

Direction des équipements sous pression

Référence courrier : CODEP-DEP-2025-007925

Monsieur le Président de Framatome

1 place Jean Millier
Tour AREVA
92400 COURBEVOIE

Dijon, le 6 février 2025

Objet : Contrôle de la conception des équipements sous pression nucléaires

Lettre de suite de l'inspection du jeudi 23 janvier 2025 sur le thème de l'élaboration de la documentation technique de conception

Inspection : INSNP-DEP-2025-0217

Références : in fine

Monsieur le Président,

Dans le cadre des attributions de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) en références concernant le contrôle de la fabrication des équipements sous pression nucléaires, une inspection a eu lieu le jeudi 23 janvier 2025 au siège de Framatome à la Défense sur le thème « Inspection générique de fabricant ».

Je vous communique ci-dessous la synthèse de l'inspection ainsi que les demandes, constats et observations qui en résultent.

SYNTHESE DE L'INSPECTION

Dans le cadre du projet de construction des réacteurs EPR2, Framatome est le fabricant réglementaire des branches primaires (MCL).

Cette inspection de fabricant portait sur l'élaboration de la documentation technique de conception des ESPN, et plus précisément sur les trois notes de dimensionnement en références [6] à [8].

L'objectif de cette inspection était de vérifier que ces documents ont été élaborés conformément au référentiel technique déclaré par Framatome et à la réglementation des équipements sous pression nucléaires en vigueur.

Les inspecteurs ont analysé plusieurs aspects, notamment :

- l'organisation mise en place par Framatome pour la rédaction de ces documents ;
- les compétences et qualifications des intervenants ;
- la méthodologie utilisée pour élaborer ces documents ;
- les échanges entre Framatome et EDF dans le cadre de la surveillance documentaire exercée par ce dernier.

Les inspecteurs ont rencontré des représentants de Framatome de la Direction Technique et Ingénierie (DTI) et notamment les responsables en charge du suivi de l'élaboration de ces documents ainsi que des membres de la cellule réglementaire.

Un représentant de Bureau Veritas Exploitation, organisme habilité mandaté par l'ASNR pour l'évaluation de la conformité de ces équipements, était présent en tant qu'observateur.

Les membres de votre équipe ont, dans la majorité des cas, pu apporter des réponses pertinentes en séance aux interrogations des inspecteurs. Les inspecteurs ont souligné la transparence et la qualité des échanges qui ont eu lieu au cours de cette inspection.

Une vérification par échantillonnage des qualifications des personnes en charge de l'évaluation de la conformité des documents a été réalisée, sans qu'aucun écart ne soit relevé.

Il apparaît, au vu des éléments présentés, que l'organisation de Framatome répond au besoin du projet. Les inspecteurs ont toutefois constaté que les marges obtenues sont faibles, même si Framatome a rappelé qu'elles respectaient les critères du code RCC-M [3]. Les inspecteurs ont proposé la formulation de quatre demandes de compléments, une demande d'actions correctives n'appelant pas de réponse à l'ASNR et de cinq observations.

Les points notables concernent les sujets repris ci-dessous :

- Note de dimensionnement BF [6] :
 - la justification que les marges obtenues dans la note [6] avec la pression d'épreuve individuelle réglementaire intégrant la décote du $R_{p0,2}(350^{\circ}\text{C})$ ne seront pas revues à la baisse ;
 - la justification que les dispositions prises par Framatome dans le cadre de la modélisation par éléments finis (EF) permettent de garantir de manière robuste que les valeurs de contraintes calculées sont conservatives ;
 - la compatibilité des marges présentées dans la note de dimensionnement BF avec le référentiel exclusion de rupture (EDR).
- Note AZPS fatigue et déformation progressive piquage RIS [7] : la justification des choix de conception pour les zones présentant un facteur d'usage supérieur à 0.5.

