

Fontenay-aux-Roses, le 20 février 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2023-00024

**Objet :** EDF - REP – Réacteur n° 3 de la centrale nucléaire du Blayais – INB 110 – Prise en compte du retour d'expérience – Accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'indisponibilité réelle ou considérée à tort des moyens de mesure du niveau d'eau dans le circuit primaire lors des opérations de fermeture de cuve en 2020.

**Réf. :** Saisine cadre 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 relatif à l'indisponibilité réelle ou considérée à tort des moyens de mesure du niveau d'eau dans le circuit primaire du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire du Blayais en 2020, lors de son fonctionnement dans le domaine d'exploitation arrêt pour intervention (API), circuit primaire non fermé (NF).

En API NF, lors du fonctionnement normal du réacteur, l'intégrité du circuit primaire est rompue, la section des ouvertures pouvant être, selon l'opération d'exploitation en cours, faible ou importante<sup>1</sup>, l'inventaire en eau du circuit primaire est incomplet et des mouvements d'eau peuvent être en cours. Afin de prévenir toute dégradation de l'inventaire en eau du circuit primaire, plusieurs moyens sont utilisés pour surveiller son niveau, dont un capteur dit de « niveau cuve » de la voie A<sup>2</sup>, dont le point le plus haut de la plage de mesure est situé au sommet de la cuve, et celui dit de « niveau primaire dépressurisé », dont la gamme de mesure est plus large.

En cas de perte du circuit RRA<sup>3</sup> en API NF, provoquant la perte du refroidissement du circuit primaire, lorsque les ouvertures de ce dernier sont de faible section, le circuit primaire est « pressurisable », ce qui permet l'évacuation de la puissance résiduelle par les générateurs de vapeur. Néanmoins, des actions sont nécessaires

<sup>1</sup> Certaines opérations d'exploitation nécessitent de rompre l'intégrité du circuit primaire (notamment le renouvellement périodique du combustible, qui nécessite d'ouvrir la cuve du réacteur). En API, lorsque la section des ouvertures est faible, l'état du réacteur est appelé « API entrouvert (EO) » ; lorsque cette section est importante, l'état du réacteur est appelé « API suffisamment ouvert (SO) ».

<sup>2</sup> Lorsque le circuit primaire est fermé, quatre capteurs de niveau cuve (deux capteurs en voie A et deux capteurs en voie B), qualifiés à l'ambiance dégradée dans l'enceinte, sont utilisés pour la surveillance post-accidentelle des paramètres du circuit primaire par l'ébulliomètre. Les valeurs lues sur ces capteurs en salle de commande (SdC) sont exprimées en « taux de plein » ou en « mbar ». Lorsque le circuit primaire est non fermé, l'un des deux capteurs de la voie A est utilisé en fonctionnement normal pour la surveillance du niveau d'eau dans le circuit primaire, dit « niveau primaire ». Un moyen a alors été mis en place pour permettre de convertir son signal, en SdC, en valeur de « niveau ».

<sup>3</sup> RRA : système de refroidissement du réacteur à l'arrêt.

pour refermer ces ouvertures ou compenser la perte de l'inventaire en eau par un appoint au circuit primaire. Par ailleurs, si cet initiateur survient lorsque la section des ouvertures est importante, un appoint est alors systématiquement nécessaire, la perte de l'inventaire en eau étant, cette fois-ci, due à l'évacuation par ébullition de la puissance résiduelle. Enfin, quelle que soit la section des ouvertures, la mise en service d'un appoint est également nécessaire en cas de brèche ou de détection de vortex à l'aspiration des pompes RRA significative d'un risque de perte de ces pompes.

