

Fontenay-aux-Roses, le 21 décembre 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00241

Objet : EDF – REP – RP4 900 – Programme complémentaire d'investigations et de prélèvements sur les réacteurs mis à l'arrêt de la centrale de Fessenheim.

Réf. : [1] Saisine ASN – CODEP-DCN-2022-034132 du 6 juillet 2022.
[2] Avis du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires relatif au bilan du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe - CODEP-MEA-2020-055957 du 19 novembre 2020.
[3] Lettre ASN - CODEP-DCN-2021-007693 du 26 février 2021.

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné le programme complémentaire d'investigations et de prélèvements sur les réacteurs de la centrale de Fessenheim mis à l'arrêt transmis par Électricité de France (EDF), en réponse à la demande de l'ASN, formulée à la suite de l'avis du groupe permanent d'experts (GPR) pour les réacteurs nucléaires [2], porté sur le bilan du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4 900).

1. CONTEXTE

De l'avis du groupe permanent relatif au réexamen RP4 900 [2], l'ASN relevait l'intérêt de réaliser des prélèvements sur les deux réacteurs de la centrale de Fessenheim. En effet, l'arrêt définitif de ces deux réacteurs est une opportunité pour compléter les connaissances disponibles en matière de vieillissement des matériels. Sans en retarder le démantèlement, l'arrêt de ces réacteurs est une opportunité de vérifier l'absence de phénomènes de dégradation ou de vieillissement non prévus pouvant affecter des éléments importants pour la protection (EIP). Ainsi, l'ASN a formulé la demande de transmettre la liste des éléments qui feront l'objet de prélèvements, ainsi que le programme d'essais ou d'expertise associé, en précisant également l'articulation de ces prélèvements avec les opérations de pré-démantèlement et de démantèlement. Ce programme devra notamment concerner des éléments difficilement accessibles, présentant un retour d'expérience défavorable, ou ne pouvant donner lieu à des contrôles sur les réacteurs actuellement en fonctionnement.

En réponse à cette demande, EDF a proposé un programme complémentaire d'investigations et de prélèvements sur les réacteurs mis à l'arrêt de la centrale de Fessenheim.

L'expertise de l'IRSN a particulièrement porté sur neuf prélèvements de ce programme. Dans le cadre de cette expertise, l'IRSN a formulé des demandes supplémentaires pour des prélèvements ne faisant pas partie du

programme d'EDF, qui ont également fait l'objet d'échanges techniques avec EDF. À l'issue de l'ensemble des échanges, onze prélèvements ont finalement été retenus.

Le programme complémentaire d'investigations et de prélèvements transmis par EDF présente le réacteur sur lequel sera fait chaque prélèvement, ainsi que le calendrier de réalisation.

L'ASN sollicite l'avis de l'IRSN sur les conditions de réalisation, la représentativité ainsi que les paramètres suivis pour les prélèvements sélectionnés. En réponse, l'IRSN détaille ci-après, prélèvement par prélèvement, la nature, les raisons de la sélection, ainsi que les évolutions possibles à la suite des échanges techniques avec EDF.

2. LES DIFFÉRENTS PRÉLÈVEMENTS

2.1. VIS D'ENVELOPPE DU CLOISONNEMENT DE CŒUR DES INTERNES (VIS $\frac{3}{4}$ ")

Ces vis sont soumises à l'irradiation et sont susceptibles de se dégrader par IASCC¹. Leur position derrière l'écran thermique (pour le palier CPO) les rend inaccessibles aux moyens de surveillance des vis de cloisonnement (inspection par ultrasons). Or ces vis sont sujettes à une fissuration par IASCC et le phénomène est avéré.

