



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 21 mars 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00060

Objet : EDF – REP – Réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cruas – INB 111 – Prise en compte du retour d'expérience – Accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'injection en mars 2021 d'un volume d'eau claire dans le circuit primaire, pompes primaires à l'arrêt.

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 survenu sur le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cruas, relatif à l'injection en mars 2021 d'un volume d'eau claire dans le circuit primaire, alors que les pompes primaires étaient à l'arrêt.

Chaque boucle du circuit primaire est constituée (dans le sens de circulation du réfrigérant à la sortie de la cuve) : d'une branche chaude, d'un générateur de vapeur, d'une branche en U, d'une pompe primaire et d'une branche froide (BF). Le point le plus bas d'une boucle primaire se situe au niveau de la branche en U.

Contrairement aux pompes du système de refroidissement du réacteur à l'arrêt, les pompes primaires permettent d'assurer un brassage efficace des branches en U. Lorsque les pompes primaires sont à l'arrêt, l'injection d'eau claire (non borée) dans le circuit primaire engendre, que le cœur soit ou non chargé, un risque de formation, dans une branche en U, d'un « bouchon » d'eau dont la concentration en bore est insuffisante.

Si ce bouchon a un volume supérieur à 2,5 m³, son envoi dans le cœur chargé par la pompe primaire de la même boucle, si c'est cette pompe qui est démarrée en premier, conduit à une insertion de réactivité (scénario de dilution hétérogène) de nature à entraîner un endommagement significatif du combustible.

Lors des opérations de maintenance réalisées lorsque le réacteur est à l'arrêt sur le circuit primaire ou sur les circuits qui peuvent être connectés au circuit primaire, et notamment lors des tests d'étanchéité des organes d'isolement, la pressurisation de certains tronçons par une injection d'eau peut s'avérer nécessaire.

EDF a mis en place un référentiel managérial (RM) « dilution », dont le rôle est de préciser les dispositions à mettre en œuvre afin de prévenir l'accumulation, lors de ces activités, de bouchons d'eau claire dans les branches en U du circuit primaire.

MEMBRE DE
ETSON

1. ÉVÉNEMENT SURVENU À CRUAS EN MARS 2021

Le 26 mars 2021, le réacteur n° 1 du CNPE¹ de Cruas, d'une puissance de 900 MWe, est à l'arrêt pour le renouvellement du combustible, dans le domaine d'exploitation RCD². Le circuit primaire est vidangé ; seules les branches en U sont remplies d'eau.

L'exploitant effectue un test d'étanchéité de plusieurs vannes pneumatiques du circuit RIS³, à l'issue d'activités de maintenance corrective. Lors de ce test, le collecteur en amont de ces vannes doit être pressurisé. Cette pressurisation est prévue d'être réalisée par une injection d'eau non borée, à l'aide d'un réservoir tampon d'une vingtaine de litres. Le RM « dilution » tolère ce procédé (l'utilisation de l'eau borée est néanmoins recommandée), sous réserve que le volume d'eau claire injecté ne dépasse pas 100 litres.

Un chargé d'affaire, dit « chargé d'affaire n° 1 », confie cette activité à une équipe d'intervenants, dite « équipe A ». L'équipe A d'intervenants contrôle le lignage de la bulle de test et identifie deux vannes non plombées⁴, qu'elle remet au point neutre, sans remonter ou tracer le constat ou le traitement effectué. L'une de ces vannes est rendue, par erreur, passante. Cet écart rend la pressurisation du collecteur impossible. Il ne sera résorbé que trois jours plus tard.

Lorsque le chargé d'affaire n° 1 quitte l'activité, en fin de matinée, le volume d'eau non borée injecté est déjà le double de celui autorisé. L'après-midi, l'activité est reprise par un autre chargé d'affaire, dit « chargé d'affaire n° 2 », qui autorise, sans la tracer, l'injection d'un volume maximal de 3 m³ d'eau claire. L'équipe A connecte alors le réservoir tampon directement au système SED⁵ (procédé proscrit par le RM « dilution ») et injecte environ 1,3 m³ jusqu'à la fin de la journée. Ce volume d'eau a probablement rempli, à travers la vanne partiellement ouverte et le clapet en aval, non étanche, les tronçons RIS et RCP⁶ situés entre ces organes et la BF n° 3 du circuit primaire, mais il ne s'est pas propagé jusqu'aux branches en U du circuit primaire.

