



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 6 décembre 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00178

Objet : EDF – REP – Centrale nucléaire de Civaux – INB n° 158 et n° 159 – Réacteurs n° 1 et n° 2 – Examen des rapports de conclusion de réexamen périodique des réacteurs n° 1 et n° 2 à l'issue de leur deuxième visite décennale.

Réf. : [1] Courrier ASN - CODEP-DCN-2023-009267 du 23 juin 2023.
[2] Courrier ASN - CODEP-DCN-2022-000945 du 27 juin 2022.

Par la lettre en référence [1], l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) son avis technique sur les conclusions tirées par EDF du réexamen périodique associé à la deuxième visite décennale (VD2) des réacteurs n° 1 et n° 2 du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Civaux. L'objectif est de permettre à l'ASN de prendre position sur la poursuite d'exploitation de ces réacteurs.

Dans le cadre du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe, l'ASN a précisé, dans son courrier de 2022 [2], sa position à propos de la phase générique de ce réexamen. En annexe 1 à son courrier [2], l'ASN rappelle ses demandes issues des instructions menées dans le cadre de la phase générique de ce réexamen périodique. Les demandes portent sur le confinement, les risques liés à certaines agressions, la réévaluation des conditions de fonctionnement, la sûreté de la piscine d'entreposage du combustible, les études probabilistes de sûreté, les accidents graves et la sûreté du bâtiment de traitement des effluents. L'ASN considère que les dispositions prévues par EDF, complétées par les réponses à ces demandes, permettront d'améliorer sensiblement le niveau de sûreté des réacteurs de 1450 MWe. L'ASN n'a pas identifié d'élément, issu de la phase générique, mettant en cause la capacité d'EDF à poursuivre le fonctionnement des réacteurs de 1450 MWe jusqu'à leur troisième réexamen périodique.

À l'issue des deuxièmes visites décennales des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux qui se sont déroulées entre 2021 et 2023, EDF a adressé le rapport de conclusion du réexamen périodique (RCR) de chaque réacteur. Dans ces rapports, l'exploitant du CNPE de Civaux statue sur la conformité de son installation, ainsi que sur les modifications réalisées ou planifiées, visant à remédier aux écarts constatés ou à améliorer la sûreté de l'installation, en s'appuyant sur les conclusions de la phase générique susmentionnée.

L'analyse menée par l'IRSN de ces rapports porte sur la conformité des réacteurs à leur référentiel de sûreté, notamment sur les résultats des examens de conformité des tranches (ECOT) et du programme d'investigations complémentaires (PIC), et sur les enceintes de confinement et les ouvrages de génie civil.

Seules les thématiques présentant des spécificités par rapport aux études génériques sont examinées.

MEMBRE DE
ETSON

1. VÉRIFICATION ET MAINTIEN DE LA CONFORMITÉ DES INSTALLATIONS

1.1. EXAMEN DE CONFORMITÉ DES RÉACTEURS

L'examen de conformité des tranches (ECOT) des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux s'est achevé lors de la VD2 de ces réacteurs. Cet examen fait partie du réexamen de sûreté demandé par le code de l'environnement, avec pour objectif de vérifier la conformité de l'état de l'installation au référentiel de sûreté applicable et ainsi d'identifier les écarts liés à la conception, à la fabrication, au montage ou à l'exploitation des réacteurs. L'ECOT constitue une disposition complémentaire par rapport aux dispositions d'exploitation courantes, comme les programmes de base de maintenance préventive (PBMP) ou les essais périodiques. Il n'a ainsi pas pour vocation à se substituer aux dispositions existantes, mais à les compléter.

Pour plusieurs thèmes, l'ECOT a permis de détecter des écarts importants en nombre ou en termes d'impact sur la sûreté. Cependant, l'objectif de démonstration de la conformité de l'état de l'installation aux exigences de sûreté applicables est globalement atteint, dans la mesure où les bilans présentés par l'exploitant mentionnent que, lors du redémarrage des deux réacteurs à l'issue de la VD2, tous les écarts ont été soit traités, soit prévus d'être traités dans un délai justifié, soit laissés en l'état moyennant une analyse de l'exploitant ayant permis de le justifier.

