

Monsieur le Directeur de la Direction des Centrales Nucléaires

Fontenay-aux-Roses, le 9 juillet 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00076 DU 9 JUILLET 2025

Objet : EDF – REP – Tenue du tube de transfert au séisme Noyau Dur pour les réacteurs de 900 MWe, 1300 MWe et 1450 MWe.

Références : [1] Lettre ASN – CODEP-DCN-2024-004313 du 27 Mai 2024.
[2] Lettre ASN – CODEP-DCN-2024-027230 du 10 décembre 2024.
[3] Lettre ASN – CODEP-DCN-2024-029972 du 13 juin 2024.

Par la saisine citée en référence [1], l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier d'EDF de démonstration de la tenue du tube de transfert au séisme Noyau Dur (SND)¹ pour les réacteurs de 900 MWe, 1300 MWe et 1450 MWe.

Plus précisément, l'ASN demande à l'IRSN de lui faire part de son avis sur :

- la méthodologie retenue par EDF pour démontrer l'étanchéité du tube de transfert au SND sur l'ensemble des paliers, indépendamment des réexamens périodiques (RP) ;
- la pertinence de la mise en œuvre de cette méthodologie, sur la base du cas d'application de cette méthodologie pour démontrer l'étanchéité au SND des tubes de transfert du CNPE du Tricastin.

De plus, conformément à la saisine [1], le périmètre de l'expertise ne couvre pas la tenue au séisme des autres équipements attenants au tube de transfert et ne considère pas le risque d'agression du tube de transfert par ces équipements. Les questions de la manœuvrabilité du chariot et de la tenue au SND de la voie de roulement du chariot à l'intérieur du tube de transfert sont exclues du périmètre de la présente expertise.

Au 1^{er} janvier 2025, l'ASN et l'IRSN sont devenus l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Le présent avis d'expertise de la Direction de l'expertise en sûreté de l'ASNR vient en réponse à la lettre citée en référence.

De l'évaluation du dossier transmis, tenant compte des compléments apportés par EDF au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté expose les principaux points développés ci-après.

1. DESCRIPTION DU TUBE DE TRANSFERT

Le bâtiment combustible (BK) abrite la piscine de stockage et de désactivation des éléments combustibles irradiés, dans laquelle sont effectuées les opérations de réception du combustible neuf et d'expédition du combustible usé. La communication avec le bâtiment réacteur (BR) s'effectue par l'intermédiaire du tube de transfert qui permet de

¹ Le séisme Noyau Dur correspond au niveau de séisme à retenir pour le dimensionnement des éléments constitutifs du « noyau dur » mis en place dans le cadre du retour d'expérience de l'accident survenu en 2011 sur la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi au Japon.

transporter les assemblages de combustible sous eau entre les piscines du BR et celle du BK lors des arrêts pour renouvellement du combustible des réacteurs à eau pressurisé.

Pour les paliers CP0 et CPY (900 MWe), le tube de transfert traverse successivement la paroi de la piscine du BR, l'enceinte du BR et la paroi de la piscine du BK. Pour les paliers P4, P'4 (1300 MWe) et N4 (1450 MWe), le tube de transfert traverse successivement la paroi de la piscine du BR, les deux enceintes du BR et la paroi de la piscine du BK.

Le tube de transfert est fixé au niveau d'un point fixe soudé sur un fourreau en acier ferritique scellé dans l'enceinte du BR (ou bridé au génie civil). Sur les paliers CP0, CPY et P4, il est également en appui sur des vis-vérins situées à l'interface avec le fourreau. À son extrémité côté BK, un ressort vertical est installé au niveau de la vanne d'isolement du système PTR² pour le palier CPY³. Sur les paliers P4, P'4 et N4, deux ressorts, l'un horizontal et l'autre vertical, sont installés au niveau la vanne PTR. Une tige ferme le tube côté BR et est retirée uniquement pendant les phases d'arrêt pour rechargement (APR). Ainsi, le tube de transfert est équipé de chaque côté d'un dispositif assurant l'étanchéité. Au niveau des traversées BR et BK, l'étanchéité entre le liner des piscines et le tube de transfert est assurée par le châssis en acier inoxydable, scellé dans le voile, et par un compensateur à ondes⁴. Le transfert des assemblages est réalisé par un chariot convoyeur, qui se déplace sur un chemin de voie de roulement horizontal passant à travers le tube de transfert.