Le 27 mars, la vidange des branches en U du circuit primaire est effectuée très tôt le matin. Avant qu'elle ne soit déclarée terminée, l'activité de pressurisation du collecteur reprend et, jusqu'à 13 heures, un volume de 1,7 m³ d'eau non borée est injecté par le même procédé que celui utilisé la veille après-midi (à savoir directement par le système SED). Cette injection supplémentaire a probablement conduit à l'accumulation d'un volume d'eau claire de cet ordre de grandeur dans la branche en U de la boucle primaire n° 3. Le remplissage du circuit primaire a été effectué le lendemain.

Le 28 mars, l'écart que constitue l'absence de plombage des deux vannes RIS est constaté. Le 29 mars, une seconde équipe d'intervenants, dite « équipe B », corrige la position de la vanne passante et pressurise le collecteur en injectant seulement 11,5 litres d'eau claire. Le test d'étanchéité est effectué. Il est satisfaisant.

Le 30 mars, le chargé d'affaire n° 1 apprend que le volume d'eau non borée injecté a finalement été d'environ 3 m³. Il sollicite l'ingénieur sûreté d'arrêt de tranche pour réaliser une analyse de nocivité. Des opérations de vidange de certaines portions des circuits RIS et RCP, autres que les branches en U, sont réalisées pendant la période du 9 au 14 avril. Le rechargement du combustible en cuve ne débute que le 24 mai 2021.

¹ CNPE : centre nucléaire de production d'électricité.

² RCD : réacteur complètement déchargé.

³ RIS : système d'injection de sécurité.

⁴ Lorsque les vannes pneumatiques sont munies d'une commande manuelle en local, cette commande manuelle ne doit pas interférer avec la commande pneumatique. Dans cet objectif, en dehors des opérations de maintenance, la commande manuelle doit se trouver dans une certaine position dite « point neutre ». Si le réglage du point neutre est mal réalisé, la commande manuelle limite la course de la vanne en ouverture ou en fermeture. À l'extrême, la vanne peut être bloquée en position ouverte ou fermée. À l'issue d'une activité de maintenance, le « plombage » de la commande manuelle d'une vanne pneumatique après sa mise au point neutre permet de sceller ce réglage.

⁵ SED : système de distribution d'eau déminéralisée.

⁶ RCP : circuit primaire.

2. ANALYSE PROBABILISTE – RÉSULTATS ET ENSEIGNEMENTS

L'IRSN a évalué la probabilité conditionnelle de fusion du cœur du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cruas étant donné l'injection en mars 2021 d'un volume d'eau claire dans le circuit primaire, alors que les pompes primaires étaient à l'arrêt. **L'évaluation de l'IRSN montre que cette probabilité conditionnelle est supérieure d'un facteur mille au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur⁷. Cet événement mérite donc une attention toute particulière et la mise en œuvre de mesures correctives adaptées.**

Cette évaluation a été réalisée en considérant que l'injection de l'eau claire dans le circuit primaire aurait conduit à l'endommagement du combustible en cuve lors du premier démarrage de la première pompe primaire si les conditions suivantes avaient été réunies :

- le volume d'eau claire injecté est suffisant pour que le bouchon accumulé dans une branche en U soit supérieur à 2,5 m³ ;
- le bouchon d'eau claire accumulé dans une branche en U n'est pas évacué avant le rechargement du combustible en cuve ;
- la pompe primaire démarrée en premier est celle de la boucle dans laquelle un bouchon d'eau claire supérieur à 2,5 m³ est toujours présent.

La valeur très élevée de probabilité conditionnelle de fusion du cœur résulte notamment du fait que, lors de l'activité de pressurisation du collecteur RIS, les 26 et 27 mars 2021, toutes les lignes de défense du RM « dilution » ont été mises en défaut par l'exploitant : l'eau injectée a été de l'eau claire, ce qui n'est pas recommandé, le volume injecté étant d'un facteur 30 environ plus élevé que le volume maximal admis et les circuits RIS et RCP ont été directement connectés au système SED (sans capacité tampon), ce qui est interdit. L'exploitant du CNPE de Cruas a indiqué que ces erreurs étaient dues à une mauvaise déclinaison du référentiel RM « dilution » dans les documents opératoires locaux, qu'il s'est engagé à améliorer.