Le risque de fissuration croissant en fonction de l'irradiation, donc du temps, l'ASN a considéré dans sa lettre de suite [3] qu'EDF devait chercher à évaluer l'état réel de ces vis en vue de conforter les hypothèses de ses études de comportement mécanique de l'enveloppe et a émis la demande n° 15 rappelée ci-après : « *l'ASN vous demande de définir, sous un an, un programme de contrôle permettant d'évaluer l'état des vis de l'enveloppe des internes de cuve des réacteurs de la centrale nucléaire du Bugey. Ce programme pourra, le cas échéant, reposer sur des expertises de vis prélevées sur les réacteurs de la centrale nucléaire de Fessenheim* ».

Pour répondre à cette demande, EDF étudie la faisabilité d'un moyen d'inspection télévisuel permettant d'accéder à l'espace annulaire réduit entre l'enveloppe de cœur et l'écran thermique et précise que ce moyen d'inspection et l'outillage associé restent à développer et à mettre au point. EDF envisage de déployer ce moyen d'inspection télévisuel sur les quatre rangées inférieures des vis d'enveloppe, les plus exposées au flux neutronique, sur un réacteur de la centrale de Fessenheim, pour s'assurer que les hypothèses de ses études de comportement mécanique des internes où un nombre de vis défaillantes a été postulé, sont bien enveloppées de la situation réelle du palier CPO.

Pour l'IRSN, d'une part les examens proposés ne permettent pas de mettre en évidence le phénomène redouté (fissuration sous tête de vis avant rupture non visible à l'examen télévisuel), d'autre part la transposabilité des résultats de ces examens établis sur les réacteurs de la centrale de Fessenheim n'est pas acquise pour couvrir l'état des vis d'enveloppe des réacteurs de la centrale du Bugey.

En conclusion, pour l'IRSN, les examens télévisuels proposés par EDF et appliqués sur la centrale de Fessenheim ne permettront pas de répondre pas à la demande de l'ASN. De ce fait, l'IRSN estime qu'EDF doit proposer un autre moyen pour répondre à la demande de l'ASN et rappelle que la demande de l'ASN est explicite quant au fait que les vis doivent être bien prélevées afin d'être ensuite expertisées métallurgiquement en laboratoire. Un simple contrôle télévisuel, tel que proposé par EDF actuellement, ne saurait donc être suffisant.

2.2. BRIDE DE LA CUVE DU RÉACTEUR N° 2 DE LA CENTRALE DE FESSENHEIM

Dans le cadre de la revue des dossiers de fabrication de composants forgés au Creusot, EDF a réalisé des contrôles visant à détecter la présence éventuelle de défauts dus à l'hydrogène (DDH).

¹ IASCC : irradiation-assisted stress corrosion cracking (soit en français : corrosion sous contrainte assistée par l'irradiation).

Dans ce cadre, les brides des cuves de quatre réacteurs du parc ont été examinées par ultrasons. Si pour trois d'entre eux le nombre d'indications relevées est resté faible, ceci n'a pas été le cas avec la bride de cuve du réacteur n° 2 de la centrale de Fessenheim. Pour EDF, le très grand nombre d'indications détectées dans cette dernière est imputable à la présence d'inclusions² de petites tailles.

Néanmoins, la technique d'examen non destructif par ultrason qui a été utilisée étant en limite de performance, notamment en raison de l'épaisseur des pièces à contrôler, EDF a proposé d'étudier la faisabilité de réaliser un prélèvement de matière dans la bride de cuve du réacteur n° 2 de la centrale de Fessenheim et de réaliser des expertises métallurgiques. Ces expertises permettront de statuer sur la nature, et éventuellement l'origine, des indications relevées dans cette bride.

L'IRSN confirme l'intérêt du prélèvement envisagé et note qu'EDF souhaite prendre la décision de le réaliser fin 2023 à l'issue d'une consultation du tissu industriel quant à la faisabilité de ces opérations.

