



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 19/07/2023

Référence courrier : CODEP-DCN-2023-040380

Monsieur le Directeur
EDF - Division Production Nucléaire
Cap Ampère
93282 Saint-Denis cedex

Objet : Contrôle des installations nucléaires de base - Réacteurs électronucléaires – EDF
Inspection INSSN-DCN-2023-0891 du 7 juillet 2023 - Task-force TF 21-01, R&D
et inspection télévisuelle - Corrosion anormale de l'alliage M5
R.1.2 Management de la sûreté et organisation

Références :

- [1] Code de l'environnement, notamment son article L.592-22
- [2] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
- [3] D455008081952 indice 4 du 18 novembre 2011
- [4] CODEP-DCN-2022-045386 du 19 décembre 2022
- [5] CODEP-LYO-2021-018443 du 14 avril 2021
- [6] CODEP-LYO-2023-022725 du 4 avril 2023
- [7] D459022012480 du 11 octobre 2022

Monsieur le Directeur,

Dans le cadre des attributions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) concernant le contrôle des installations nucléaires de base en référence [1][2], une inspection a eu lieu le 7 juillet 2023 à la division de la production nucléaire (DPN) sur le site de Cap Ampère d'Électricité de France, concernant la task-force TF 21-01 relative à la corrosion anormale de l'alliage M5.

Je vous communique ci-dessous la synthèse de l'inspection ainsi que les principales demandes et observations qui résultent des constatations faites, à cette occasion, par les inspecteurs.

SYNTHÈSE DE L'INSPECTION

Dans le cadre de cette inspection, les inspecteurs ont examiné l'organisation d'EDF relative à la « task-Force » 21-01 (TF 21-01) dédiée à prise en compte de la corrosion anormale des gaines d'assemblage de combustible en alliage M5, les modalités de la surveillance réalisée sur les opérations de contrôle

télévisuel (ITV) du combustible lors de son déchargement et le programme de recherche et développement (R&D) transmis à l'ASN relatif à la corrosion du M5.

Pour EDF, une « task-force » est une organisation spécifique mise en place pour résoudre de manière réactive un problème technique présentant un fort enjeu de sûreté ou de disponibilité, rencontré sur un ou plusieurs réacteurs. Une « task-force » nécessite un pilotage au niveau national et une coordination inter-entités. Les entités sollicitées pour la TF 21-01 comprenaient notamment la division de la production nucléaire (DPN), la division du combustible nucléaire (DCN), la direction industrielle (DI), la direction technique (DT), la R&D d'EDF ainsi que le support technique de l'ingénierie de Framatome en charge des assemblages de combustible.

Les inspecteurs ont examiné en détail les modalités de fonctionnement de la TF 21-01, sur la base du référentiel d'EDF. Les inspecteurs notent que, depuis 2021, EDF a renforcé ses exigences de traçabilité notamment quant à la réalisation d'une analyse de risque et à la définition des conditions de clôture des TF, dès leur ouverture. Ces nouvelles exigences, qui permettent d'identifier les enjeux et les objectifs, permettront d'apporter plus de rigueur dans le déroulement des TF. Les inspecteurs ont également contrôlé la formation dispensée pour les pilotes des TF visant notamment à les sensibiliser aux enjeux de la prise de décision dans le cadre d'organisations réactives. Les inspecteurs ont ensuite examiné par sondage les compétences des experts d'EDF impliqués dans la TF 21-01, l'exploitation du retour d'expérience (REX) et la traçabilité des décisions. En particulier, dans le cadre de cette TF, EDF a pris la décision d'augmenter la teneur en fer de l'alliage M5 afin d'améliorer sa tenue à la corrosion. Les fondements de cette décision ont été recherchés dans les relevés de décision des comptes rendus des TF, dans les justifications figurant dans ces comptes rendus ainsi que dans les documents référencés, notamment, le dossier de qualification initial de l'alliage M5, certains essais, ainsi que le REX d'exploitation. Les inspecteurs ont noté qu'afin de sensibiliser les sites de production aux enjeux de la corrosion du M5, la DT leur a présenté le REX relatif à la corrosion de l'alliage M5, fin mai 2022, ce qui est une bonne pratique. Enfin, EDF considérant que les objectifs de la TF 21-01 ont été atteints, les inspecteurs ont examiné les conclusions de la TF 21-01 et les conditions du transfert du pilotage des différents plans d'action qui en découlent dans le cadre d'une « affaire parc » en cours d'élaboration.