En cas de situation incidentelle-accidentelle survenant en API NF, la connaissance du niveau primaire est une donnée importante pour la mise en œuvre d'un appoint en eau au circuit primaire. Tout d'abord, un appoint d'eau au circuit primaire est réalisé de manière automatique lorsque l'information donnée par le capteur de niveau cuve voie A, qui est utilisé par ailleurs en fonctionnement normal au titre de la surveillance du niveau primaire, passe sous un certain seuil. De plus, dans la conduite incidentelle-accidentelle (CIA), qui relève du chapitre VI des règles générales d'exploitation (RGE), une mise en service manuelle d'un appoint est initiée par les opérateurs sur la base des informations délivrées par deux capteurs différents : à savoir le capteur de niveau cuve voie A (pour tous les réacteurs), ou le capteur de niveau primaire dépressurisé<sup>4</sup> (pour les réacteurs de 900 MWe, dont ceux de la centrale nucléaire du Blayais) ou un capteur de niveau cuve voie B (pour les réacteurs de 1300 MWe et du palier N4). Néanmoins, la perte des deux moyens de mesure du niveau primaire utilisés dans la CIA en API NF n'induit pas nécessairement l'échec de l'action manuelle de mise en œuvre d'un appoint. En effet, la CIA préconise en dernière instance (après la perte du circuit RRA) de mettre en service un appoint, sans conditionner cette action à un test sur le niveau primaire.

Pour ce qui concerne les spécifications techniques d'exploitation (STE), constituant le chapitre III des RGE, le capteur de niveau primaire dépressurisé et le capteur de niveau cuve voie B utilisé dans la CIA ne disposent pas en API NF, lorsque leur disponibilité est requise, du même niveau d'exigences d'exploitation que le capteur de niveau cuve voie A.

## 1. ÉVÉNEMENT SURVENU AU BLAYAIS EN 2020

Le 10 août 2020, à l'issue de l'opération de mise sous vide du circuit primaire réalisée dans le domaine d'exploitation RCD<sup>5</sup>, le chargé de travaux d'une société prestataire pose un fond plein sur la bride côté séparateur de basse pression (BP) du capteur RCP 095 MN, de niveau cuve de la voie A. Cet écart rend le capteur insensible aux variations de niveau d'eau dans le circuit primaire (voir explications plus loin concernant le fonctionnement du capteur de niveau cuve). En revanche, dans le dossier de suivi de l'intervention (DSI), le chargé de travaux trace la repose d'une tige percée. Lors des vérifications préalables au changement de domaine d'exploitation, le chargé d'affaire valide la présence d'une tige percée sur la bride du capteur RCP 095 MN en s'appuyant uniquement sur le renseignement du DSI.

Le 4 septembre au soir, le réacteur passe en API SO. La disponibilité du capteur RCP 095 MN est désormais requise. Le 5 septembre, lorsque le niveau primaire est au PT-PJC<sup>6</sup>, l'opérateur met en place un prélèvement de faible débit depuis le circuit primaire, nécessaire au bon fonctionnement du boremètre. Le capteur de niveau primaire dépressurisé (RCP 098 MN) détecte une baisse continue de niveau. Néanmoins, aucun appoint au circuit primaire n'est mis en service car le capteur RCP 095 MN, de référence lors du fonctionnement au PT-PJC, indique, quant à lui, un niveau stable, compte tenu de la présence du fond plein sur sa bride. Lors de la matinée du

---

<sup>4</sup> L'utilisation en CIA du capteur de niveau primaire dépressurisé pour la mise en service manuelle d'un appoint est limitée aux toutes premières phases de la situation incidentelle-accidentelle, compte tenu de son manque de qualification à l'ambiance dégradée dans l'enceinte.

<sup>5</sup> RCD : réacteur complètement déchargé. L'opération de mise sous vide du circuit primaire est une méthode d'éventage statique du circuit primaire.

<sup>6</sup> PT-PJC : plan de travail au plan du joint de la cuve.

6 septembre, le niveau indiqué par le capteur RCP 098 MN atteint le NB PT-PJC<sup>7</sup>, mais l'exploitant doute de l'exactitude des indications données par ce capteur et n'effectue pas d'appoint. En début d'après-midi, le réacteur passe en API EO. Dans le courant de l'après-midi, l'écart relevé entre les deux capteurs dépassant le critère d'intercomparaison, l'exploitant choisit de déclarer indisponible, sans aucune justification, le capteur RCP 098 MN. Un contrôle en local du lignage des deux capteurs est effectué peu de temps après, mais sans que l'anomalie sur le capteur RCP 095 MN ne soit toutefois détectée, car ce contrôle n'inclut pas de vérification de la présence d'une tache percée sur la bride du capteur RCP 095 MN.

