le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie.

Erratum

Faudra-t-il ouvrir systématiquement une rubrique " pan sur le bec " dans notre journal ? Toujours est-il qu'il fallait bien corriger l'affirmation selon laquelle le SMTH du DTP ne compterait qu'un seul thésard. Pour arriver au chiffre de 34 pour le DTP, c'est bien celui de 12 qu'il fallait attribuer au SMTH. L'erreur était d'autant plus fâcheuse que ce service, avec 42 agents CEA, apparaît particulièrement performant en matière d'encadrement de thèses.

Toute diffusion de ces informations à l'extérieur du CEA est soumise à l'autorisation de DRN.

Editeur : CEA DRN

31-33 rue de la Fédération - 75752 PARIS CEDEX 15

Tél. : 01 40 56 27 51 - Fax : 01 40 56 27 50

Imprimeur : D'ORCI

Comité de rédaction : DMT D. MENESSIONER

DEC P. BESLU - DRE F. BENDELL

DER M. CARNOY - DTP F. MICHEL

DCP P. GRENET - DRN J.A. TOLY - C. PRUNIER