I. DEMANDES A TRAITER PRIORITAIREMENT

Sans objet

II. AUTRES DEMANDES

Note dimensionnement branche froide - D02-ARV-01-236-045 [6]

Calculs – pression d'épreuve retenue pour le dimensionnement

La note [6] indique au §3.3.4 la pression retenue pour l'épreuve individuelle réglementaire : $PT_{EH1} = 26,8$ MPa. Cette pression est utilisée comme donnée d'entrée des calculs présentés dans la note.

La note précise cependant que cette pression de 26,8MPa « *ne prend pas en compte la décote du $R_{p0,2}(350^{\circ}\text{C})$. La mise à jour de la SCE prévue au stade 2 conduira à augmenter le taux d'épreuve maximal à 1,75, soit une pression d'épreuve réglementaire de 30,8 MPa.* »

Framatome a expliqué que la décote du $R_{p0,2}$ à chaud [9] a un impact sur le taux d'épreuve. Selon la note de dimensionnement BF au stade 1 [6], le nouveau taux d'épreuve n'a pas été pris en compte, il le sera au stade 2. Au lieu de 26,8 MPa, le taux d'épreuve usine équipement pour la BF passerait à 30,8 MPa.

La note [6] précise ensuite :

« Le Sy à 20°C conforme à la STR pouvant être valorisé, et le taux d'épreuve étant équivalent au ratio des Sy à 20°C et à 350°C, la marge attendue dans le cadre d'une analyse charge limite qui serait réalisée en épreuve hydraulique avec ce taux augmenté serait similaire à celle obtenue en situation de référence.

Par ailleurs, selon la FM1673 du RCC-M 2020, « en cas de dépassement des critères de conception, le taux d'épreuve [...] pourra être réduit dans la limite du taux prévu au B5220 ou C5220, sous réserve de justification. » L'épreuve hydraulique n'est ainsi pas jugée dimensionnante. ».

Demande de complément II.1 : Justifier que les marges obtenues avec la pression d'épreuve individuelle réglementaire intégrant la décote du $R_{p0,2}(350^{\circ}\text{C})$ [9] ne seront pas revues à la baisse.

Calculs – Modélisation / Calculs EF / Analyse de sensibilité du maillage

Les inspecteurs ont questionné Framatome sur l'existence d'une procédure pour réaliser les maillages des modèles éléments finis (EF). Framatome a indiqué ne pas disposer de procédure et que la modélisation repose sur l'expertise des intervenants.

Les inspecteurs ont également demandé si une analyse de sensibilité de la taille du maillage avait été effectuée étant donné les marges très faibles obtenues (1 à 3%) en considérant que la valeur de pic de contraintes peut varier selon la taille de mailles retenue au niveau de la zone présentant la contrainte maximale. Cette analyse n'a pas été faite. La validité des résultats repose sur l'expertise des intervenants.

Demande de compléments II.2 : Justifier que les dispositions prises par Framatome dans le cadre de la modélisation EF (raffinement du maillage, conservatisme du modèle...) permettent de garantir de manière robuste que les valeurs de contraintes fournies en résultats de l'analyse élastique pour les zones des extrémités délardées sont enveloppe des valeurs maximales.

Calculs - Résultats / marges

Les inspecteurs ont interrogé Framatome sur les marges présentées au §4.5 Synthèse. Ces marges concernent l'épaisseur minimale de tenue à la pression au niveau des extrémités délardées. En partie droite et au niveau des coudes, les marges sont faibles (1 à 3% de marge). Ces épaisseurs ont été calculées avec le §B3600 du code RCC-M.

Pour justifier de la tenue de la branche froide, Framatome indique au §5.1 « Analyses Élastiques » que les formules de calculs du §B3641 du code RCC-M [3] peuvent être remplacées par une analyse élastique selon §B3200.

Les résultats de l'analyse élastique pour les zones délardées sont présentés au § 5.1.1.6, § 5.1.2.6 et § 5.1.3.6. Pour les trois zones concernées, il est indiqué que la contrainte admissible est respectée. Cependant, la marge obtenue est très faible ($\approx 1\%$ de marge).