Les inspecteurs ont contrôlé les conditions de mise en œuvre et d'analyse des ITV lors du déchargement du combustible. Les ITV ont pour objectif de caractériser visuellement, sur la base d'un classement en catégories, le niveau de corrosion des assemblages de combustible. En fonction de ses catégories, les assemblages peuvent être rechargés en réacteur ou sont écartés. Depuis la détection de corrosion de gaines d'assemblages de combustible survenue en 2021 pour le réacteur n° 2 de Chooz B, EDF a réalisé, lors des arrêts des réacteurs, plusieurs milliers d'ITV d'assemblages de combustible, des analyses systématiques d'ITV couplées à des mesures d'épaisseurs pour valider les conditions de classement des assemblages en catégories et a réalisé une analyse rétrospective des ITV réalisées ces dernières années. Pour la mise en œuvre des ITV, les inspecteurs ont examiné par sondage la surveillance réalisée par le site de Cattenom lors d'un déchargement de combustibles récent. Dans ce cadre, EDF a apporté des compléments d'information quant au grand nombre d'assemblages non catégorisés (NC) lors du 25^e arrêt du réacteur n° 2 de Cattenom. Cette impossibilité à classer ces assemblages provient d'un faible dépôt de produits de corrosion qui perturbe les ITV. Ce dépôt est dû

à un terme source¹ historiquement élevé pour ce réacteur mais n'a pas remis en cause l'identification d'écaillage ou de desquamation des crayons en alliage M5.

Les inspecteurs ont noté que les acquisitions de signaux vidéo sont confiées à différents prestataires, mais qu'EDF a confié la prestation d'analyse des ITV à Framatome.

EDF a présenté ses projets d'évolution des conditions d'acquisition des signaux vidéo, en particulier afin de standardiser et d'améliorer les conditions opératoires et la performance des matériels, ce qui est important compte tenu des enjeux de sûreté en rapport avec la performance des contrôles visuels des assemblages, y compris pour mettre en évidence de nouveaux mécanismes d'endommagement des assemblages, comme l'a montré le REX récent.

En août 2023, EDF prévoit la tenue d'un comité décisionnel pour valider les évolutions des ITV.

Les inspecteurs ont interrogé EDF sur le programme de R&D relatif à la corrosion de l'alliage M5 transmis à l'ASN. Ce programme a été élaboré par Framatome et de facto validé par EDF. Les inspecteurs se sont intéressés à la surveillance exercée par EDF tant lors de sa constitution que lors de la réalisation des actions identifiées dans les documents en référence. Les inspecteurs ont partagé leur questionnement avec EDF quant aux hypothèses retenues ou écartées et au programme de travail à venir. Ce programme fera l'objet d'une collaboration entre le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA), Framatome et EDF. EDF n'envisage pas de réaliser d'action de R&D en propre.

Au vu de cette inspection, les inspecteurs considèrent que l'organisation de cette « task-force » est acceptable, que la réalisation des ITV des assemblages de combustible est en voie d'amélioration. Néanmoins, les inspecteurs ont indiqué à vos services que les demandes ci-dessous doivent être prises en compte pour améliorer la traçabilité des décisions prises dans le cadre des task-forces d'ampleur, notamment : améliorer la prise en compte du REX étranger, renforcer la surveillance des ITV relatives à la corrosion des gaines des crayons de combustible ainsi que la définition des actions de surveillance des prestations intellectuelles de R&D, s'approprier et analyser les données de R&D disponibles et acquérir les données expérimentales permettant de conforter la démonstration de sûreté.