1.2. PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

Les PBMP participent à la surveillance du respect des exigences de sûreté dans le temps, au cours de l'exploitation des réacteurs. Afin de conforter la pertinence de ces PBMP, un PIC est déployé lors des VD2 pour les réacteurs de 1450 MWe, ciblé sur des matériels ne faisant pas l'objet de surveillance en exploitation. EDF a transmis le bilan du PIC qui synthétise l'ensemble des investigations réalisées et les résultats associés notamment au contrôle d'un piquage d'instrumentation en partie basse du pressuriseur, initialement programmé sur le réacteur n° 1 du CNPE de Chooz B qui avait été reconduit sur la VD2 du réacteur n° 1 du CNPE de Civaux en 2021, qui n'a pas révélé de défaut.

Par ailleurs, des vis de cloisonnement de cœur¹ vues comme dégradées lors des contrôles ont été laissées en l'état à la suite d'un argumentaire formulé par EDF, notamment eu égard aux améliorations de conception entre le palier N4 et le palier 900 MWe. Cependant, l'IRSN estime qu'**EDF pourrait consolider sa justification en valorisant des analyses mécaniques qui définissent les configurations de vis acceptables similaires à celles produites pour les réacteurs de 900 MWe et étendre le nombre de rangées et les contrôles sur d'autres réacteurs du palier N4 lors des prochaines visites décennales.**

1.3. ENCEINTES DE CONFINEMENT ET CONCEPTION DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

Les enceintes de confinement et les radiers font l'objet d'un suivi périodique eu égard aux pathologies pouvant affecter leurs fonctions de sûreté à travers les PBMP et les épreuves décennales. La surveillance effectuée en fonctionnement et en épreuves sur les réacteurs du CNPE de Civaux montre un comportement mécanique satisfaisant et une étanchéité conforme aux critères retenus dans le chapitre IX des règles générales d'exploitation.

¹ Les vis de cloisonnement assurent la cohésion des éléments constitutifs du cœur du réacteur. Elles permettent de maintenir en place les plaques de cloisonnement qui divisent le cœur en différentes zones et assurent ainsi le maintien de la structure de la cuve.

Les enceintes externes du palier N4 font l'objet d'un suivi périodique par rapport aux pathologies pouvant affecter leurs fonctions de sûreté, à travers les PBMP. Le retour d'expérience sur le CNPE de Civaux confirme que les PBMP sont adaptés pour le palier N4. L'état des parements des enceintes externes des réacteurs du palier N4 ne nécessite pas de travaux.

Pour l'IRSN, le suivi des phénomènes de réaction alcali-granulat sur le CNPE de Civaux est satisfaisant. S'agissant des risques de réaction sulfatique interne (RSI), la dernière évaluation réalisée ne porte pas sur les enceintes internes. À cet effet, EDF précise que le suivi des phénomènes de RSI sur les enceintes est déjà défini et mis en œuvre pour le CNPE de Civaux et que la surveillance des effets de la RSI sur le comportement de l'enceinte s'appuie à la fois sur une mesure en continu des déformations du béton (au moyen des capteurs existants) et sur une inspection de la totalité de la surface de parement accessible. **Si ce point est satisfaisant, l'IRSN souligne que les résultats et l'interprétation des mesures d'auscultation n'ont pas été présentés par EDF.**

Concernant le réacteur n° 1 du CNPE de Civaux, malgré l'ajout de revêtements composites étanches sur une surface très importante, l'IRSN constate que le débit de fuite globale est resté constant entre la VD1 et la VD2. **Si les taux de fuites respectent les critères requis pour les épreuves décennales, compte tenu de la valeur importante des fuites relevées sur l'enceinte du réacteur n° 1 du CNPE de Civaux, il appartiendra à EDF de mener les actions *ad hoc* afin que le taux de fuite des enceintes n'augmente pas dans le temps.**

S'agissant du revêtement qui recouvre la fosse de chargement des assemblages de combustible de la piscine d'entreposage du combustible, EDF a relevé depuis 2013 plusieurs problèmes d'étanchéité tant au niveau du réacteur n° 1 que du réacteur n° 2 du CNPE de Civaux. Concernant le traitement du défaut d'étanchéité de la fosse BK du réacteur n° 1 du CNPE de Civaux, EDF a indiqué avoir appliqué sur le revêtement de la fosse une résine en surcouche du produit d'étanchéité aux liquides. Toutefois, aucune analyse ne traite du risque de modification de la composition chimique de l'eau borée par la résine. **Si la surveillance du vieillissement de la résine durant l'exploitation est satisfaisante, il appartiendra à EDF de préciser la périodicité et la durée du suivi mis en place, ainsi que de réaliser une analyse de l'eau borée avec la même périodicité, après un prélèvement à proximité des parois de la fosse.**

