

Fontenay-aux-Roses, le 25 juin 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00110

Objet : EDF - REP - Réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Gravelines - INB 96 - Prise en compte du retour d'expérience - Accroissement du risque de fusion du coeur induit par la dégradation le 29 février 2020 d'une pompe de la boucle d'acide borique concentré du système d'injection de sécurité, provoquant des corps migrants.

Réf. : Saisine ASN - CODEP-DCN-2012- 040076 du 11 mars 2013.

Dans le cadre de la saisine citée en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a réalisé une analyse probabiliste de l'événement significatif pour la sûreté (ESS) survenu sur le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Gravelines, relatif à la présence de corps migrants dans la boucle d'acide borique concentré du système d'injection de sécurité (RIS), provenant de la dégradation le 29 février 2020 d'une pompe de cette boucle, afin d'évaluer son niveau de gravité.

En situation accidentelle de brèche sur le circuit primaire, le rôle du système RIS est d'injecter dans le circuit primaire de l'eau borée, afin de maintenir la sous-criticité et d'éviter le dénoyage des assemblages de combustible, en compensant la perte de l'eau à la brèche.

Le système RIS est composé de plusieurs circuits, qui assurent par des moyens diversifiés l'injection de l'eau borée dans le circuit primaire.

Pour les réacteurs de 900 MWe, l'une des parties constituantes du système RIS est le circuit d'injection de sécurité à haute pression (ISHP), dont le fonctionnement est nécessaire en dessous d'une certaine taille de brèche primaire. Cette injection est effectuée via une cartouche (ou réservoir) d'acide borique concentré. Afin de minimiser la perte de l'eau à la brèche, en aval de ce réservoir, le débit ISHP est distribué de manière équilibrée vers les branches froides¹ du circuit primaire à l'aide de vannes réglantes de faible largeur de passage, appelées « vannes d'équilibrage ». Pour prévenir la cristallisation du bore dans la cartouche d'acide borique concentré, le contenu de ce réservoir doit être maintenu à une température supérieure à 60 °C et brassé en permanence avec une boucle de recirculation munie de deux pompes redondantes.

¹ Une branche froide est une partie du circuit primaire située en aval d'un générateur de vapeur et en amont de la cuve du réacteur.

1. EVENEMENT SURVENU A GRAVELINES EN FEVRIER 2020

Le 29 février 2020, alors que le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Gravelines est en puissance, la pompe en service de la boucle d'acide borique concentré du système RIS déclenche par protection thermique. Ce déclenchement étant provoqué par un blocage mécanique de la pompe, le remplacement de cette dernière est nécessaire. Ce type de pompe n'étant pas disponible sur site, une pompe de rechange est commandée. Pendant ce temps, le brassage de la cartouche d'acide borique concentré est assuré par la pompe redondante.

Lors de la dépose de la pompe défaillante, des corps migrants en graphite sont retrouvés à son aspiration et des détériorations sont constatées au niveau des paliers et de l'arbre du rotor pendant son démontage. Le 12 mars 2020, le repli du réacteur dans le domaine d'exploitation arrête pour intervention est amorcé, car les corps migrants présents dans la boucle d'acide borique concentré auraient pu conduire à l'obstruction partielle des vannes d'équilibrage du circuit ISHP, si ce dernier avait été sollicité en situation accidentelle. Cette obstruction aurait pu conduire à une perte d'efficacité de l'injection de sécurité, voire à la perte de la capacité de ce circuit à pallier la situation accidentelle.

Le réacteur a été maintenu une dizaine de jours à l'arrêt pour effectuer les nettoyages et les contrôles nécessaires afin de retrouver la disponibilité du circuit ISHP. Les investigations supplémentaires ont permis d'identifier des corps migrants en graphite, en métal ou constitués d'un mélange de graphite, de métal et de bore cristallisé, d'une taille allant de la limaille jusqu'à plusieurs millimètres.

La destruction de la pompe est due à son fonctionnement à un débit trop faible, qui a pu être provoqué par l'obstruction partielle du diaphragme situé sur sa ligne de débit nul par des morceaux de bore ou, encore, par un sous-dimensionnement de cette ligne, compte tenu que les pompes utilisées à ce jour sont plus puissantes que celles d'origine, tandis que le diaphragme n'a pas été modifié en conséquence.

Enfin, selon les informations disponibles à l'IRSN, au moins un autre réacteur de 900 MWe a été confronté à un blocage mécanique d'une pompe de ce type, lors de son fonctionnement à un débit trop faible sur sa ligne de débit nul. De la même manière qu'à Gravelines en 2020, le blocage mécanique était dû à l'échauffement de la pompe, la baisse du débit pompé étant imputée à la présence d'un corps étranger dans la boucle d'acide borique concentré. Compte tenu des enseignements tirés du retour d'expérience de Gravelines, il ne peut pas être exclu que ce corps étranger soit un morceau de graphite provenant de la destruction des paliers de la pompe.