2. EXIGENCES DE SÛRETÉ DU TUBE DE TRANSFERT

Afin de procéder au transfert des assemblages de combustible pendant les phases de chargement et de déchargement, les deux compartiments de transfert des piscines BR et BK sont mis en eau. Sous sollicitation SND, l'enjeu de sûreté est la vidange des piscines et la perte de l'inventaire en eau. Pour résorber ce risque, le maintien de l'étanchéité du tube de transfert sous SND doit être garanti.

3. MÉTHODE DE VÉRIFICATION DE LA TENUE AU SND DU TUBE DE TRANSFERT

La démonstration de la tenue mécanique du tube de transfert au SND est établie en utilisant un modèle de comportement par éléments finis. Pour chacun des paliers, EDF détermine par une analyse de sensibilité la position la plus pénalisante du chariot dans le tube. Cette position correspond au cas où les galets les plus chargés du chariot sont positionnés à mi-portée entre le point fixe et l'appui de la vanne PTR. **Pour la Direction de l'expertise en sûreté, en absence d'appui au niveau de la vanne PTR, cette position ne s'applique pas au tube de transfert du palier CP0.** Au cours de l'expertise, EDF a déterminé une nouvelle position pénalisante pour le palier CP0 et a confirmé sa prise en compte dans les dernières études de robustesse du tube de transfert des réacteurs du CNPE du Bugey. EDF a également annoncé mettre à jour sa note de méthodologie pour intégrer cette spécificité. **Ceci est satisfaisant sur le principe. Toutefois, dans le cadre des orientations de la phase générique du cinquième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, l'ASN a demandé à EDF de se positionner sur les améliorations potentielles à apporter vis-à-vis des spécificités des réacteurs du CNPE du Bugey (cf. demande n° 9 du courrier [2]). Dans ce cadre, il appartient à EDF de se positionner sur la pertinence d'améliorer le supportage de la vanne d'isolement du système PTR sur les réacteurs du palier CP0.**

Dans ses études, EDF vérifie par des calculs de contraintes mécaniques le respect des critères de niveau D⁵ des Règles de Conception et de Construction des Matériels Mécaniques des Îlots nucléaires (RCC-M), tout en s'assurant que les déplacements relatifs des extrémités des compensateurs BR et BK restent dans leurs plages de fonctionnement et que la vanne PTR reste en appui sur son support. Lorsque les critères de niveau D sont dépassés, EDF détermine le niveau de plastification de l'éléments concerné, qu'il compare à l'allongement à rupture du matériau de 30 %. **Pour la Direction de l'expertise en sûreté, ce critère ne doit pas être appliqué**

² PTR : système de traitement et de refroidissement de l'eau des piscines.

³ Sur le palier CP0, il n'y a pas de support de vanne.

⁴ Le compensateur à ondes est conçu pour se déformer et autoriser les déplacements du tube de transfert autour de son point d'appui. Le compensateur est plus mince que le tube de transfert et constitue un maillon de la chaîne d'étanchéité.

⁵ Le critère de niveau D vise à prémunir l'équipement contre les dommages d'instabilité élastique, instabilité plastique et instabilité élastoplastique.

pour un équipement qui doit assurer l'étanchéité sous séisme, en l'occurrence le tube de transfert. Les contraintes mécaniques calculées au niveau du tube de transfert du CNPE du Tricastin respectent les critères de niveau D. Toutefois, la Direction de l'expertise en sûreté constate que la méthode d'EDF est commune à l'ensemble des paliers, et qu'à date, l'ensemble des études ne sont pas disponibles. À cet égard, EDF a confirmé que, pour les études en cours de réalisation, le critère d'allongement à rupture de 30 % ne sera pas considéré dans le cas où une étude élastoplastique complémentaire s'évélerait nécessaire. **Ceci est satisfaisant. Néanmoins, dans le cadre des échanges techniques, EDF n'a pas défini un critère en déformation plastique admissible en cas de dépassement du critère de niveau D pour le tube de transfert. En tout état de cause, il appartiendra à EDF de justifier que l'étendue des déformations irréversibles, ainsi que la valeur admissible retenue, ne remettent pas en cause l'exigence d'étanchéité du tube de transfert.**