En outre, l'ensemble des vérifications et des modifications réalisées, le cas échéant, permettent de conforter la validité de la conception des ouvrages de génie civil par rapport au référentiel applicable, ce qui n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

1.4. TRAITEMENT DU PHÉNOMÈNE DE CORROSION SOUS CONTRAINTE DES LIGNES AUXILIAIRES DU CIRCUIT PRIMAIRE PRINCIPAL

Au quatrième trimestre 2021, dans le cadre de la deuxième visite décennale du réacteur n° 1 du CNPE de Civaux et de la troisième visite décennale du réacteur n° 1 du CNPE de Penly, EDF a découvert des fissures de corrosion sous contrainte (CSC) à proximité de soudures dans les tuyauteries des circuits RIS² et des circuits RRA³. Ce type d'endommagement n'étant pas anticipé pour ces circuits, EDF a déployé entre fin 2021 et fin 2023 une stratégie de remplacement préventif des lignes sensibles à la CSC, ainsi qu'une stratégie pour la surveillance des lignes peu ou pas sensibles à la CSC. Dans ce contexte, l'ensemble des lignes RIS (branche froide, BF) et des lignes RRA (branche chaude, BC) des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux sensibles à la CSC a été remplacée à neuf, ainsi que les lignes RIS (branche chaude, BC) du réacteur n° 2 du CNPE de Civaux à titre préventif. Une sélection de soudures des lignes RIS et RRA seront également contrôlées lors des prochains arrêts au titre de l'établissement de l'état des lieux du Parc ou de l'état de référence pour les lignes remplacées. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

² RIS : système d'injection de sécurité.

³ RRA : système de refroidissement du réacteur à l'arrêt.

2. RÉÉVALUATION DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

2.1. RÉÉVALUATION SISMIQUE

D'après les RCR des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux, les spectres sismiques de sol ont été réévalués dans le cadre des VD2 du palier N4 selon la règle fondamentale de sûreté 2001-01. À cet égard, l'analyse d'impact de la prise en compte du niveau de séisme majoré de sûreté (SMS) est couverte par l'analyse réalisée en VD1 N4 pour le niveau SMS et le spectre minimal forfaitaire (SMF). De ce fait, la réévaluation du niveau sismique de ce site est sans impact sur le dimensionnement du génie civil et des matériels pour la VD2 du palier N4. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Par ailleurs, EDF indique que la mise en œuvre d'une approche progressive d'analyse des failles vient de se terminer sur six CNPE pilotes. Cette approche permet de mieux caractériser ces failles en termes de géométrie en profondeur et d'âge de dernier mouvement et sera mise en œuvre sur le CNPE de Civaux dans le cadre d'un programme de travail qui proposera une priorisation des sites ainsi qu'un calendrier associé. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

En outre, EDF précise que la configuration homogène du site conduit à écarter tout effet de site particulier. EDF conclut que l'état actuel des connaissances permet d'exclure l'existence d'un effet de site particulier sur le CNPE de Civaux selon la définition de la règle fondamentale de sûreté 2001-01. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

La passerelle de liaison entre les salles des machines (SDM) (dénommée passerelle par la suite) est une structure en charpente métallique qui relie les salles des machines des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux, ainsi que le bâtiment d'exploitation intertranche (BEIT), cf. Figure 1. Cette passerelle est appuyée en rive sur les salles des machines et en travée sur deux piliers. Sur le pilier du côté de la SDM du réacteur n° 2 (P2) du CNPE de Civaux, une dérivation permet de rejoindre le bâtiment BEIT sur lequel la passerelle est appuyée. Le BEIT n'étant pas justifié au séisme, le scénario étudié par EDF est la chute lente⁴ de ce bâtiment, conduisant à une sollicitation majeure sur le pilier P2, ainsi que sur deux des trois tronçons de la passerelle, pouvant aller jusqu'à la ruine partielle ou totale de la passerelle. À ce titre, EDF a réalisé une analyse d'agression au titre du séisme événement qui permet de se dédouaner de l'agression du bâtiment diesel par la passerelle en engageant un renforcement de cette dernière par la mise en place de câbles sur le pilier P1 (côté SDM du réacteur n° 1 du CNPE de Civaux). Ces câbles sont mis en tension en cas de chute du BEIT sur la passerelle lors d'un séisme.

Selon l'IRSN, l'éventualité d'un effort de torsion sur le poteau P1 ne peut pas être écarté et pourrait avoir une incidence sur le comportement de deux des tronçons de la passerelle et sur la mise en tension des câbles. Ce point ne fait l'objet d'aucune justification, ainsi l'IRSN ne dispose d'aucun élément permettant d'asseoir la recevabilité du dédouanement évoqué ci-dessus.