2.3. PRESSURISEUR

Le phénomène de vieillissement thermique des matériaux du circuit primaire principal est pris en compte dans les dossiers d'analyse du comportement mécaniques des composants et des circuits. Pour anticiper les conséquences de ce phénomène jusqu'à l'échéance prévisionnelle d'exploitation des réacteurs, voire au-delà, EDF mène un certain nombre de programmes de recherche. Ils consistent notamment à vieillir artificiellement des échantillons en four et à accélérer le vieillissement de ces échantillons par rapport aux composants en exploitation en appliquant des températures supérieures à celles subies par lesdits composants.

Afin de confirmer la représentativité des essais en cours et des résultats actuellement disponibles, EDF a proposé de réaliser un nouveau programme de vieillissement en four d'échantillons prélevés sur la paroi externe du pressuriseur du réacteur n° 2 de la centrale de Fessenheim. L'utilisation de matériau déjà vieilli en réacteur permettrait de limiter la température appliquée lors des essais de vieillissement accéléré.

EDF propose de prélever la matière nécessaire pour réaliser ce nouveau programme au niveau du joint soudé entre le fond et la virole inférieure du pressuriseur. Pour EDF, ce joint soudé est situé dans la zone du pressuriseur subissant les températures les plus élevées et sa composition chimique est représentative des matériaux des composants du parc en exploitation. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

EDF prévoit d'étudier la faisabilité de ce prélèvement selon un calendrier identique à celui prévu pour la bride de cuve, et mentionnée précédemment.

L'IRSN partage l'intérêt d'EDF quant à la réalisation de ce prélèvement et du programme de vieillissement subséquent et note qu'EDF souhaite prendre fin 2023 une décision quant à sa réalisation.

2.4. LINER DE LA PISCINE DU BÂTIMENT RÉACTEUR

EDF a prévu de tester un nouveau procédé de recherche de défaut par ultrasons sur quelques portions de joints soudés de peau métallique inoxydable d'étanchéité (liner) de la piscine des BR³ des réacteurs de la centrale de Fessenheim. Ce nouveau procédé fait partie des outillages de recherche de fuite d'une piscine pouvant être mis en œuvre en réponse à la demande n° 18 de l'ASN [3].

Or les piscines des BR des réacteurs de la centrale de Fessenheim sont *a priori* exemptes de fuite, puisqu'aucun écoulement n'a été relevé au niveau de leur réseau de drainage et qu'aucune pathologie particulière n'a été identifiée en sous face des structures de génie civil par EDF.

² Une inclusion est un défaut volumique dû à la présence d'impuretés dans le métal provenant de son élaboration à l'état liquide.

³ BR : bâtiment réacteur.

L'IRSN estime qu'il serait préférable de tester les différents outillages de recherche de fuite mis à la disposition des exploitants des réacteurs d'EDF au niveau des zones de la piscine du BK⁴ du réacteur n° 1 de la centrale de Fessenheim où des fuites ont été constatées en exploitation.

À partir des résultats de ces contrôles, EDF devra démontrer sa capacité à détecter une fuite affectant le liner d'une piscine, conformément à la demande formulée par l'ASN dans sa lettre [3].

2.5. JOINT INTER-BÂTIMENTS

Afin de compléter les éléments disponibles concernant le vieillissement des joints inter-bâtiments, EDF a étudié la possibilité de réaliser le prélèvement d'un échantillon de joint « Waterstop[®] ». Ces joints sont utilisés dans le cadre de la protection des bâtiments à l'égard du risque d'inondation et sont composés de lames d'étanchéité scellées et de mastics de calfeutrement. Pour EDF, l'objectif de ce prélèvement est de vérifier l'état du joint après 40 ans d'exploitation.

En cours d'expertise, EDF a indiqué avoir déjà réalisé ce prélèvement et a explicité les critères l'ayant conduit à sélectionner la localisation du joint prélevé. L'un de ces critères est la possibilité de gérer facilement l'échantillon pour la réalisation des analyses en laboratoire. De plus, le choix s'est porté sur un joint dont le prélèvement ne présentait pas de risque de remise en cause de la protection contre l'inondation externe. Pour cette raison, EDF n'a pas retenu de prélever un joint en contact avec la nappe phréatique ou la prise d'eau. En conséquence, l'IRSN souligne que **ce prélèvement présente un caractère de représentativité limité** au regard de la variabilité des conditions d'environnement subies sur site par ces joints.