EDF considère que la prise en compte des déplacements différentiels non sismiques dépend des réglages effectués au niveau des différents appuis (châssis côté BK et BR ainsi les appuis de la vanne PTR). Pour les réacteurs du CNPE de Civaux (N4), l'appui vertical de la vanne PTR n'est pas contrôlé périodiquement. Néanmoins, EDF considère que les déplacements différentiels non sismiques entre le BK et le BR, liés au fluage, au retrait différentiel et au tassement statique à appliquer à cet appui sont limités à une valeur déterminée à la conception et qui a servi au calcul de la précontrainte du ressort vertical. **Pour la Direction de l'expertise en sûreté, en l'absence de contrôles périodiques de l'appui vertical de la vanne PTR, EDF n'a pas démontré la maîtrise de l'évolution des déplacements différentiels non sismiques et la validité de l'hypothèse retenue. À ce titre, la Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF intègre dans sa documentation d'exploitation le contrôle périodique de l'appui vertical de la vanne PTR des réacteurs du CNPE de Civaux (cf. recommandation rappelée en Annexe du présent avis d'expertise).**

Le choix des points de calculs des déplacements différentiels d'origine sismique n'appelle pas de commentaire. **Néanmoins, la Direction de l'expertise en sûreté estime que les déplacements différentiels liés au séisme ainsi que les spectres de planchers doivent être déterminés en cohérence avec les études de résistance structurelle des ouvrages concernés ; cette cohérence concerne en particulier le niveau d'endommagement des éléments structuraux. Ce point fait notamment l'objet de la demande n° 8 du courrier [3] relatif à la justification de la résistance structurelle des BK des réacteurs de 900 MWe vis-à-vis d'un séisme de niveau Noyau Dur.**

Pour ce qui concerne la prise en compte de la part inertielle du séisme, la démarche d'EDF consiste à déterminer les spectres enveloppes entre le BK et le BR à appliquer au tube de transfert, en tenant compte des configurations spécifiques à chaque palier. Bien que le chariot, dans sa configuration la plus pénalisante, constitue une liaison potentielle entre le chemin de roulement du châssis BK et celui à l'intérieur du tube, EDF considère que les spectres BK induisant des efforts dynamiques au niveau du châssis BK ne sont pas transmis au tube via le chariot. Pour EDF, cela se justifie par le fait que celui-ci est roulant ou glissant sur le chemin de roulement. De plus, EDF a estimé, au cours de l'expertise, pour les paliers CP0 et CPY, les raideurs du chariot dans les directions transversale et verticale. Ces raideurs⁶ sont jugées faibles et largement inférieures à la raideur des compensateurs⁷ BK de ces deux paliers, **ce qui est satisfaisant.**

4. VÉRIFICATION DE LA TENUE AU SND DU TUBE DE TRANSFERT DU CNPE DU TRICASTIN

EDF vérifie la tenue au SND du tube de transfert du CNPE du Tricastin en appliquant la méthode exposée au paragraphe précédent. La Direction de l'expertise en sûreté constate que la modélisation de la voie de roulement du chariot à l'intérieur du tube de transfert ne correspond pas aux règles de l'art. En effet, dans sa modélisation, EDF considère que les vis et les goupilles reprennent à la fois les efforts de cisaillement. Par ailleurs, la Direction

⁶ EDF a estimé au cours de l'expertise les raideurs en vertical et en transversal du chariot des paliers CP0 et CPY, car pour le palier CP0, EDF ne considère pas les spectres BK (absence d'appui vanne) et pour le palier CPY (appui vertical sous la vanne), EDF considère uniquement le spectre BK en vertical au niveau de l'appui vertical de la vanne PTR. Pour les paliers P4, P'4 et N4, qui disposent d'un appui en vertical et en transversal au niveau de la vanne PTR, EDF applique les spectres enveloppes entre le BK et le BR dans les trois directions.

