

Fontenay-aux-Roses, le 16 mai 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de  
sûreté nucléaire

Avis IRSN/2019-00105

Objet : EDF - Réacteur électronucléaire n°1 du CNPE de Nogent-sur-Seine - Retrait de manchettes thermiques sur les positions non grappées du cercle 3 du couvercle de cuve pour une durée de 2 cycles

Réf. [1] Lettre ASN - CODEP-DCN-2019-020453 du 2 mai 2019.

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a évalué l'acceptabilité, vis-à-vis de son impact thermohydraulique, du retrait de manchettes thermiques sur les positions non grappées du cercle 3 du couvercle de cuve du réacteur n°1 de la centrale nucléaire EDF de Nogent-Sur-Seine, pour une durée de deux cycles.

### 1. Contexte et historique

Le 13 décembre 2017, l'exploitant du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire a constaté un blocage à la manœuvre de la grappe de commande<sup>1</sup> en position centrale du cœur. Cet événement a conduit les opérateurs à arrêter le réacteur et à le ramener dans le domaine d'exploitation « réacteur complètement déchargé ». Après la dépose du couvercle de cuve, un anneau métallique détaché entravant la course de la grappe, appelé « collerette », a été identifié puis extrait. Cet anneau provient de la partie supérieure de la manchette thermique de l'adaptateur, qui supporte le mécanisme de commande de grappe (MCG).

Suite à cet incident, EDF a estimé sur l'ensemble du parc en exploitation, lors de la dépose des couvercles de cuve, l'usure des manchettes thermiques et des adaptateurs de couvercle de cuve en regard par un contrôle d'altimétrie de la tulipe inférieure de la manchette thermique (Figure 2 en Annexe 1).

Les résultats de ces contrôles ont conduit au remplacement ou à la mise en place de manchettes thermiques équipées de bagues de compensation sur le réacteur n°1 de la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine, sur les réacteurs n°3 et 4 de la centrale nucléaire de Paluel et sur les réacteurs n°1 et 2 des centrales nucléaires de Belleville-sur-Loire et de Saint-Alban. Ces

Adresse Courrier  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

Siège social  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre 8 440 546 018

---

<sup>1</sup>Pour contrôler la réaction nucléaire dans le cœur du réacteur, l'exploitant dispose de deux moyens principaux :  
(i) ajuster la concentration de bore dans l'eau du circuit primaire, le bore ayant la propriété d'absorber les neutrons produits par la réaction nucléaire,  
(ii) introduire les grappes de commande, qui contiennent des matériaux absorbant les neutrons, dans le cœur ou les en retirer.

contrôles ont également mis en évidence un affaissement de manchettes thermiques sur les traversées ne comportant pas de grappes de commande (dites « non-grappées ») des couvercles de cuve des réacteurs du palier 1300 MWe.

Afin de traiter ce problème pour les manchettes thermiques en positions non grappées, EDF a initialement déposé une demande de modification matérielle générique aux réacteurs de 1300 MWe. Cette modification consiste à déposer une ou plusieurs manchette(s) thermique(s) sur une ou des traversée(s) non grappée(s) du couvercle de cuve appartenant au cercle 3<sup>2</sup> (voir Figure 1 en Annexe 1) sans installer de manchette thermique de remplacement, pour les manchettes présentant un seuil d'usure supérieur au critère de réparation<sup>3</sup>. Le premier réacteur concerné par cette modification est le réacteur n°1 de la centrale de Nogent-sur-Seine, lors de son arrêt prévu en 2019.

#### Enjeux de la modification

Le remplacement ou la réparation d'une manchette thermique nécessite au préalable la dépose du MCG<sup>4</sup>, opération dont le coût dosimétrique pour les intervenants est notablement plus élevé que celui associé à un simple retrait de la manchette par le dessous du couvercle de cuve. Ainsi, pour une position non grappée, cette stratégie permet de réduire fortement la dosimétrie intégrée par les intervenants sur site.

En revanche, il convient de s'assurer que ce retrait n'engendre pas de régression vis-à-vis de la sûreté.

#### Rôle de la manchette thermique : lien avec les écoulements dans le tube d'adaptateur

La manchette thermique remplit les fonctions suivantes :

- le cône de guidage permet de recentrer la tige de commande lors de la fermeture de la cuve en arrêt de tranche ;
- en cas de chute de grappe, le mouvement d'eau vers le haut du MCG soulève la manchette thermique, ce qui augmente la section de passage de l'eau, diminue la perte de charge et donc le temps de chute de grappe ;
- en cas de remontée de grappe, l'eau, plus froide que celle présente dans le couvercle de cuve, chassée du haut du MCG descend uniquement dans l'espace à l'intérieur de la manchette thermique. La soudure de l'adaptateur sur le couvercle (voir Figure 2 en Annexe 1) est ainsi protégée des chocs thermiques froids ;
- en l'absence de mouvement de grappe, la manchette limite les remontées d'eau chaude sous le couvercle vers les MCG via l'établissement d'une boucle de thermosiphon : l'eau chaude monte entre la manchette et le tube d'adaptateur et l'eau froide descend à l'intérieur de la manchette.

<sup>2</sup> Les manchettes thermiques situées vers le centre du couvercle sont plus sujettes à la problématique d'usure. Les manchettes thermiques situées en périphérie sont moins concernées.

