

*Après l'incident de Civaux,
nous avons interrogé un
scientifique de l'Ensm,
pour tenter de mieux
comprendre*

Fatigue thermique à Civaux

Simple dans son principe – transformation de la chaleur libérée par fission atomique en énergie mécanique, puis en énergie électrique – une centrale nucléaire de type réacteur à eau sous pression n'en est pas moins une installation industrielle hautement complexe, assujettie à d'évidents impératifs de sécurité liés au risque de rejet accidentel de radioactivité dans l'environnement. Exploité par EDF, le parc électronucléaire totalise actuellement 59 réacteurs répartis sur 21 sites, dont celui de Civaux (à 30 km au sud-est de Poitiers). Fleuron de la technologie nucléaire française (nouvelle génération de réacteur, nouvelle turbine), l'unique centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Poitou-Charentes est paralysé depuis l'incident du printemps dernier. Incident dont la presse, tant régionale que nationale, s'est largement fait l'écho.

Tout avait pourtant bien commencé. Au terme de deux décennies d'une gestation mouvementée, le couplage au réseau EDF de la tranche n°1 de Civaux est annoncé le 24 décembre 1997. Mais, le 12 mai 1998, alors que le réacteur est arrêté depuis 5 jours dans le cadre de la phase normale d'essais de démarrage de la centrale, survient une importante fuite du circuit de refroidissement du réacteur à l'arrêt (circuit RRA). Destiné à évacuer la chaleur résiduelle du réacteur à l'arrêt (environ 0,2% de la quantité de chaleur générée en mode de production d'électricité), le circuit RRA est une dérivation du circuit primaire (celui qui, via des générateurs spécifiques, alimente en vapeur d'eau la turbine qui fait tourner l'alternateur produisant l'électricité). Si l'environnement est préservé (les 250 m³ d'eau «légèrement» radioactive seront intégralement récupérés au fond du bâtiment réacteur), l'incident est jugé suffisamment sérieux par la Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSIN) qui le classe au niveau 2 sur l'échelle internationale de gravité des incidents qui en compte 7. A noter que sur les 67 incidents classés en 1997, un seul était de niveau 2.



Repérée dès le 13 mai sur une soudure de conduite de l'une des deux voies du circuit RRA, l'origine de la fuite est une fissure du métal de 18 cm de long. Mis en œuvre dans toute installation sensible (industrie chimique, aéronautique, etc.), le principe de redondance veut en effet que tout circuit assurant une fonction importante de sûreté soit dédoublé, voire même quadruplé afin de diminuer la probabilité d'un incident grave.

Après découpe du coude accidenté, une investigation plus poussée met en évidence l'existence d'un réseau interne de micro-fissures superficielles (défaut de faïençage) à proximité de la soudure défaillante. Certes préoccupante pour le constructeur (Framatome) et l'exploitant (EDF), la rupture d'un acier inoxydable dans une installation n'ayant fonctionné que quelques mois appelle une expertise immédiate. Communiqués le 8 juin, les premiers résultats évoquent un phénomène de fatigue thermique du métal. Soumise à des variations rapides et répétées de température du fluide caloporteur (mélange d'eau à 40°-45°C du circuit RRA à de l'eau à 180°C provenant d'un échangeur de chaleur), la pièce aurait en effet subi une usure prématurée de l'intérieur. L'hypothèse de fatigue thermique consécutive à une erreur de con-

ception est officiellement confirmée en août. A partir de ces seules informations, il nous a paru intéressant de recueillir quelques indices auprès de Dominique Blay, spécialiste des transferts de chaleur au laboratoire d'études thermiques de l'Ensma (UMR CNRS 6608), une unité particulièrement en pointe dans ce domaine. Le tronçon de tuyauterie incriminé étant courbé, Dominique Blay note que «le fluide qui le parcourt est soumis à des forces centrifuges. Ainsi, sous l'effet de ces actions de même nature que la gravité terrestre, eau chaude et eau froide ne suivent pas tout à fait les mêmes chemins. Par conséquent, il peut donc y avoir des écarts de température entre l'extérieur et l'intérieur du coude». Et d'attirer l'attention sur le fait que «ce n'est pas tant le niveau de température, que des hétérogénéités de température au niveau du coude qui engendrent des fissures». D'où une véritable fatigue (d'origine thermique) du matériau. «Le phénomène est d'autant plus actif qu'il est instationnaire, c'est à dire qu'il évolue ou se répète dans le temps avec une certaine fréquence», précise le directeur-adjoint du LET.

Un écoulement turbulent dans le coude

«Ces hétérogénéités de température sont aussi dues à la turbulence. Les caractéristiques d'un écoulement turbulent, telles que la vitesse ou la température ne sont pas indépendantes du temps, contrairement à celles d'un écoulement laminaire (dans une conduite, la transition laminaire-turbulent dépend à la fois de la vitesse moyenne du fluide, de sa viscosité et du diamètre de la conduite). Bien qu'un écoulement turbulent soit plus efficace thermiquement qu'un écoulement laminaire, cette turbulence donne naissance à des fluctuations thermiques qui, à leur tour, engendrent de la fatigue». Et Dominique Blay de conclure en suggérant que «le problème de la fissure doit nécessairement associer ces deux causes : coexistence dans la conduite de zones distinctes de fluide chaud et de fluide froid et turbulence de l'écoulement».

Cet incident aura conduit EDF à suspendre le démarrage de Civaux 1 et l'exploitation des tranches B1 et B2 de la centrale de Chooz (dans les Ardennes) afin de revoir la conception du circuit RRA, identique sur ces trois installations. Si les remises en route de Chooz B1 et B2 sont annoncées pour novembre et décembre 1998, celle de Civaux 1 est prudemment reportée à l'hiver 1999. ■



Alain Rezzoug

Eclairages éphémères

Le recyclage des lampes ou de la pollution lumineuse, les effets de la lumière sur la reproduction et le développement des animaux, les nouvelles normes européennes, les aspects culturels de la lumière ou la sécurité des déplacements faisaient parti des thèmes abordés lors des Journées nationales de la lumière du 23 au 25 septembre à l'Ecole supérieure d'ingénieurs de Poitiers (Esip). Organisés tous les deux ans par l'Association française de l'éclairage, ce congrès s'adresse aux professionnels de la lumière. A cette occasion, des éclairages éphémères ont permis aux congressistes et aux habitants de découvrir des édifices de Poitiers sous une forme inédite. Cinq panoramas représentant des périodes de la journée (matinale, solaire, crépusculaire, lunaire et «théâtrale») illuminaient le moulin de Chasseigne. Un éclairage discret mettait en valeur l'architecture et l'environnement du pont Joubert. Sur les châteaux d'eau jumeaux de Bellejouane, les effets de lumière rappelaient le

principe des vases communicants. Le château d'eau de Touffenet ressemblait à un château fort moderne et celui de Bel Air s'éclaircissait progressivement de bas en haut pour venir "éclabousser" sa couronne. Des étudiants de la filière Eclairage, acoustique et climatisation de l'Esip ont largement contribué au projet. La Ville de Poitiers met progressivement en lumière son patrimoine architectural afin de le valoriser. Trois créations de lumières ont été récemment achevées : le chevet de l'église Sainte-Radegonde, par Yon Anton Olano, et celui de Saint-Jean-de-Montierneuf, par Joël Berthon, ainsi que le pont de Rochereuil. Poitiers a reçu deux prix nationaux pour la «mise en valeur du patrimoine», un Fitac d'or (Festival international des techniques et des arts de la cité) pour les polychromies de Notre-Dame-la-Grande et un prix dans le cadre du concours Lumières dans la ville.