Par ailleurs, concernant la robustesse du renforcement réalisé, en cas de chute du BEIT sur la passerelle, des phénomènes de torsion du poteau P1 pourraient induire une répartition des efforts dans les câbles différente de celle retenue par EDF et par conséquent, eu égard à la faible marge disponible pour le câble le plus sollicité, à un possible dépassement de l'effort admissible dans les câbles, dans une configuration où la résistance des deux câbles est valorisée. **Cela conduit l'IRSN à formuler la recommandation en annexe.**

⁴ Il s'agit d'une terminologie utilisée par EDF et qui signifie « postérieure à la secousse sismique qui l'a provoquée ».

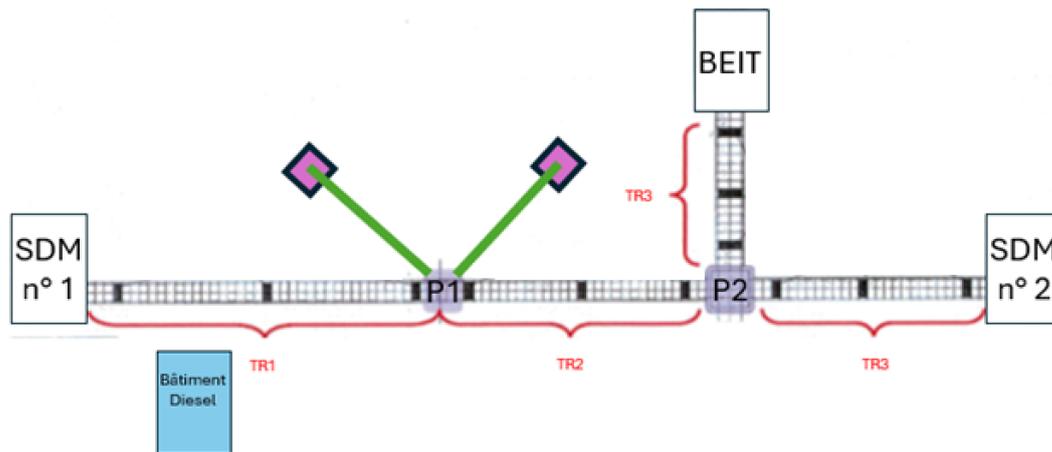


Figure 1 : Passerelle inter-salle des machines du CNPE de Civaux.

En outre, des incohérences entre les dimensions de certains éléments de la note de calcul d'origine et celles des notes d'études actuelles ont été relevées. **À ce titre, il appartiendra à EDF de disposer d'un dossier « tel que construit » de cette passerelle.**

Concernant la modélisation des salles des machines, EDF n'a pas transmis d'élément de justification de la cohérence entre le modèle tridimensionnel réalisé par logiciel et la SDM telle qu'existante, notamment les liaisons entre les profilés métalliques (assemblages et excentricités). À cet égard, EDF a indiqué d'une part qu'une visite sur site avait été réalisée pour vérifier la conformité des dispositions constructives réalisées sur l'ouvrage existant et leurs prises en compte dans les modélisations, d'autre part que seules deux simplifications apparaissent dans le modèle de la structure. Ainsi, EDF justifie que ces simplifications sont sans impact sur les résultats de l'analyse sismique présentée. **Cette analyse est satisfaisante bien qu'elle ne prenne pas en compte l'absence de contrôles réalisés sur le serrage des assemblages. De ce fait, il appartiendra néanmoins à EDF de disposer d'une analyse quantitative simplifiée intégrant des efforts supplémentaires liés aux excentres non pris en compte dans la modélisation.**

Pour ce qui concerne la méthodologie de vérification de la stabilité de la structure des salles des machines des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux, EDF a utilisé une approche qui permet de prendre en compte des coefficients de ductilité locaux. Compte tenu de l'exigence de non-agression d'un ouvrage important pour la sûreté par un ouvrage qui ne l'est pas, **l'IRSN estime que la prise en compte d'une incursion limitée dans le domaine plastique⁵ peut être admise sous SMS, sous réserve de s'assurer de la présence de dispositions constructives autorisant une incursion modérée dans le domaine plastique et de s'assurer de la sur-résistance des assemblages par rapport à celle des profilés.**