I. DEMANDES A TRAITER PRIORITAIREMENT

Néant

II. AUTRES DEMANDES

II.1 Traçabilité des décisions de la task-force 21-01

L'article 2.5.6 de l'arrêté [2] dispose que : *« les activités importantes pour la protection, leurs contrôles techniques, les actions de vérification et d'évaluation font l'objet d'une documentation et d'une traçabilité permettant de démontrer a priori et de vérifier a posteriori le respect des exigences définies. Les documents et enregistrements correspondants sont tenus à jour, aisément accessibles et lisibles, protégés, conservés dans de bonnes conditions, et archivés pendant une durée appropriée et justifiée ».*

¹ Terme source : ici les produits de corrosion ou d'usure relâchés par les structures internes du circuit primaire puis activés lors de leurs passages dans le cœur du réacteur.

Les inspecteurs ont contrôlé certains comptes rendus de la task-force 21-01, qui prennent la forme d'une main courante pour les différents lots qui la constitue. La forme de cette main courante se résume à une succession de points, pas toujours datés (ici au moins 67), sans que le lecteur puisse facilement retrouver les étapes habituelles liées à tout processus d'amélioration continu : planifier (objectifs, risques), déployer (mise en œuvre, activité, processus), contrôler (résultats par rapport aux objectifs, maîtrise des risques), agir (analyser, améliorer). Cela rend difficile rétrospectivement la justification du choix de certaines décisions. De plus, une partie des analyses qui conduisent à certaines décisions n'est tracée que dans ces comptes rendus alors que l'on pourrait s'attendre à ce qu'elles soient prises sur la base de documents permettant de vérifier la qualité de l'analyse technique ainsi que l'indépendance entre la définition de ce contenu technique et l'échelon décisionnaire. Les objectifs des actions retenues, leur périmètre, leur justification au vu des connaissances du moment, leur niveau de réalisation, le cas échéant leur mise à jour, devraient être tracés.

Vos services ont souligné qu'en raison de l'ampleur de la TF 21-01 ce constat était partagé mais que la grande majorité des « task-force » porte sur des durées bien plus courtes (quelques mois) et donc que les décisions qui en découlent sont plus facilement documentées et tracées. De plus, vous avez précisé que bien souvent ces dernières font l'objet de fiches de positions de DPN qui portent alors les références de cette documentation et cette traçabilité.

Demande II.1. : définir et compléter, pour les task-forces d'ampleur, les modes de preuve relatifs à la traçabilité des décisions basées sur des analyses indépendantes de l'échelon décisionnaire.

II.2 Prise en compte du retour d'expérience au sein de la task-force 21-01

Le Chapitre IV, article 2.4.1 de l'arrêté [2] précise que : « *le système de management intégré comporte notamment des dispositions permettant à l'exploitant de recueillir et d'exploiter le retour d'expérience* ».

Cela est également prescrit par le référentiel propre aux « task-forces » [3]. De plus, vous nous avez fait part des améliorations que vous comptez apporter au processus REX pour la partie relative au combustible le 15 mai 2023, en réponse à votre engagement en vue de la tenue de la réunion du groupe permanent d'expert pour les réacteurs du 7 juillet 2022 relatif au retour d'expérience du comportement du combustible et des grappes sur la période 2010 – 2019 [4].