Le 8 septembre au soir, une manchette doit être mise en place entre le séparateur de BP du capteur RCP 095 MN<sup>8</sup> et l'évent de la cuve, à l'endroit où aurait dû se trouver la tache percée (et où se trouve, par erreur, le fond plein). Après avoir effectué cette opération, l'exploitant constate que le niveau indiqué par le capteur RCP 095 MN baisse soudainement sous le NB PT-PJC, à une valeur très proche de celle indiquée par le capteur RCP 098 MN. Un appoint au circuit primaire est rapidement mis en service afin de rétablir le niveau primaire requis par les STE.

L'indisponibilité réelle ou considérée à tort des deux capteurs utilisés en API NF en situation incidentelle-accidentelle, RCP 095 et 098 MN, n'aurait pas permis, pendant plusieurs jours, de démarrer l'appoint automatique au circuit primaire en cas de brèche ou de détection de vortex à l'aspiration des pompes RRA, ni de mettre en service manuellement un appoint en cas de vortex des pompes RRA avant la perte de ce circuit. De plus, en cas de brèche ou de perte du circuit RRA, cette indisponibilité aurait défiabilisé la mise en service manuelle d'un appoint.

## 2. REX D'EXPLOITATION DES CAPTEURS DE NIVEAU CUVE

Une analyse du retour d'expérience (REX), réalisée par EDF sur la période 2006 à 2021 pour les réacteurs en exploitation, met en évidence que, **lors d'un arrêt pour renouvellement du combustible sur six, le capteur de niveau cuve voie A a été indisponible en API NF pendant plusieurs heures, voire plusieurs jours.**

Seulement 10 % de ces indisponibilités ont une origine matérielle, tandis que les autres indisponibilités sont provoquées majoritairement par des erreurs de lignage, non détectées avant le passage en API NF, dont les causes sont diverses. En effet, des opérations de relignage du capteur de niveau cuve voie A, qui s'avèrent relativement délicates, sont nécessaires à plusieurs reprises lors de chaque arrêt du réacteur avec passage en API NF<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Selon les STE, le fonctionnement en dessous du niveau bas (NB) du PT-PJC doit être limité au strict nécessaire indispensable aux opérations d'exploitation normale. Le passage en dessous du NB PT-PJC du 6 septembre est donc un non-respect des STE.

<sup>8</sup> Le capteur détermine un niveau par mesure de la différence de pression entre les deux séparateurs de protection dont il est muni, appelés « de haute pression (HP) » et « de basse pression (BP) ». Le séparateur de HP est connecté au bas de la cuve. Lorsque le circuit primaire est fermé ou que le niveau primaire est supérieur au sommet de la cuve, le point de raccordement du séparateur de BP est situé en partie supérieure de la cuve. Lors des mouvements d'eau et des opérations d'ouverture/fermeture de la cuve, plusieurs modifications du raccordement du séparateur BP du capteur sont nécessaires, afin de mettre et de maintenir ce séparateur à la pression de l'enceinte. Plus précisément, tant que la section des ouvertures du circuit primaire est faible, une manchette est en place entre le séparateur de BP du capteur et l'évent de la cuve, ouvert. Lorsque la section des ouvertures du circuit primaire est importante, cette manchette est déposée, avec pour conséquence directe la mise du séparateur à la pression de l'enceinte. Sur la bride du capteur, une tache percée est alors posée, pour éviter l'intrusion de corps étrangers. Lors d'un arrêt du réacteur avec déchargement du combustible dans la piscine de désactivation, d'autres relignages particuliers peuvent être nécessaires en RCD (par exemple, lors de l'épreuve hydraulique du circuit primaire, un fond plein est posé entre la cuve et les séparateurs de BP des capteurs de niveau cuve). Lorsqu'un capteur de niveau cuve voie B est utilisé dans la CIA en API NF, il est nécessaire de réaliser pour ce capteur, lors du fonctionnement normal du réacteur, les mêmes opérations de relignage que pour le capteur de niveau cuve voie A.

Ce REX a conduit EDF à décider, au fil du temps, la mise en œuvre d'actions dans le but d'améliorer la disponibilité des capteurs de niveau cuve. La plus récente de ces actions prévoit d'ajouter dans le référentiel d'exploitation un contrôle croisé du lignage de l'évent cuve et des capteurs de niveau cuve voies A et B lors des actions de relignage qui sont demandées en API NF pendant la mise à l'arrêt du réacteur lorsque le niveau primaire est au sommet de la cuve. Cette action d'EDF n'a pas eu encore le temps de porter ses fruits. Néanmoins, l'IRSN relève que ce contrôle ne sera demandé que lors d'une seule opération de lignage des capteurs de niveau cuve parmi toutes celles effectuées lors d'un arrêt du réacteur pour renouvellement du combustible.