Framatome indique qu'au stade 2, il n'est pas envisagé d'évolution des marges.

Les inspecteurs ont rappelé que l'équipement était sous référentiel exclusion de rupture (EDR). Le référentiel EDR en référence [4] indique en effet que « *la démarche d'exclusion de rupture doit reposer sur des dispositions particulièrement exigeantes en matière de conception [...].* ». Le courrier en référence [11] précise à ce titre, vis-à-vis des marges de conception, qu'il est attendu « *des marges confortables* », « *des objectifs de marge ambitieux* ».

Framatome a indiqué que la note a été soumise à EDF et qu'EDF l'a acceptée.

Demande de compléments II.3 : Les résultats présentés dans la note de dimensionnement BF [6] respectent la contrainte équivalente admissible avec toutefois des marges très faibles (de l'ordre de 1%). Les MCL sont par ailleurs soumises au référentiel EDR [4], dont la démarche doit reposer sur une conception particulièrement exigeante et pour lequel le courrier en référence [11] rappelait concernant les marges de conception qu'il était attendu « *des marges confortables* », « *des objectifs de marge ambitieux* ». Justifier en quoi les marges présentées dans la note [6] répondent aux exigences du référentiel EDR.

Note AZPS - Analyse de fatigue et déformation progressive - Piquage RIS – D02-ARV-01-158-500 [7]

La note [7] indique en conclusion que le piquage Réacteur Injection Sécurité (RIS) / Branches Froides (BF) est prémuni contre le risque de fissuration progressive par fatigue, hormis dans la zone en amont du bec de piquage qui présente un facteur d'usage cumulé (FUC) égal à 0.674.

Le référentiel EDR en référence [4] qui fait partie du référentiel technique de fabrication des branches primaires précise cependant : « *Un facteur d'usage inférieur à 0.5 doit être visé à la conception, en tout point des lignes de tuyauterie. En tout état de cause le facteur d'usage doit être inférieur à 1. Pour les zones dont le facteur d'usage serait compris entre 0.5 et 1, une justification des choix de conception doit être apportée.* ».

La justification des choix de conception RIS/BF EPR2 ne figure pas dans la note [7].

Framatome a présenté lors de l'inspection la note de justification en référence [12]. Cette note a été acceptée par le client EDF. Framatome a toutefois indiqué ne pas pouvoir la transmettre à l'ASNR dans l'immédiat.

Les justifications présentées montrent que chacune des solutions étudiées n'apporte pas d'amélioration du FUC. Certaines solutions permettent d'améliorer le FUC total mais présentent des risques industriels ou des risques vis-à-vis d'autres modes d'endommagement. Framatome indique donc qu'il n'y aura pas d'optimisation de ce FUC au stade 3.

Demande de complément II.4 : Transmettre la note de justification des choix de conception du piquage RIS/BF EPR2 en référence [12].

III. CONSTATS OU OBSERVATIONS N'APPELANT PAS DE REPONSE A L'ASNR

Note de dimensionnement des branches froides [6]

Caducité de la note de dimensionnement MCL

Pour tenir compte de la décote du $R_{p0,2}(350^{\circ}\text{C})$ [9], la note de dimensionnement de l'ensemble des tronçons des branches primaires en référence [5] a été remplacée par trois documents spécifiques respectivement pour le dimensionnement des branches chaudes (BC), des branches froides (BF) et des branches en U (BU). Framatome a indiqué lors de l'inspection que la note de dimensionnement [5] est désormais obsolète mais qu'elle n'est pas annulée à ce stade compte tenu qu'elle traite également de la liaison d'expansion du pressuriseur (LEP) et que cette partie est à ce jour encore d'actualité. Il n'est pas fait mention dans la note de dimensionnement BF du fait qu'elle remplace et annule la note de dimensionnement D02-ARV-01-143-925 Rév. C concernant le dimensionnement des BF.