Pour l'IRSN, l'examen du joint prélevé permettra de confronter ses caractéristiques à celles déterminées après l'application de protocoles de vieillissement accéléré et d'apporter un éclairage sur la représentativité de ces protocoles. Pour autant, dans le cadre de l'exploitation des réacteurs du palier de 900 MWe au-delà de 40 ans, **l'IRSN estime qu'il pourrait être opportun qu'EDF se réinterroge sur le périmètre des prélèvements déjà réalisés et qu'il étudie, de ce fait, la possibilité d'effectuer des prélèvements complémentaires de joints inter-bâtiments plus représentatifs lors des phases de démantèlement.**

2.6. VANNES VELAN[®] 3"

Sur le parc en exploitation, EDF a identifié un risque de rupture brutale des vannes VELAN[®] 3" en cas de fissuration d'une zone située sous un revêtement dur en stellite. Les programmes de maintenance préventive d'EDF prévoient ainsi l'inspection par ressuage du revêtement de vannes témoins. Le retour d'expérience (REX) des expertises destructives de ce type de vanne ne montre pas de propagation dans le métal de base des fissures observées dans le revêtement en stellite. Les prélèvements envisagés sur les réacteurs de la centrale de Fessenheim concernent la vanne RCV⁵ 050 VP et une autre vanne VELAN[®] 3" (à sélectionner dans la liste des vannes du périmètre du CPP⁶ qui présentent des indications de ressuage au niveau du revêtement en stellite). Les expertises destructives de ces vannes ont pour objectif de confirmer l'absence de dégradation du métal de base sous le revêtement. De plus, lors de l'expertise, EDF a indiqué qu'il réalisera un essai de manœuvrabilité des vannes et une évaluation de l'état de leur revêtement (notamment son coefficient de frottement) avant découpe. **Ce programme de prélèvement, d'essais et d'expertise n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

⁴ BK : bâtiment combustible.

⁵ RCV : système de contrôle chimique et volumétrique

⁶ CPP : circuit primaire principal

2.7. Câbles électriques basse tension (puissance, contrôle-commande et mesure)

EDF a engagé depuis 2010 un programme de dépose de câbles BT⁷ et HTA⁸ visant à confirmer, au travers d'expertises, le bon comportement de leur matériau isolant dans l'optique d'un fonctionnement à 60 ans. Ce programme d'expertise se poursuit et il est apparu intéressant de procéder à des prélèvements supplémentaires de câbles BT (puissance, contrôle-commande et mesure) sur les circuits déjà désaffectés en salle des machines des réacteurs de la centrale de Fessenheim. Ainsi, pendant la phase de pré-démantèlement, EDF prévoit le prélèvement d'une dizaine de tronçons qui sont en cours d'identification, en s'attachant à choisir des gammes BT communes avec celles des paliers CP1 et CP2. EDF a précisé que le détail de ce programme de prélèvements et d'expertises sera présenté lors de la prochaine réunion de suivi du vieillissement des câbles et des traversées électriques qui devrait avoir lieu en septembre 2023. **Compte tenu de la date à laquelle les éléments seront transmis, l'IRSN ne peut se prononcer, dans le cadre du présent avis, à propos de ce programme d'expertise d'EDF.**

Par ailleurs, les câbles électriques BT (< 1kV) placés à l'intérieur du BR doivent assurer une fonction de sûreté en situation de fonctionnement normal et accidentel (classification K1) et sont considérés comme des matériels difficilement remplaçables (techniquement et économiquement). La fonctionnalité électrique des câbles présente en général peu de « signe de défaillance » avant une dégradation importante du matériau isolant. Le projet Européen TeaM CABLES⁹ piloté par EDF a montré que les caractéristiques des câbles électriques sont très largement pilotées par la teneur résiduelle en anti-oxydant. Il apparaît donc utile pour divers câbles BT, prélevés à différentes localisations au sein du BR en incluant des tronçons incurvés, de réaliser des analyses permettant de remonter à cette teneur résiduelle.