Par ailleurs, vous avez confié l'analyse du retour d'expérience de l'alliage M5 à Framatome. Néanmoins, celui-ci apparaît perfectible et devrait aussi tenir compte de l'ensemble du REX. En particulier, vos services n'ont pas été en mesure de retrouver la prise en compte du REX de la défaillance d'un crayon de combustible en alliage M5 survenu dans les années 2010 pour le réacteur n° 2 de Ringhals en Suède, qui n'est pas non plus analysé dans la note de Framatome. Ce REX montre que l'alliage M5 peut être sensible à la corrosion par la lithine. Votre service de R&D convient que l'alliage M5 est plus sensible que le Zircaloy 4 dans ces conditions. Enfin, les données de qualification de l'alliage M5 que vous nous avez transmises nous semblent insuffisantes pour conclure quant à la tenue de l'alliage M5 dans ces conditions. En effet, seule une coulée contenant 400 mg/kg de fer aurait été testée, ce qui est insuffisant pour justifier la valeur à partir de laquelle cette teneur à l'effet bénéfique que vous attendez pour minimiser le risque de corrosion sous ébullition.

L'ASN sera attentive aux moyens et évolutions d'organisation qu'EDF s'est engagée à mettre en œuvre afin de tirer profit des enseignements tirés des événements étrangers affectant le comportement du combustible.

Demande II.2 : compléter l'analyse du REX, en tenant compte de la défaillance d'un crayon de combustible en alliage M5 survenu dans les années 2010 pour le réacteur n° 2 de Ringhals en Suède et en tirer les enseignements quant au risque de corrosion de l'alliage M5 par la lithine en zone d'ébullition ou relevant de tout autre phénomène jugé pertinent.

II.3 Réalisation et surveillance des opérations d'ITV

Le chapitre II, article 2.2.1 de l'arrêté [2] précise notamment que : « *l'exploitant exerce sur les intervenants extérieurs une surveillance... ».*

Lors de la TF 21-01, EDF a identifié dès le printemps 2021 que la qualité des ITV était faible. De manière concomitante, l'inspection réalisée à Cruas a conduit à ce même constat et l'ASN vous avait fait à cette occasion quatre demandes [5]. En 2023, l'inspection réalisée à Saint-Alban a montré une amélioration des ITV [6].

Lors de l'inspection de la TF 21-01, vos services nous ont présenté les améliorations que vous comptez apporter aux ITV, sur la base des meilleures pratiques identifiées à mi-2022. À ce stade, les inspecteurs estiment que vos choix techniques de standardisation et d'amélioration des performances des ITV sont pertinents pour améliorer les ITV. EDF validera ces choix d'amélioration, ainsi que la stratégie de mise en œuvre et d'analyse des ITV, lors d'un directoire cœur combustible en août 2023. Néanmoins, les marchés auxquels vous avez recours pour faire réaliser ces prestations ne devraient pas évoluer d'ici 2024.

Demande II.3.1 : transmettre les conclusions du directoire cœur combustible d'août 2023, pour ce qui concerne les ITV des gaines de combustible.

Si certains sites exercent bien une surveillance de la réalisation des ITV, le manque de qualité de certaines d'entre elles peut empêcher leur analyse, ce qui peut nécessiter de les refaire pour permettre leur analyse par Framatome. Enfin, les analyses des ITV ne font l'objet d'aucune surveillance formalisée.

Demande II.3.2 : définir les exigences relatives à la surveillance pour les acquisitions des données d'ITV relatives à la corrosion des gaines de combustible et à leur analyse, pour tous les contrôles prévus, et les mettre en œuvre dès les prochains contrôles.

II.4 Traçabilité et contrôle technique des activités de R&D

Les exigences de l'article 2.5.6 de l'arrêté [2] sont précisées supra quant à la traçabilité et au contrôle technique des activités.

