

Fontenay-aux-Roses, le 14 septembre 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00288

Objet : EDF- REP - Centrale nucléaire de Civaux - INB n°158  
Réaction sulfatique interne (RSI) et réaction alcali-granulats (RAG) présentes dans le radier de l'enceinte du réacteur n°1 de Civaux

Réf. Lettre ASN CODEP-DCN-2015-002521 du 23 février 2015

La réaction sulfatique interne (RSI) et la réaction alcali-granulat (RAG) sont des pathologies de gonflement interne du béton (RGI). La RAG génère, au sein des ouvrages en béton et sans apport extérieur, la formation de gel et des cônes d'éclatement visibles en parement. La RSI conduit au développement de l'ettringite différée expansive dans le volume du béton. Ces pathologies se manifestent in fine par un gonflement généralement préjudiciable à la structure concernée. Ces pathologies peuvent ainsi conduire à une perte d'étanchéité et à une modification des propriétés mécaniques de l'ouvrage en béton incriminé. Plusieurs réacteurs, actuellement en exploitation en France, sont susceptibles d'être affectés par ces phénomènes.

Lors d'une réunion entre EDF, l'ASN et l'IRSN en 2009, l'IRSN a présenté ses résultats d'essais sur des éprouvettes de béton reconstitué du réacteur n°1 de Civaux. Ces essais ont montré un accroissement de l'expansion du béton et une diminution du module d'élasticité dynamique au cours du temps. Ainsi, l'ASN a demandé à EDF de se prononcer sur la présence d'une RSI dans le béton du radier du réacteur de n°1 de Civaux.

En réponse à cette demande, EDF a indiqué que d'après les mesures d'auscultation de l'enceinte, aucun phénomène de gonflement n'a été observé. De plus, les estimations faites par EDF des températures atteintes par le béton lors de la construction restent inférieures à la valeur de 65°C correspondant au niveau de prévention de la RSI issu des recommandations du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de 2007.

EDF en conclut que le radier du réacteur n°1 de Civaux n'est pas atteint par la RSI.

Pour compléter cette réponse, EDF a lancé un programme de travail permettant de statuer à la fois sur la présence mais aussi sur le risque de développement d'une RSI dans le radier du réacteur n°1 de Civaux, à partir d'échantillons de béton prélevés in situ.

Adresse Courrier  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

Siège social  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre 8 440 546 018

Sur la base des résultats de ce programme, EDF conclut que le risque de développement des pathologies de type RSI et RAG, est limité.

Dans ce contexte, par son courrier en référence, l'ASN a souhaité recueillir l'avis de l'IRSN sur :

- la représentativité et la suffisance du nombre des échantillons de béton prélevés dans le radier du réacteur n° 1 de Civaux afin d'apprécier le risque de développement des pathologies de type RSI et RAG ;
- les conclusions d'EDF sur l'absence de risque de développement de ces pathologies dans le béton du radier du réacteur n° 1 de Civaux et plus généralement dans le béton de l'enceinte de confinement.

EDF a réalisé des prélèvements de carottes de béton de différentes longueurs dans le radier de l'enceinte du réacteur n° 1 de Civaux pour son programme expérimental. Le programme est constitué d'essais de caractérisation physique (densités et porosité), d'analyses chimiques (analyse thermogravimétrique, analyse minéralogique par diffractométrie des rayons X (DRX) cartographie X de répartition élémentaire des principaux éléments), d'analyses microstructurales au microscope électronique à balayage (MEB), ainsi que de mesures d'expansion résiduelle du béton pour la RAG et la RSI.

Les résultats concernant la formulation, la masse volumique et la porosité des bétons donnent, selon EDF, des valeurs cohérentes avec les mesures réalisées lors de la construction du radier.

Les essais de détermination de l'expansion résiduelle associée à la RAG, réalisés suivant le protocole d'essai accéléré de l'IFSTTAR<sup>1</sup>, ont montré un potentiel de gonflement « faible » selon les termes du guide technique associé. La compacité et la microstructure des échantillons analysés n'ont pas évolué et aucun gel, produit d'une réaction alcali-granulat, n'a été observé. EDF en conclut que le risque RAG est négligeable pour le radier de l'enceinte du réacteur n° 1 de Civaux.

Pour le risque de développement de la RSI, les essais de détermination de l'expansion résiduelle, réalisés suivant le protocole d'essai accéléré de l'IFSTTAR ont montré un potentiel de gonflement « négligeable » à « faible » selon le guide technique associé à ce protocole.

Les analyses microscopiques des bétons ont montré la présence d'ettringite différée dans des échantillons analysés avant et après les essais de mesure d'expansion résiduelle. EDF considère que la formation d'ettringite différée reste, à ce stade, limitée.

Par ailleurs, d'après le système de surveillance et d'auscultation de l'enceinte réalisé à l'aide des capteurs noyés dans le béton et en particulier ceux du radier, cette ettringite n'apparaît pas délétère, ce qui prouve que le radier n'est le siège d'aucun gonflement. EDF conclut que le risque associé à la RSI est négligeable pour le radier de l'enceinte du réacteur n° 1 de Civaux.

Pour l'IRSN, le programme expérimental réalisé par EDF pour l'évaluation de risque de développement des pathologies RAG et RSI, la comparaison des résultats aux mesures des déformations de l'ouvrage et les observations in situ, sont dans l'ensemble satisfaisants.

Toutefois, l'IRSN souligne que les prélèvements effectués par EDF ne respectent pas les recommandations de l'IFSTTAR en termes de dimensions des échantillons. Ceci diminue la confiance dans l'appréciation du risque de

---

<sup>1</sup> Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux

gonflement reposant sur l'analyse des échantillons prélevés, sans toutefois la remettre profondément en cause. Ainsi, l'IRSN estime que l'évaluation des risques de gonflement présentée par EDF est acceptable sur le plan qualitatif.

S'agissant du risque de RSI et sur la base des mesures de déformations du radier obtenues par EDF, l'IRSN considère que l'absence de déformations du radier révèle l'existence d'un potentiel gonflement qui compenserait le rétrécissement attendu. En effet, les courbes des mesures de déformations du radier par des extensomètres devraient mettre en évidence un rétrécissement marqué, lié au retrait et au fluage du béton associé au séchage ; or ce n'est pas le cas pour le radier de l'enceinte du réacteur n° 1 de Civaux. Toutefois, le caractère nocif de ce gonflement n'est pas avéré à ce jour.

S'agissant de la RAG, la pathologie ne s'est pas manifestée sur le radier de l'enceinte de Civaux 1. Toutefois, EDF a précisé que des signes ont été observés sur le fût de l'enceinte.

Compte tenu de ces éléments, l'IRSN considère qu'EDF doit maintenir un certain nombre de précautions de manière à surveiller les évolutions qui seraient le signe de l'accélération des réactions de RAG et RSI sur l'enceinte de confinement. Ceci fait l'objet de l'observation formulée en annexe.

Pour le Directeur général et par délégation,

Franck BIGOT

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe à l'Avis IRSN/2017-00288 du 14 septembre 2017

Observation

Observation n° 1 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait appliquer à l'enceinte du réacteur n° 1 de Civaux, les procédures et les gammes complémentaires de maintenance préventive relatives aux ouvrages atteints par les pathologies de gonflement interne. En outre, au vu des signes révélés par EDF que l'IRSN interprète comme révélateurs de réaction sulfatique interne, l'IRSN considère qu'EDF devrait limiter autant que possible les apports d'eau externe sur le radier de l'enceinte du réacteur n° 1 de Civaux.