

Monsieur le Directeur de la direction des centrales nucléaires

Fontenay-aux-Roses, le 25 mars 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00024 DU 25 MARS 2025

Objet : EDF – REP – Réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cruas – Prise en compte du retour d'expérience – Accroissement du risque de fusion du cœur induit par les appoints au circuit primaire effectués pendant le fonctionnement en arrêt à froid en 2022.

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

Dans le cadre de la saisine citée en référence¹, la Direction de l'expertise en sûreté de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) a réalisé une analyse probabiliste de l'événement significatif pour la sûreté relatif aux appoints au circuit primaire du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cruas effectués lors du fonctionnement en arrêt à froid en 2022 alors que la fonction de protection anti-dilution était partiellement indisponible, afin d'évaluer son niveau de gravité.

Le système REA², qui assure le réglage de la teneur en bore du circuit primaire et participe au contrôle de la réactivité du réacteur, en support au système RCV³, est composé de deux circuits distincts (« REA eau » et « REA bore ») en amont d'un mélangeur puis d'une partie commune. Le système REA d'un réacteur de 900 MWe, comme ceux de la centrale nucléaire de Cruas, possède un système de contrôle-commande centralisé, appelé par la suite « automate REA ». Ce dernier permet d'effectuer deux types d'appoint au circuit primaire.

Ainsi, pour effectuer un « appoint automatique » au circuit primaire, le débit REA eau à injecter est pré-réglé, tandis que le débit REA bore est calculé par l'opérateur de manière à obtenir, pour l'appoint, une concentration en bore (Cb) voisine de celle du circuit primaire. L'automate REA commande l'ouverture et la fermeture de quatre vannes REA⁴ ainsi que le démarrage et l'arrêt d'une pompe REA bore sur un critère de niveau dans le ballon RCV.

En revanche, pour effectuer un « appoint manuel » au circuit primaire, l'opérateur procède à un réglage manuel des débits et des volumes REA eau et REA bore à injecter de manière à obtenir, pour l'appoint, une Cb voisine de celle du circuit primaire, puis lance la séquence. L'opérateur ouvre la vanne d'isolement de la ligne commune REA d'injection dans le circuit primaire, et l'automate REA commande l'ouverture de trois vannes REA⁵ et le démarrage d'une pompe REA bore. La pompe démarrée peut être arrêtée et les trois vannes ouvertes fermées, par l'automate lorsque le volume REA demandé est injecté ou sur une action de l'opérateur.

¹ La saisine en référence émise par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) portait sur l'examen par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) du retour d'expérience. Au 1^{er} janvier 2025, l'ASN et l'IRSN sont devenus l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Le présent avis de la Direction de l'expertise en sûreté de l'ASNR vient en réponse à la lettre citée en référence.

² REA : système d'appoint en eau et en bore.

³ RCV : système de contrôle chimique et volumétrique.

⁴ La vanne d'isolement du circuit REA eau, la vanne réglante du circuit REA bore ainsi que la vanne d'isolement de la ligne commune REA d'injection dans le circuit primaire via les pompes du système RCV.

⁵ La vanne d'isolement du circuit REA eau, la vanne réglante du circuit REA eau et la vanne réglante du circuit REA bore.

De plus, lorsque le circuit RRA⁶ est connecté au circuit primaire, la protection anti-dilution (PAD) arrête automatiquement tout appoint REA dès lors que la Cb de l'appoint, calculée par l'automate REA à partir des débits REA eau et REA bore de consigne, est inférieure de 200 ppm à celle du circuit primaire mesurée par le boremètre. Sur ce critère de ΔC_b , la PAD commande la fermeture de la vanne d'isolement du circuit REA eau, de la vanne réglante du circuit REA eau et de la vanne réglante du circuit REA bore. Lors des appoints automatiques, la PAD commande également la fermeture de la vanne d'isolement de la ligne commune REA d'injection dans le circuit primaire. La PAD a ainsi pour fonction de prévenir, lors d'un arrêt des pompes primaires (par exemple consécutif à la perte des sources électriques externes) alors qu'un appoint au circuit primaire est réalisé, l'accumulation d'un « bouchon » d'eau d'une Cb insuffisante dans les branches en U du circuit primaire⁷ en cas d'erreur de réglage de débits REA par l'opérateur. En effet, si un bouchon d'un volume supérieur à 2,5 m³ s'accumulait dans une boucle primaire, son envoi dans le cœur par la pompe primaire de la même boucle, si c'est cette pompe qui est démarrée en premier, conduirait à une insertion de réactivité (scénario de « dilution hétérogène ») de nature à entraîner un endommagement significatif du combustible. La disponibilité de la PAD est ainsi requise au titre des STE⁸ (chapitre III des RGE⁹).

1. ÉVÉNEMENT SURVENU SUR LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE CRUAS EN 2022

Fin juillet 2022, alors que le réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cruas est dans le domaine d'exploitation RCD¹⁰, des tuyauteries du système REA doivent être vidangées. Cette opération nécessite notamment d'ouvrir la vanne réglante REA eau. Or, la conception de cette vanne ne permet de l'ouvrir manuellement ni depuis la salle de commande, ni en local (seul l'automate REA peut commander son ouverture). L'équipe de quart décide alors d'insérer du papier dans le capuchon de la commande manuelle de l'électrovanne associée à la vanne réglante pneumatique REA eau. Cette modification temporaire de l'installation (MTI) est tracée par l'agent de terrain sur la fiche de manœuvre, mais ceci n'est pas conforme au processus de traitement des MTI en place, et ne suffit donc pas pour que l'information soit analysée et traitée. Le lendemain, la vidange du circuit REA est terminée et le dossier de vidange est soldé, sans que le dispositif en papier ne soit retiré.