2. ANALYSE PROBABILISTE – RESULTATS ET ENSEIGNEMENTS

En utilisant ses propres modèles EPS de niveau 1², l'IRSN a estimé l'accroissement du risque de fusion du cœur du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Gravelines induit par la présence de corps migrants dans la boucle d'acide borique concentré du système RIS, pendant une durée de 12 jours, réacteur en puissance. **Il est supérieur d'un facteur trois au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur³.**

Ce surcroît du risque de fusion du cœur est induit notamment par l'occurrence d'une brèche primaire intermédiaire⁴ en branche froide. Si ce type d'initiateur était survenu, pour l'IRSN, la perte de la fonction d'ISHP

² EPS : études probabilistes de sûreté. Les EPS de niveau 1 permettent d'estimer la fréquence annuelle de fusion du cœur d'un réacteur.

³ L'analyse probabiliste apporte des éléments chiffrés qui permettent de mieux appréhender la gravité des événements. Elle aide ainsi à hiérarchiser les priorités dans le traitement des événements, à évaluer la pertinence des actions de retour d'expérience et l'efficacité des mesures correctives. Elle permet également de relativiser l'importance de certains incidents ou de mettre en évidence des situations qui auraient pu ne pas être identifiées à risque. Un événement est dit « précurseur » lorsque son occurrence sur un réacteur induit un accroissement du risque de fusion du cœur supérieur à 10^{-6} par rapport à la valeur de référence. Parmi ces événements, les événements dont le surcroît de risque est supérieur à 10^{-4} font l'objet d'une attention particulière : l'exploitant définit un traitement spécifique et des délais de mise en œuvre des mesures correctives.

⁴ Une brèche primaire intermédiaire est d'une taille comprise entre 2'' et 6''.

aurait été engendrée de manière certaine, du fait de l'obstruction partielle des vannes d'équilibrage situées sur les lignes d'injection dans les branches froides du circuit primaire par des corps migrants.

Pour sa part, EDF a conclu à un surcroît de risque plus faible d'une décade, en supposant notamment que la présence de ces corps migrants aurait eu un impact moins pénalisant que celui considéré par l'IRSN sur la capacité du circuit ISHP à pallier cet initiateur. **L'IRSN estime que cette hypothèse d'EDF n'est pas justifiée, au vu des constats faits à Gravelines en mars 2020.**

L'IRSN note que le fonctionnement d'une pompe de la boucle d'acide borique concentré à des débits trop faibles peut provoquer des dégradations mécaniques au niveau des paliers et de l'arbre du rotor de la pompe et, par voie de conséquences, conduire à la création de corps migrants pouvant obstruer les vannes d'équilibrage du circuit ISHP. De surcroît, l'origine de ce fonctionnement défectueux pourrait relever d'un écart générique relatif aux réacteurs de 900 MWe : le sous-dimensionnement de la ligne de débit nul de ces pompes.

EDF précise qu'une campagne d'essais sur boucle a été engagée par le constructeur, pour vérifier cette hypothèse. Néanmoins, sans attendre les résultats de ces essais, l'exploitant de Gravelines va procéder, pour l'un de ses réacteurs, lors de son arrêt pour renouvellement du combustible actuellement en cours, au retailage du diaphragme de la ligne de débit nul, afin d'augmenter son débit. Si cette solution s'avère satisfaisante, EDF envisage de l'étendre à l'ensemble des réacteurs du palier CPY.

L'IRSN constate que les services centraux d'EDF n'ont déclaré, sur ce sujet, aucun écart générique et qu'ils n'ont proposé ni échancier de traitement ni mise en place de mesures compensatoires, dans l'attente de sa résorption. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en Annexe.**

Enfin, l'analyse probabiliste montre que le fonctionnement en puissance d'un réacteur, dont la boucle d'acide borique concentré a été polluée à la suite d'une défaillance mécanique de l'une de ses pompes, conduit à un accroissement du risque de fusion du cœur significatif, même si ce fonctionnement « dégradé » ne dure que quelques jours. Or, en cas d'indisponibilité de l'une de ces pompes, le maintien du réacteur en puissance est autorisé par les spécifications techniques d'exploitation sur une durée allant jusqu'à 30 jours, sans que l'exploitant ne soit incité à distinguer, parmi toutes les situations d'indisponibilité de ces pompes, relativement fréquentes, le cas particulier d'une défaillance mécanique. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en Annexe.**

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2021-00110 DU 25 JUIN 2021

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

Eu égard au sous-dimensionnement de la ligne de débit nul des pompes de la boucle d'acide borique concentré du système d'injection de sécurité (dû notamment à l'inadéquation du diaphragme de cette ligne avec les pompes installées à ce jour), l'IRSN recommande qu'EDF présente, au plus tôt, son plan d'actions pour traiter cet écart et qu'il mette en place des mesures compensatoires sur l'ensemble des réacteurs de 900 MWe qui pourraient être concernés.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF modifie les spécifications techniques d'exploitation des réacteurs de 900 MWe afin qu'une conduite à tenir spécifique, adaptée à l'enjeu de sûreté, soit prescrite pour le cas particulier d'une indisponibilité d'une pompe de la boucle d'acide borique concentré due à sa défaillance mécanique.