Demande d'action corrective III.1 : Ajouter dans les trois notes de dimensionnement BF, BU et BC un paragraphe indiquant que ces notes remplacent la note D02-ARV-01-143-925 pour les branches primaires.

Limites de l'équipement

Observation III.2 : Les limites de l'équipement étaient précisées dans la note de dimensionnement en référence [5] désormais obsolète. Elles ne sont pas indiquées dans la note de dimensionnement branches froides [6]. Un paragraphe dédié dans la note de dimensionnement BF [6] ou un renvoi vers le paragraphe concerné de l'ADR serait de nature à clarifier ce point.

Calculs – Modes de ruine calculés

Observation III.3 : La note de dimensionnement BF [6] n'intègre pas le fluage parmi les modes de ruine étudiés. La raison pour laquelle le fluage n'est pas pris en compte dans les modes d'endommagement pour la conception est explicitée dans l'ADR (AMDE D02-ARV-01-143-900 Rév. C). Un paragraphe dédié dans la note de dimensionnement BF [6] ou un renvoi vers le paragraphe concerné de l'ADR serait de nature à clarifier ce point.

REX EPR

La note de dimensionnement mentionne à plusieurs reprises un REX EPR. Framatome a cependant expliqué lors de l'inspection qu'il n'y a pas de REX formalisé pour EPR.

Observation III.4 : Le REX mentionné à plusieurs reprises dans la note n'est pas un REX au sens de l'analyse des projets EPR mais plutôt une reconduction de choix de conception EPR (FA3 et HPC). Un nota dans la note de dimensionnement permettrait de clarifier cela.

Note AZPS – Analyse de rupture brutale - Soudures entrée et sortie cuve – D02-ARV-01-173-086 [8]

REX EPR

Observation III.5 : Le REX EPR mentionné dans la note [8] n'est pas référencé. Il serait utile de préciser que ce REX est issu du dossier d'analyse de rupture brutale FA3 MCL.

Méthode de relaxation

Observation III.6 : Les critères de niveau C et de niveau D d'analyse de rupture brutale (annexes ZG 3433 et ZG 3434 du code RCC-M [3]) ne sont pas vérifiés, en branches chaudes, avec des facteurs de marge supérieurs à 1 (0.42 en 3^{ème} catégorie et 0.54 en 4^{ème} catégorie).

Framatome a expliqué que ces marges inférieures à 1 sont obtenues pour les transitoires impactés par le phénomène d'écart physique de dôme (EPD). Framatome explique que ce phénomène induit des chargements très conservatifs. Afin de diminuer les chargements liés à ce phénomène d'EPD, Framatome a expliqué avoir appliqué une méthode de relaxation, codifiée à l'annexe A16 du RCC-MR (code de conception pour les réacteurs expérimentaux) pour le palier 1300 MWe et l'EPR FA3.

Framatome a présenté lors de l'inspection la méthode pour le palier 1300 MWe en référence [13] et indique être en cours de déclinaison de cette méthode pour EPR2. L'application de cette méthode de relaxation permet de retrouver des facteurs de marge supérieurs à 1 (1.74 en 3^{ème} catégorie par exemple pour le palier 1300 MWe).

La note d'application de la méthode de relaxation des chargements secondaires de l'EPD pour EPR2 devra être transmise à l'ASN dans le cadre de l'évaluation de conformité des tuyauteries primaires. Sa validité fera l'objet d'une instruction de l'ASNR.

*
* * *

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 et répondre aux demandes. 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'ASNR (www.asnr.fr).

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

L'adjoint au chef du BECEN

SIGNE

Francis BONZON

Modalités d'envoi à l'ASNR

Les envois électroniques sont à privilégier.

