

Fontenay-aux-Roses, le 16 avril 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00103

Objet : Études thermohydrauliques de surpressions primaires et secondaires du réacteur EPR de Flamanville

Réf. Lettre ASN - CODEP - DEP-2016-040567 du 21 octobre 2016

Dans le cadre de la demande de mise en service du réacteur EPR de Flamanville (EPR FA3), l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite, par sa lettre citée en référence, l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur l'acceptabilité des études thermohydrauliques de surpressions primaires et secondaires réalisées par Électricité de France (EDF).

En particulier, l'ASN souhaite que le conservatisme des hypothèses retenues pour réaliser ces études soit évalué. Par ailleurs, les études de surpressions primaires et secondaires des réacteurs du parc en fonctionnement ont été affectées par certaines anomalies d'études. Ainsi, l'ASN souhaite également que l'examen des études thermohydrauliques de surpressions de l'EPR FA3 soit réalisé en tenant compte des anomalies d'études détectées sur le parc.

#### **Présentation de la protection contre les surpressions**

Les dispositifs de protection contre les surpressions du circuit primaire principal (CPP) et des circuits secondaires principaux (CSP) de l'EPR FA3 comprennent des systèmes de régulation, de limitation et de protection. Ils sont opérables soit par action du contrôle-commande associé soit de manière passive. En particulier, le CPP et les CSP sont équipés de soupapes de sûreté qui contribuent à leur protection dès que la pression excède leurs points de consigne.

L'analyse de la protection contre les surpressions du CPP et des CSP vise à vérifier que les critères de protection associés sont respectés pour l'ensemble des transitoires pénalisants. Le rapport de sûreté du réacteur EPR FA3 présente les transitoires à analyser ainsi que les méthodes utilisées.

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

Les transitoires initiés en puissance, couvrant les états à l'arrêt du réacteur, sont étudiés au regard du risque de surpression. Les transitoires de surpressions initiés en état d'arrêt à froid sont quant à eux étudiés au regard du risque de rupture brutale de la cuve.

### **Contour de l'analyse de l'IRSN**

Conformément à la demande de l'ASN, l'analyse menée par l'IRSN a consisté à examiner :

- la validation de l'outil de calcul scientifique (OCS) de thermohydraulique système utilisé pour les études de surpressions en puissance et en état d'arrêt à froid ;
- le conservatisme des hypothèses d'études retenues incluant les conséquences des anomalies d'études détectées sur le parc et pouvant avoir un impact sur les études de surpressions primaires et secondaires de l'EPR FA3 ;
- les résultats des études de surpressions.

L'analyse menée considère comme données d'entrée les caractéristiques des systèmes de protection, en particulier celles des soupapes de sûreté du pressuriseur<sup>1</sup>. Par ailleurs, cette analyse se limite aux situations de surpressions identifiées par EDF.

### **Validation de l'outil de calcul de thermohydraulique système utilisé**

Les études de surpressions primaires et secondaires sont réalisées à l'aide d'un OCS permettant de simuler les évolutions de pression dans le CPP et les CSP lors des transitoires accidentels étudiés, en tenant compte des différents dispositifs de protection contre les surpressions.

L'analyse du dossier de validation montre que cet outil permet de représenter globalement les nombreux phénomènes physiques à considérer et de prédire correctement les pics de pression dans le CPP et les CSP, mais sans conservatisme systématique.

Toutefois, l'IRSN estime qu'il existe un certain nombre de lacunes dans la validation de cet outil. En particulier, les éléments de validation sont uniquement fondés sur des résultats d'essais intégraux (c'est-à-dire faisant intervenir l'ensemble des phénomènes physiques d'intérêt) et sur des transitoires particuliers mesurés en réacteur. Pour la transposition à l'ensemble des transitoires de surpression étudiés, il est nécessaire de s'assurer de l'absence de compensations d'erreurs entre les différents modèles implémentés dans l'OCS. Pour ce faire, chaque modèle physique ayant une influence significative sur les évolutions de pression aurait dû faire l'objet d'une validation spécifique. De plus, les éléments de validation présentés par EDF ne sont pas suffisamment représentatifs des conditions susceptibles d'être rencontrées lors des transitoires de surpressions étudiés. Enfin, les incertitudes associées aux modèles physiques dominants de l'outil et leur influence sur les résultats ne sont pas évaluées.

---

<sup>1</sup> Pour les soupapes de sûreté, les caractéristiques correspondent aux débits, pressions de tarage et temps d'ouverture.

### Conservatisme des hypothèses d'études retenues

Les études de surpressions primaires et secondaires des réacteurs du parc en fonctionnement ont été affectées par certaines anomalies d'études. Ces anomalies concernaient l'hypothèse relative à la capacité d'échange thermique entre le CPP et les CSP et celle relative à la courbe de décroissance de débit primaire pour les transitoires avec arrêt des pompes primaires. L'examen des études thermohydrauliques de surpressions sur l'EPR FA3 a donc été réalisé en considérant ces anomalies d'études. Pour justifier la pénalisation de ces deux paramètres, EDF valorise des études de sensibilité, ce qui est satisfaisant.