Compte tenu de l'enjeu de sûreté rappelé ci-dessus, le prélèvement des câbles BT vieillissant naturellement dans le BR par 40 ans d'exploitation constitue un intérêt, notamment pour l'analyse de la teneur résiduelle en anti-oxydant, afin d'estimer la durée de vie résiduelle des câbles en s'affranchissant de l'incertitude liée à la mise en œuvre de protocole de vieillissement. Ce point fait l'objet de la recommandation N° 1 en annexe.

2.8. PORTES COUPE-FEU

EDF envisage de prélever deux portes coupe-feu de l'un des réacteurs de la centrale de Fessenheim afin de réaliser un essai de comportement au feu. EDF a précisé que les portes prélevées seront représentatives des portes équipant les réacteurs du palier 900 MWe. Toutefois, EDF a précisé que le programme d'essais est en cours d'élaboration et qu'il sera présenté à l'ASN et l'IRSN à la fin de l'année 2022, en explicitant la localisation des portes à prélever, la norme d'essai et les critères correspondants.

Compte tenu de la date à laquelle les éléments seront transmis, l'IRSN ne peut se prononcer, dans le cadre du présent avis, à propos du choix des portes ainsi que du programme d'essais prévu.

⁷ BT : le domaine basse tension (BT) concerne les tensions la tension comprises entre 50 et 1 000 volts en régime de tension alternative, 120 et 1 500 volts en régime de tension continue.

⁸ HTA : le domaine haute tension A (ou HTA) concerne les installations électriques dans lesquelles la tension excède 1 000 volts sans dépasser 50 000 volts en courant alternatif, ou excède 1 500 volts sans dépasser 75 000 volts en courant continu.

⁹ TeaM CABLES : <https://www.team-cables.eu/>

2.9. MATÉRIAUX POUVANT SE RETROUVER DANS LES PUISARDS EN CAS D'ACCIDENT DE BRÈCHE SUR LE CIRCUIT PRIMAIRE

En situation d'APRP¹⁰, les systèmes RIS¹¹ et EAS¹² assurent le refroidissement des assemblages de combustible (AC) présents dans la cuve du réacteur et l'évacuation de la chaleur hors de l'enceinte de confinement. Les pompes de ces systèmes aspirent dans un premier temps l'eau borée de la bêche PTR¹³, puis dans un second temps, ces systèmes passent en mode dit « de recirculation », où leurs pompes aspirent l'eau issue de la brèche et collectée dans les puisards situés au fond du bâtiment réacteur. Dans cette situation accidentelle, des débris (fibres de calorifuge, peinture, béton, protection incendie, etc.) sont générés et transportés jusqu'à ces puisards. Ces puisards sont équipés de filtres visant à assurer une qualité d'eau suffisante pour le fonctionnement des équipements des systèmes RIS et EAS situés en aval et pour le refroidissement du combustible. Des essais menés à l'IRSN, en support à l'expertise de la fonction de recirculation des réacteurs de 900 MWe en vue de leur quatrième réexamen périodique, ont montré que les caractéristiques des débris (taille, densité, granulométrie, etc.) pouvaient influencer sur le phénomène de colmatage des filtres et des AC. **Le vieillissement dû aux effets de la température et de l'irradiation dans le BR pourrait modifier ces caractéristiques. Par conséquent, l'IRSN considère que le prélèvement des matériaux à l'origine de ces débris sur les réacteurs de la centrale de Fessenheim permettrait de mieux apprécier l'impact de ces phénomènes sur la fonction de recirculation. Ce point fait l'objet de la recommandation N° 2 en annexe.**