Le programme de R&D relatif à la corrosion de l'alliage M5 est nécessaire pour apporter une meilleure compréhension des phénomènes observés et il s'inscrit dans le temps long. Ce programme de R&D a été co-construit avec EDF sous l'égide de Framatome. Les inspecteurs ont examiné la note de stratégie du programme de R&D. Cette note a fait l'objet d'une surveillance formalisée d'EDF [7] mais cette surveillance ne porte pas sur le fond technique du dossier. De même, les inspecteurs se sont intéressés à une référence amont de cette note de stratégie. Cette référence porte sur certains phénomènes

pouvant être à l'origine de la corrosion accélérée de l'alliage M5, en présence d'ébullition. EDF indique avoir exercé une surveillance de cette dernière note par des commentaires directement formulés dans le fichier texte. Là encore, cette surveillance ne porte pas sur le fond technique du dossier. En effet, les inspecteurs ont noté qu'EDF n'avait pas relevé que Framatome privilégie une hypothèse qui tendrait à minimiser les dégradations de la gaine en alliage M5 en fonctionnement normal, ce qui serait favorable pour sa tenue en condition accidentelle et omet de citer les conclusions des auteurs appelées dans cette note alors que ces derniers concluent que le phénomène mis en avant par Framatome ne devrait pas exister pour les réacteurs de type à eau sous pression.

Demande II.4.1 : définir la surveillance à mettre en œuvre pour les prestations intellectuelles, notamment celles relevant de la R&D relative à la corrosion de l'alliage M5.

Pour la R&D relative au combustible, les inspecteurs ont consulté le plan des orientations stratégiques à 5 ans (2019-2024) et le compte rendu du dernier comité d'arbitrage et de suivi des projets (CASP), instance qui se réunit tous les 6 mois et qui permet d'ajuster la stratégie si besoin. EDF ne prévoit pas de réaliser, en propre, d'action de R&D portant sur la corrosion de l'alliage M5. De plus, le comité d'experts du combustible (COFEG) s'est réuni pour la dernière fois au sujet des grilles intermédiaires de mélange et n'a jamais traité de la corrosion de l'alliage M5. De surcroît, EDF n'a pas remis à jour sa base de connaissances de la corrosion des alliages de zirconium depuis 2011 et semble avoir des difficultés à mobiliser les ressources pour le faire.

Demande II.4.2 : s'approprier et analyser, au sein d'EDF R&D, de manière formelle, la bibliographie relative à la corrosion de l'alliage M5.

Enfin, vos services considèrent que la corrosion de l'alliage M5 ne présente plus d'enjeu de sûreté car, sur la base d'une seule analyse qualitative, pour un échantillon de gaine fortement oxydée, aucune fragilisation anormale n'a été mise en évidence. EDF est toujours en attente de l'expertise des autres échantillons et de données quantitatives, qui pourraient être disponibles en début 2024 et qui a été retardée suite à des aléas lors des expertises. Les inspecteurs considèrent que des données quantitatives sont nécessaires pour conclure quant aux enjeux de sûreté, d'autant qu'aucune dégradation n'était prévue en fonctionnement.

Demande II.4.3 : conforter et sécuriser l'acquisition des données quantitatives relatives à la corrosion anormale de l'alliage M5.

III. CONSTATS OU OBSERVATIONS N'APPELANT PAS DE RÉPONSE A L'ASN

Néant

*

* *

Vous voudrez bien me faire part, **sous deux mois et selon les modalités d'envois figurant ci-dessous**, de vos remarques et observations, ainsi que des dispositions que vous prendrez pour remédier aux constatations susmentionnées. Pour les engagements que vous prendriez, je vous demande de les identifier clairement et d'en préciser, pour chacun, l'échéance de réalisation.

Je vous rappelle par ailleurs qu'il est de votre responsabilité de traiter l'intégralité des constatations effectuées par les inspecteurs, y compris celles n'ayant pas fait l'objet de demandes formelles.

Enfin, conformément à la démarche de transparence et d'information du public instituée par les dispositions de l'article L. 125-13 du code de l'environnement, je vous informe que le présent courrier sera mis en ligne sur le site Internet de l'ASN (www.asn.fr).

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma considération distinguée.

L'adjoint au Directeur des centrales nucléaires,

Signée par Laurent FOUCHER