Par ailleurs, les autres hypothèses d'études retenues pour les conditions initiales et aux limites conduisent à pénaliser les évolutions de pressions primaire et secondaire, ce qui est également satisfaisant.

En revanche, EDF n'a, d'une manière générale, pas pris en compte les incertitudes sur les modèles physiques dominants de l'OCS utilisé susceptibles d'impacter les évolutions de pressions. De plus, il n'a pas démontré que la pénalisation des conditions initiales et aux limites est suffisante pour garantir le conservatisme global des études.

### Analyse des résultats des études de surpressions primaires et secondaires

L'analyse menée par l'IRSN a consisté à vérifier que les dispositifs limitant la pression du CPP et des CSP de l'EPR FA3 permettent de respecter l'ensemble des critères fixés par la réglementation.

L'IRSN note que les choix retenus par EDF concernant les points de consigne des soupapes primaires et secondaires permettent de ne pas les solliciter lors de transitoires de surpressions de deuxième catégorie, ce qui est satisfaisant.

Par ailleurs, les résultats de l'étude pour les transitoires de situations de troisième catégorie avec une soupape de sûreté défaillante et de quatrième catégorie respectent les critères avec des marges suffisantes. En revanche, les résultats de l'étude pour des transitoires de surpressions primaires et secondaires de deuxième et de troisième catégories, où toutes les soupapes sont requises, présentent de faibles marges par rapport au critère (respectivement 100 % PC<sup>2</sup> et 110 % PC). Les marges disponibles sont inférieures à deux bar, ce qui est potentiellement insuffisant pour couvrir les lacunes de validation identifiées et l'absence de prise en compte des incertitudes associées aux modèles physiques de l'OCS utilisé.

A l'issue de l'instruction, EDF s'est engagé à :

- fournir la liste des phénomènes physiques dominants et rappeler les éléments démontrant que l'OCS utilisé est validé pour les modéliser, afin de démontrer la représentativité des calculs réalisés ;
- quantifier les pénalisations induites par les choix de modélisation afin d'illustrer le niveau des conservatismes des études de surpressions primaires et secondaires en puissance.

L'IRSN estime cet engagement insuffisant dans la mesure où le conservatisme global des études n'est pas démontré en l'absence de la quantification de la prise en compte des incertitudes associées aux modèles physiques de l'OCS utilisé. Par ailleurs, l'engagement d'EDF n'apporte pas d'élément nouveau vis-à-vis des

---

<sup>2</sup> Pression de conception

limites de validation identifiées par l'IRSN concernant l'OCS utilisé. Ceci conduit à formuler la recommandation présentée en annexe, les marges disponibles au regard des critères de protection contre les surpressions étant limitées.

En état d'arrêt à froid du réacteur, les surpressions sont étudiées uniquement au regard du risque de rupture brutale de la cuve, l'état d'arrêt à froid n'étant pas limitatif par rapport aux états en puissance pour la protection liée au dépassement de la pression de conception du circuit primaire. A l'instar des études de surpressions relatives au fonctionnement en puissance, les incertitudes affectant les modèles physiques dominants de l'OCS utilisé ne sont pas prises en compte. Toutefois, l'IRSN note le bon dimensionnement, en termes de débit et de pression de tarage, des soupapes de sûreté du pressuriseur en état d'arrêt à froid du réacteur. En effet, une seule soupape de sûreté suffit à écrêter la pression primaire à une valeur acceptable au regard du risque de rupture brutale de la cuve. La prise en compte des incertitudes sur les modèles physiques dominants n'est pas de nature à remettre en cause la conclusion de ces études. En conséquence, l'IRSN estime acceptables les études de surpression à froid.

### **Conclusion**

Au terme de son analyse et sous réserve de la prise en compte de la recommandation en annexe, l'IRSN estime que les études de surpressions primaires et secondaires sont acceptables. Cette conclusion est néanmoins assujettie à l'acceptabilité de la liste des situations considérées.

Pour le Directeur général et par délégation,

Thierry Payen

Adjoint à la Directrice des systèmes, des nouveaux réacteurs  
et des démarches de sûreté

Annexe à l'Avis IRSN/2018-00103 du 16 avril 2018

Recommandation

L'IRSN recommande qu'EDF justifie, à échéance du dossier de fin de démarrage du réacteur EPR FA3, le conservatisme global des résultats des études de surpressions primaires et secondaires des situations de deuxième et de troisième catégories du CPP et du CSP initiés en puissance avec toutes les soupapes de sûreté disponibles. Cette justification devra tenir compte des limites de validation de l'outil de calcul scientifique utilisé et de l'absence de prise en compte des incertitudes sur les modèles physiques dominants associés.