### 3. ANALYSE PROBABILISTE – RÉSULTATS ET ENSEIGNEMENTS

En utilisant ses propres modèles EPS de niveau 1<sup>9</sup>, l'IRSN a estimé l'accroissement du risque de fusion du cœur du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire du Blayais induit par l'indisponibilité réelle ou considérée à tort, pendant 89 heures en API NF, des deux moyens de mesure du niveau primaire utilisés dans la CIA, dont l'un est également utilisé pour initier l'appoint automatique au circuit primaire. **Il est supérieur d'un facteur six au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur<sup>10</sup>.**

Cet impact significatif sur la sûreté traduit la situation délicate dans laquelle se trouvent les opérateurs en API NF lorsque la fonction d'appoint automatique au circuit primaire est indisponible et que celle d'appoint manuel est défectueuse, du fait de l'indisponibilité des moyens de mesure du niveau primaire.

Quant à l'indisponibilité seule de l'appoint automatique, une étude de sensibilité, réalisée pour la même durée et le même état du réacteur, montre que celle-ci n'a qu'un impact limité sur la sûreté.

**L'IRSN en déduit que, pour la mise en service manuelle d'un appoint en CIA, il est important de disposer en SdC d'une mesure de niveau primaire indépendante du capteur de niveau cuve voie A rentrant dans la logique de démarrage de l'appoint automatique.** Au cours de l'expertise, l'IRSN a donc demandé à EDF de proposer des actions correctives robustes pour fiabiliser la mise en service manuelle d'un appoint en eau au circuit primaire dans la CIA en API NF, en tenant compte du REX du parc en exploitation relatif aux moyens de mesure du niveau primaire.

Pour les capteurs de niveau cuve, EDF ne considère nécessaire aucune action corrective supplémentaire par rapport à celles déjà décidées ou mises en œuvre. Quant aux capteurs de niveau primaire dépressurisé, EDF indique n'avoir constaté qu'un faible nombre de défaillances. De plus, les capteurs de niveau primaire dépressurisé existants sont en cours de remplacement par des capteurs plus récents et plus fiables.

Étant donné que l'indisponibilité des moyens de mesure du niveau primaire utilisés en API NF peut avoir un impact important sur la sûreté et que la fréquence des indisponibilités relatives aux capteurs de niveau cuve est significative, l'IRSN estime nécessaire que, pour l'ensemble des réacteurs en exploitation, EDF fasse évoluer le chapitre VI des RGE pour que l'opérateur dispose d'une information en salle de commande basée sur un moyen de mesure du niveau primaire, autre que les capteurs de niveau cuve, pour la mise en service manuelle d'un appoint au circuit primaire, quelle que soit la phase de la situation incidentelle-accidentelle. Pour cette information de niveau primaire, qui pourrait être basée sur le capteur de niveau primaire dépressurisé, EDF devra réaliser les actions nécessaires pour qu'il dispose d'un niveau de qualification à l'ambiance dégradée dans

<sup>9</sup> EPS : études probabilistes de sûreté. Les EPS de niveau 1 permettent d'estimer la fréquence annuelle de fusion du cœur d'un réacteur.

<sup>10</sup> 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.

l'enceinte adapté à sa nouvelle utilisation en CIA. Enfin, EDF devra intégrer des évolutions des STE pour que des exigences d'exploitation similaires à celles déjà applicables au capteur de niveau cuve voie A lui soient associées. **À cet égard, l'IRSN formule la recommandation présentée en annexe.**

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2023-00024 DU 20 FÉVRIER 2023**

### **Recommandation de l'IRSN**

L'IRSN recommande que, pour l'ensemble des réacteurs en exploitation, EDF dispose, lorsque le circuit primaire est non fermé, d'une information basée sur un moyen de mesure du niveau primaire, autre que les capteurs de niveau cuve, pour la mise en service manuelle au sein du chapitre VI des règles générales d'exploitation d'un appoint au circuit primaire, quelle que soit la phase de la situation incidentelle-accidentelle. EDF devra associer à cette information des exigences en termes d'exploitation similaires à celles applicables au capteur utilisé pour initier l'appoint automatique au circuit primaire.