Envoi électronique d'une taille totale supérieure à 5 Mo : les documents, regroupés si possible dans une archive (zip, rar...), sont à déposer sur la plateforme de l'ASNR à l'adresse <https://francetransfert.numerique.gouv.fr/upload>, où vous renseignerez l'adresse courriel de votre interlocuteur, qui figure en en-tête de la première page de ce courrier, ainsi que l'adresse mail de la boîte fonctionnelle de l'entité, qui figure au pied de la première page de ce courrier. Un mail automatique vous sera envoyé ainsi qu'aux deux adresses susmentionnées.

Envoi électronique d'une taille totale inférieure à 5 Mo : à adresser à l'adresse courriel de votre interlocuteur, qui figure en en-tête de la première page de ce courrier, ainsi qu'à la boîte fonctionnelle de l'entité, qui figure au pied de la première page de ce courrier.

Envoi postal : à adresser à l'adresse indiquée au pied de la première page de ce courrier, à l'attention de votre interlocuteur (figurant en en-tête de la première page).

Vos droits et leur modalité d'exercice

Un traitement automatisé de données à caractère personnel est mis en œuvre par l'ASNR en application de l'article L. 592-1 et de l'article L. 592-22 du code de l'environnement. Conformément aux articles 30 à 40 de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, toute personne concernée bénéficie d'un droit d'accès et de rectification (le cas échéant) à ses informations à caractère personnel. Ce droit s'exerce auprès de l'ASNR par courrier - 15, rue Louis Lejeune – CS 70013 – 92541 Montrouge cedex - ou courrier électronique contact.DPO@asnr.fr

Les envois électroniques sont à privilégier.

Références :

- [1] Code de l'environnement, notamment les parties législative et réglementaire Livre V Titre V Chapitre VII
- [2] Arrêté du 30 décembre 2015 modifié relatif aux équipements sous pression nucléaires et à certains accessoires de sécurité destinés à leur protection
- [3] Règles de conception et de construction des matériels mécaniques des îlots nucléaires REP - RCC-M édition 2018
- [4] Note EDF ENM-PPPPPP-AU-NPP-REP-0003209 révision B - Référentiel de sûreté associé aux « Composants Non Ruptibles » et à la démarche « Exclusion De Rupture » DVS-DEP-ATR-195368-2024, qui a été intégrée, après le GP ESPN du 24 janvier 2023 et la lettre de suite CODEP-DEP-2023-0122015, au rapport préliminaire de sûreté du palier EPR2, chapitre 3.4.2 (DVS-DEP-ATR195377-2024) et chapitre 5.3.3.2 (DVS-DEP-ATR-195378-2024)
- [5] Note de dimensionnement branches primaires – D02-ARV-01-143-925 Rév. C

- [6] Note dimensionnement branche froide - D02-ARV-01-236-045
- [7] Note AZPS - Analyse de fatigue et déformation progressive - Piquage RIS – D02-ARV-01-158-500
- [8] Note AZPS – Analyse de rupture brutale - Soudures entrée et sortie cuve – D02-ARV-01-173-086
- [9] Note Framatome D02-ARV-01-236-642 rév. B du 30/04/2024 - Branches primaires EPR2 – Stratégie de prise en compte du phénomène d'écroûssage thermique à l'hypertrempe
- [10] Document EDVANCE – « EPR2 – Système RCP – Exigences applicables au Tuyauteries des boucles primaires et à la LEP » - ENM-PEDVCE-AU-RCP-SPT-0026826 révision B
- [11] CODEP-DEP-2021-040803 du 22 octobre 2021 – Projet de réacteur de type EPR2 – Instruction du référentiel d'application de la démarche d'exclusion de rupture et des modalités de sa mise en œuvre
- [12] Note Framatome D02-ARV-01-209-497 rév. B du 27/07/2023 - EPR2 MCL - Justification du design du Piquage RIS Branche Froide
- [13] Méthode prédictive de relaxation des efforts secondaires dans les tuyauteries primaires approche théorique – Palier 1300 MWe – D02-ARV-01-063-604 – rév. D