Ce retour d'expérience a, de plus, mis en évidence que des éléments importants figurant dans le RM « dilution », comme l'interdiction de se connecter en direct à un réseau d'eau non borée et la recommandation d'utiliser en priorité de l'eau borée pour la réalisation des essais, n'étaient pas non plus reconduits dans les procédures nationales de maintenance utilisées pour les tests des organes de robinetterie. Au cours de l'expertise, EDF s'est engagé à mettre à jour ces documents nationaux, pour tous les paliers. **L'IRSN estime que cette évolution du référentiel de maintenance est un point important dans la prévention du risque de dilution hétérogène.**

Néanmoins, l'IRSN souligne que cette prévention s'appuie, à ce jour, exclusivement sur l'application rigoureuse, lors des activités de maintenance réalisées lors des arrêts de réacteur, du RM « dilution ». Compte tenu du risque significatif d'endommagement du combustible en cas de non-respect de ce référentiel, et des conséquences radiologiques associées, l'IRSN a indiqué à EDF qu'il estimait nécessaire qu'une ligne de défense supplémentaire soit mise en place pour prévenir les risques de dilution hétérogène.

À cet égard, l'IRSN rappelle que, pour le réacteur n° 3 (EPR) du CNPE de Flamanville, dont l'une des branches en U peut être drainée, cœur chargé, par la ligne de décharge du RCV⁸, les spécifications techniques d'exploitation (STE) et les règles de conduite ont intégré des prescriptions permettant d'évacuer, avant le premier démarrage des pompes primaires, un éventuel bouchon accumulé dans cette branche en U particulière.

⁷ 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 la probabilité conditionnelle de fusion du cœur, étant donné la présence de cet événement sur un réacteur, est supérieure à 10⁻⁶. Parmi ces événements, les événements pour lesquels la probabilité conditionnelle est supérieure 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.

⁸ RCV : système de contrôle chimique et volumétrique.

Pour l'IRSN, la mise en place d'une ligne de défense similaire, robuste et indépendante de l'application rigoureuse du RM « dilution », serait possible sur les réacteurs des paliers 1300 MWe et N4.

Pour les réacteurs de 900 MWe, dont la conception est différente et ne permet pas la mise en œuvre de cette ligne de défense, l'IRSN estime que les STE et les règles de conduite devraient évoluer pour requérir l'utilisation d'eau borée dans le domaine d'exploitation RCD, dès la fin des opérations de vidange des branches en U et lors des arrêts sans vidange des branches en U.

Pour EDF, l'existence du RM « dilution » et de la prescription des règles de conduite qui demande de vidanger les branches en U à la fin des travaux de « maintenance en GI »⁹ suffit pour rendre résiduel le risque de dilution hétérogène.

L'IRSN rappelle que, lors des arrêts simples pour le renouvellement du combustible, il n'y a normalement pas de « maintenance en GI », donc pas non plus de vidange des branches en U. De surcroît, pour les arrêts avec « maintenance en GI », une durée de fonctionnement relativement longue peut séparer le moment de la vidange des branches en U de celui du démarrage des pompes primaires. Par exemple, en 2021, le réacteur n° 1 du CNPE de Cruas a fonctionné plusieurs dizaines de jours dans le domaine d'exploitation RCD, après la vidange des branches en U. Or, pendant cette durée non-négligeable, des activités de maintenance pouvant conduire à injecter de l'eau non borée dans le circuit primaire peuvent toujours être programmées, étant donné que la vidange des branches en U est demandée à la fin des travaux de « maintenance en GI », avant le remplissage du circuit primaire, et que l'utilisation de l'eau non borée n'est pas interdite en RCD après cette vidange. En effet, à l'occasion de l'événement analysé dans le présent avis, un volume de 1,7 m³ d'eau claire a été injecté dans le circuit primaire après la vidange des branches en U à l'issue de la « maintenance en GI ».

Par conséquent, l'IRSN estime que l'existence du RM « dilution » et de la prescription des règles de conduite citée par EDF ne suffit pas pour rendre résiduel le risque de dilution hétérogène et considère qu'une ligne de défense supplémentaire est nécessaire. **À cet égard, l'IRSN formule la recommandation en annexe.**

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

⁹ Lors de la « maintenance en GI », le circuit primaire est rempli au niveau de la génératrice inférieure (GI) des branches chaudes, et seules les branches en U du circuit primaire sont remplies d'eau.

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00060 DU 21 MARS 2022

Recommandation de l'IRSN

Afin de renforcer la prévention du risque de dilution hétérogène induit par les activités de maintenance en arrêt de réacteur, l'IRSN recommande qu'EDF mette en place, pour tous les réacteurs du parc en exploitation, une ligne de défense supplémentaire, en complément au référentiel managérial « dilution ».