Le 18 octobre 2022, alors que le réacteur est depuis 21 jours dans l'état « arrêt à froid » du domaine d'exploitation AN/RRA¹¹, pompes primaires en service, et qu'un nouvel¹² appoint REA est effectué au circuit primaire (le 14^{ème} « appoint manuel » depuis le passage du réacteur dans cet état), les opérateurs constatent que l'appoint depuis le circuit REA eau continue pendant quelques secondes après l'arrêt de l'appoint depuis le circuit REA bore, ce qui est inattendu. Par la suite, l'ouverture permanente de la vanne réglante REA eau et la présence du dispositif en papier sont détectées en local. Dès lors que ce dernier est retiré, la vanne se referme.

Le blocage en position ouverte de la vanne réglante REA eau a rendu la PAD indisponible au titre des STE depuis le début du rechargement du combustible jusqu'au 18 octobre 2022. Pendant cette période, des appoints depuis les circuits REA bore et REA eau ont été effectués uniquement lors du fonctionnement en arrêt à froid.

2. ANALYSE PROBABILISTE - RÉSULTATS ET ENSEIGNEMENTS

La Direction de l'expertise en sûreté a évalué la probabilité conditionnelle de fusion du cœur du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cruas lors des appoints effectués au circuit primaire en 2022 alors que le réacteur était en arrêt à froid, pompes primaires en service, que la vanne réglante REA eau était bloquée en position ouverte et

⁶ RRA : Système de refroidissement du réacteur à l'arrêt.

⁷ 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. Le point le plus bas d'une boucle primaire se situe au niveau de la branche en U. Contrairement aux pompes RRA, les pompes primaires permettent d'assurer un brassage efficace des branches en U.

⁸ STE : spécifications techniques d'exploitation.

⁹ RGE : règles générales d'exploitation.

¹⁰ RCD : réacteur complètement déchargé.

¹¹ AN/RRA : arrêt normal sur le système RRA.

¹² Lors de cet appoint, c'est l'automate REA qui arrête la pompe REA bore et ferme la vanne d'isolement REA eau, la vanne réglante REA eau et la vanne réglante REA bore lorsque le volume REA demandé est injecté, alors que, lors des appoints réalisés précédemment, c'est l'opérateur qui a arrêté l'appoint avant que l'automate REA ne soit intervenu.

que la vanne d'isolement de la ligne commune REA d'injection dans le circuit primaire était ouverte par l'opérateur depuis la salle de commande. **Cette probabilité conditionnelle de fusion du cœur est supérieure au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur¹³.**

Les actions correctives mises en place par l'exploitant de la centrale nucléaire de Cruas visent des modifications d'outils informatiques ainsi que des modifications documentaires, notamment pour s'assurer que la commande manuelle de l'électrovanne de la vanne réglante REA eau n'est pas forcée à l'issue des activités de maintenance.

Quant à l'efficacité des lignes de défense mises en place pour détecter un écart au niveau des organes commandés par la PAD, les échanges techniques avec EDF au cours de la présente expertise ont mis en évidence que le chapitre IX des RGE des réacteurs de 900 MWe ne vérifie pas la fermeture par la PAD des organes du circuit REA que cette dernière commande, malgré le fait que la disponibilité de la PAD soit requise par les STE. À l'issue de l'expertise, EDF s'est alors engagé à amender la règle d'essai du système REA du chapitre IX des RGE du palier CPY afin d'ajouter la vérification de la fermeture de la vanne d'isolement de la ligne commune REA d'injection dans le circuit primaire, avec une périodicité « rechargement ».

Pour la Direction de l'expertise en sûreté, une évolution du chapitre IX des RGE est nécessaire non seulement pour les réacteurs du palier CPY, mais également pour les réacteurs du Bugey, donc pour l'ensemble des réacteurs de 900 MWe. De plus, bien que l'évolution proposée par EDF soit pertinente pour prévenir le risque de dilution hétérogène lors d'un « appoint automatique », elle apparaît insuffisante pour prévenir ce risque lors d'un « appoint manuel », fréquemment utilisé à ce jour en AN/RRR. En effet, lors d'un « appoint manuel », la vanne faisant l'objet de l'engagement d'EDF reste ouverte sous la dépendance exclusive de l'opérateur. En revanche, la vanne d'isolement et la vanne réglante du circuit REA eau sont sous l'ordre de l'automate REA et également sous dépendance de la PAD, lors de tout appoint REA au circuit primaire. À ce titre, il convient de noter que, pour les vannes correspondantes des réacteurs de 1300 MWe, par exemple, le chapitre IX des RGE demande la vérification de leur fermeture à la suite d'un ordre émis par la PAD.

Étant donné le REX du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cruas et compte tenu de l'impact sur la sûreté de l'indisponibilité de la PAD dans les états « RRA connecté », la Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF vérifie, au titre du chapitre IX des RGE des réacteurs de 900 MWe, avec une périodicité « rechargement », la fermeture automatique par la PAD sur critère de ΔC_b non seulement de la vanne d'isolement de la ligne commune REA d'injection dans le circuit primaire, mais également de la vanne d'isolement et de la vanne réglante du circuit REA eau (cf. recommandation rappelée en annexe au présent avis d'expertise).

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté

¹³ 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 (REX) 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.

ANNEXE À L'AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00024 DU 25 MARS 2025

Recommandation de la direction de l'expertise en sûreté

La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF vérifie, au titre du chapitre IX des RGE des réacteurs de 900 MWe, avec une périodicité « rechargement », la fermeture automatique par la PAD sur critère de ΔC_b non seulement de la vanne d'isolement de la ligne commune REA d'injection dans le circuit primaire, mais également de la vanne d'isolement et de la vanne réglante du circuit REA eau.