En outre, les assemblages des zones critiques de la structure (poteau/traverse, diagonales de palées) étant réalisés par boulons à haute résistance serrés au couple, **il appartiendra à EDF de s'assurer de la suffisance du serrage des boulons haute résistance.**

Enfin, dans le cadre de la VD2 du palier N4, EDF a transmis une étude concernant la stabilité des salles des machines des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux sous l'enveloppe SMS et SMF⁶. Cette étude conclut que le risque d'entrechoquement avec les ouvrages mitoyens du bâtiment des auxiliaires de sauvegarde - bâtiment électrique (BAS-BL) est exclu et qu'il n'est pas nécessaire d'apporter des renforcements. Néanmoins, EDF note que des interactions entre les charpentes secondaires des salles des machines du CNPE de Civaux et le voile en

⁵ La prise en compte de coefficients de ductilité locaux se traduit par l'acceptation d'un comportement plastique de la structure très localement.

⁶ Spectre de réponse enveloppe du SMS et du SMF.

béton armé du BL sont possibles. EDF considère que ces entrechoquements potentiels n'engendreront que des désordres locaux et limités eu égard à l'épaisseur du voile concerné. **À cet égard, Il appartiendra à EDF de s'assurer que le voile du bâtiment électrique concerné par les potentiels entrechoquements avec les charpentes secondaires des salles des machines des réacteurs du CNPE de Civaux ne supportent pas d'équipements importants pour la sûreté ou agresseurs de tels équipements qui pourraient être endommagés lors de l'entrechoquement des deux structures.**

2.2. INONDATION EXTERNE

Dans les RCR des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux, EDF présente les conclusions du déploiement du guide ASN n° 13, relatif à la protection des installations nucléaires contre les inondations externes, pour le CNPE de Civaux au regard des situations traitées pour le risque d'inondation (SRI) et indique que les réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux sont protégés au regard de ces SRI par des dispositions déjà en place.

Le dossier de site inondation (DDS) « stade 5 » du site de Civaux qui présente cette analyse n'a pas fait l'objet d'un examen dans le cadre de la présente expertise. **Par conséquent, l'IRSN ne peut pas se prononcer, à ce stade, sur l'application du guide ASN n° 13 pour le site de Civaux.** Toutefois, dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, l'IRSN a réalisé un bilan, pour l'ensemble des sites y compris les sites du palier N4, des méthodologies appliquées par EDF pour définir les SRI, en tenant compte de l'application du guide ASN n° 13, de l'intégration des positions et actions d'EDF prises lors du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe et des DDS « stade 5 » disponibles.

2.3. RISQUES INDUSTRIEL ET AÉRIEN

À l'occasion du deuxième réexamen périodique des réacteurs du palier N4, EDF a réévalué, selon une approche probabiliste, les risques industriel et aérien avec des données actualisées de l'environnement industriel et du trafic aérien pour chaque réacteur du CNPE de Civaux. Dans les RCR des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux, EDF conclut que les résultats des calculs de probabilités sont compatibles avec les valeurs limites définies dans les règles fondamentales de sûreté I-2d et I-2a sans toutefois présenter les détails de ces calculs. **À ce stade, l'IRSN n'est donc pas en mesure de se prononcer sur l'acceptabilité, pour les réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE du Civaux, des risques liés aux activités industrielles et aériennes autour de ce site.**

3. CONCLUSION

À l'issue de son expertise, l'IRSN estime que les bilan établis par l'exploitant et présentant l'état des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux à l'issue de leur VD2, notamment le bilan des contrôles de conformité et des éléments associés au programme d'investigations complémentaires, ainsi que la conformité des enceintes, n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN qui serait de nature à remettre en cause la poursuite de l'exploitation de ces réacteurs.

Concernant les spécificités du site de Civaux, l'IRSN considère que les éléments de justification transmis par EDF au regard de la réévaluation sismique des ouvrages des réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Civaux sont satisfaisants, sous réserve de la recommandation formulée en annexe.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2024-00178 DU 6 DÉCEMBRE 2024

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande qu'EDF justifie la suffisance de la solution de renforcement mise en œuvre pour maintenir le tronçon TR1 de la passerelle inter-salles des machines du CNPE de Civaux en se basant sur une évaluation quantitative du torseur d'effort transmis au renforcement. Notamment, EDF devra tenir compte des potentiels phénomènes de torsion induits dans le poteau P1 par la ruine du tronçon TR2 et du déséquilibre qu'ils peuvent entraîner dans la répartition de la tension entre les câbles.