⁷ Le rôle du compensateur est entre autres d'absorber les vibrations et donc la part inertielle du séisme, par conséquent, le chariot ayant des raideurs inférieures à celle du compensateur BK, il ne transmet donc pas au tube les efforts dynamiques provenant du châssis BK, sur lequel il repose.

de l'expertise en sûreté s'interroge sur la transmission des efforts entre la cornière supérieure et le plat de roulement, qui ne correspond pas au comportement réel de la voie de roulement. **À cet égard, la voie de roulement du chariot ne faisant pas partie du périmètre de cette expertise, il appartiendra à EDF d'analyser l'impact d'une modélisation reflétant le comportement réel de la voie de roulement sur sa tenue mécanique ainsi que celle de ses fixations.**

Les résultats des calculs des contraintes mécaniques mettent en évidence le respect des critères de niveau D au niveau du tube de transfert lui-même. Les déplacements différentiels aux extrémités des compensateurs BK et BR restent dans leurs plages de fonctionnement respectives. Le recours à un tassement statique côté BK enveloppe aux quatre tranches du CNPE du Tricastin comme donnée d'entrée conduit à la perte de l'appui de la vanne du système PTR. A cet égard, EDF a réalisé une étude au SND en considérant les tassements tranche par tranche afin d'évaluer leur impact sur l'appui de la vanne. Les résultats de cette étude mettent en évidence l'absence de perte de l'appui de la vanne du système PTR, **ce qui est satisfaisant.**

5. ÉTUDE DE L'INFLUENCE DES DÉPLACEMENTS DIFFÉRENTIELS NON SISMIQUES

EDF a analysé l'impact de l'évolution des tassements statiques entre les bâtiments BR et BK sur le comportement mécanique du tube de transfert du palier CPY. Cette étude est réalisée conformément à la méthode décrite au paragraphe 3, en considérant une large gamme⁸ de tassements statiques entre le BR et le BK et un séisme de niveau SMS⁹ VD¹⁰3. L'étude portant sur la sensibilité du tube de transfert vis-à-vis des déplacements différentiels non sismiques, **la Direction de l'expertise en sûreté estime que les déplacements différentiels et les spectres retenus sont acceptables pour cette étude.** EDF précise que cette étude de sensibilité pourrait être utilisée pour évaluer l'impact d'une augmentation des tassements statiques, en déterminant des pourcentages d'augmentation à appliquer sur les contraintes / déplacements. **Pour la Direction de l'expertise en sûreté, l'utilisation de cette méthode comme analyse de premier niveau est acceptable.** La Direction de l'expertise en sûreté relève que l'étude de sensibilité réalisée par EDF permet de déterminer une tendance sur l'influence des tassements statiques sur le comportement du tube de transfert et d'identifier les composants présentant une sensibilité vis-à-vis des tassements statiques, en particulier le compensateur côté BK, **ce qui est satisfaisant.**

6. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés, en tenant compte des informations apportées par EDF au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté estime que la méthode retenue par EDF pour justifier le maintien de l'étanchéité des tubes de transfert du parc existant est satisfaisante. La Direction de l'expertise en sûreté estime que le maintien de l'étanchéité sous SND du tube de transfert des réacteurs du CNPE du Tricastin est démontré par EDF.

Toutefois, afin de confirmer le bon comportement du tube de transfert des réacteurs du CNPE de Civaux, EDF devra tenir compte de la recommandation formulée dans le présent avis d'expertise et rappelée en annexe.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté

⁸ Les différents jeux de tassements ont été établis de manière à couvrir les différentes configurations que le tube de transfert peut rencontrer.

⁹ Séisme majoré de sécurité.

¹⁰ 3^{ème} visite décennale.

ANNEXE

Recommandation de la Direction de l'expertise en sûreté

La Direction de l'expertise en sûreté recommande qu'EDF intègre dans sa documentation d'exploitation le contrôle périodique de l'appui vertical de la vanne PTR des réacteurs du CNPE de Civaux.