2.10. MÉTAL DE BASE EN ZONE DE CŒUR DE LA CUVE

La justification de l'absence de risque de rupture brutale des cuves repose sur une détermination en anticipation des propriétés de résilience et de ténacité des matériaux. Pour déterminer ces propriétés, EDF s'appuie sur le programme de surveillance de l'irradiation (PSI). L'objectif du PSI est de contrôler le conservatisme des hypothèses de fragilisation sous irradiation des matériaux de cuve, et de vérifier et d'ajuster si nécessaire les hypothèses de comportement des matériaux utilisées dans les analyses de résistance à la rupture brutale dans toutes les situations de fonctionnement, jusqu'à la fin d'exploitation des réacteurs. Les éprouvettes d'essais mécaniques permettant d'établir la courbe de fragilisation par irradiation des viroles de la zone de cœur sont prélevées dans une couronne localisée à l'une des extrémités d'une virole. La fragilisation déterminée expérimentalement au moyen de ces éprouvettes prélevées localement est donc censée couvrir l'ensemble du volume de la virole.

Pour ce qui concerne les réacteurs de 900 MWe, EDF a apporté la démonstration de l'aptitude au service des cuves pour une durée d'exploitation de 50 ans. Aussi, EDF considère qu'il n'y a pas de besoin de réaliser des prélèvements de matériau de cuve en zone de cœur sur un réacteur de la centrale nucléaire de Fessenheim en vue de caractériser leur comportement mécanique, car ce matériau n'est représentatif que d'une durée d'exploitation d'environ 40 ans.

Pour l'IRSN, si des prélèvements d'éprouvettes Charpy¹⁴ n'apporteraient effectivement pas de données nouvelles pour la justification de la prolongation de la durée d'exploitation des réacteurs, le prélèvement d'éprouvettes de ténacité sur un réacteur de la centrale de Fessenheim permettrait toutefois de fournir un élément d'appréciation à 40 ans de la marge relative à la fragilisation du matériau, particulièrement si ces éprouvettes étaient prélevées, à la différence des éprouvettes du PSI, en dehors du pied de virole.

¹⁰ APRP : accident de perte de réfrigérant primaire.

¹¹ RIS : système d'injection de sécurité.

¹² EAS : système d'aspersion enceinte.

¹³ PTR : système de refroidissement et de traitement de l'eau de la piscine du bâtiment combustible.

¹⁴ Les éprouvettes Charpy sont un type d'éprouvettes utilisées pour réaliser des essais mécaniques afin de déterminer la résilience d'un matériau. La résilience est la capacité d'un matériau à absorber de l'énergie sous l'effet d'un choc en présence d'une entaille.

3. CONCLUSION

En conclusion de son expertise, l'IRSN considère que le programme de prélèvements sur les réacteurs de la centrale de Fessenheim est globalement satisfaisant, même si celui-ci mérite d'être complété au regard des deux recommandations formulées en annexe.

IRSN
Le Directeur général
Par délégation
Hervé BODINEAU
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00241 DU 21 DECEMBRE 2022

Recommandations de l'IRSN

Recommandation N° 1 :

L'IRSN recommande que, dans le cadre de son programme de prélèvement de câbles, EDF apprécie la teneur résiduelle en anti-oxydant des câbles, afin d'en estimer la durée de vie résiduelle.

Recommandation N° 2 :

L'IRSN recommande qu'EDF procède à des prélèvements de matériaux à l'intérieur des bâtiments des réacteurs de la centrale de Fessenheim, susceptibles de constituer des débris (fibres de calorifuge, peinture, béton, protection incendie) pouvant colmater les filtres des puisards en cas d'APRP, afin d'apprécier l'impact du vieillissement sur les caractéristiques de ces matériaux et, in fine, sur l'efficacité de la fonction recirculation des systèmes RIS et EAS.