<sup>3</sup> EDF a défini un critère d'usure conservatif correspondant à la hauteur d'usure maximale de la bride de la manchette permettant de définir la limite à ne pas dépasser afin d'exclure la formation d'une collerette. Si ce critère est dépassé, des actions de maintenance sont à prévoir.

<sup>4</sup> Pour l'arrêt de tranche de Nogent 1 prévu en 2019, indépendamment de cette modification, aucun dépôt de MCG n'est à ce jour envisagé par EDF.

Seul le dernier point est à considérer pour la présente analyse, puisque la demande de modification concerne une position non grappée. La principale conséquence du retrait d'une manchette thermique au niveau d'une position non grappée est donc la modification de la boucle de thermosiphon établie grâce à la présence de la manchette. Compte tenu de la géométrie très élancée d'un tube d'adaptateur (cylindre creux de 6,3 m de long), l'écoulement de convection naturelle qui s'établit en cas de retrait de la manchette thermique est complexe : il est susceptible de générer des instabilités thermohydrauliques, de nature à induire un risque de fatigue thermique en paroi du tube de l'adaptateur. Par conséquent, la tenue mécanique des matériels soumis à ces chargements thermohydrauliques doit être justifiée.

## **2. Impact de la modification**

L'impact de la suppression d'une manchette thermique est évalué par EDF à partir du Dossier d'analyse du comportement (DAC) des MCG, qui tient compte de la présence des manchettes thermiques.

EDF a transmis un dossier de justification analysant l'impact du retrait de la manchette thermique vis-à-vis de la tenue mécanique, pour les différentes zones concernées (Figure 2), à savoir :

- le tube d'adaptateur et sa soudure en surface interne de la calotte (zone singulière car sensible à la fatigue thermique) ;
- la bride d'adaptateur (hors joint CANOPY) ;
- le joint CANOPY (zone sensible à la fatigue thermique).

### **Impact de la modification sur le tube d'adaptateur et sa bride (hors zone singulière)**

Pour le tube d'adaptateur, EDF valorise les conservatismes retenus dans l'analyse initiale, notamment la prise en compte d'un coefficient d'échange thermique infini entre le fluide et la paroi, qui permettent de couvrir la configuration sans manchette thermique. Pour la bride d'adaptateur (hors joint CANOPY), EDF a réévalué les marges des calculs mécaniques, qui restent conséquentes, en proposant une nouvelle estimation du coefficient d'échange thermique. **Concernant ces deux zones, l'IRSN n'a pas de remarque particulière, étant donnés les conservatismes retenus dans le calcul mécanique et les marges estimées.**

### **Impact de la modification sur le joint CANOPY et la zone singulière du tube d'adaptateur**

Le risque identifié pour le joint CANOPY et la zone singulière du tube d'adaptateur est un risque de fissuration par fatigue thermique. En cas de fissure au niveau d'une de ces zones, l'intégrité du circuit primaire pourrait être compromise, du fait de l'apparition d'une fuite au niveau du couvercle de cuve. EDF estime par argumentaire que la suppression de la manchette thermique a peu d'impact sur les écoulements dans le tube adaptateur et considère applicable l'analyse initiale relative au risque de fissuration par fatigue thermique.

Or, comme indiqué ci-dessus, en l'absence de manchette thermique, l'écoulement au sein du tube d'adaptateur est fortement modifié. Une démonstration spécifique doit donc être apportée sur ce point, l'argumentaire initial présenté par EDF étant insuffisant.

Au cours de l'expertise, EDF a apporté des éléments quantitatifs visant à démontrer l'absence de nocivité des instabilités thermohydrauliques survenant au sein du tube d'adaptateur, vis-à-vis des contraintes mécaniques. Ces éléments s'articulent autour de deux volets : des calculs de thermohydraulique locale permettant de représenter la dynamique des écoulements dans un tube d'adaptateur sans manchette thermique en régime permanent, ainsi qu'une analyse mécanique paramétrique pour évaluer le chargement limite en termes de fatigue thermique. La comparaison de ces éléments met en évidence l'existence de marges importantes vis-à-vis du risque de fissuration par fatigue pour cette zone. De plus, ces analyses présentent des conservatismes, tant dans le calcul thermohydraulique (coefficient d'échange fluide/paroi retenu, température fluide en entrée de l'adaptateur), que dans le calcul mécanique.

L'IRSN souligne toutefois que les calculs de thermohydraulique locale présentés constituent des éléments d'appréciation, et non de démonstration, compte tenu de l'absence de dossier de validation démontrant la capacité du logiciel valorisé à représenter quantitativement les variations de température fluide en paroi du tube d'adaptateur dans cette configuration.

De plus, ces évaluations, menées en régime permanent, n'évaluent pas l'influence des transitoires et des fluctuations thermohydrauliques (de pression, température et de débit) subis par le réacteur pendant son fonctionnement sur les écoulements dans le tube d'adaptateur. Par conséquent leur impact sur les marges mécaniques affichées n'est pas évalué. **Il n'est donc pas possible à ce stade de s'assurer que les conservatismes retenus par ailleurs permettent de couvrir cette réserve.**

### **3. Restrictions de la portée de la modification**

Étant donnés les délais contraints de l'expertise et les réserves présentées ci-dessus, évoquées en réunion avec EDF et l'ASN le 18 avril 2019, EDF a restreint la présente demande de modifications aux « *positions non grappées du cercle 3 [qui présenteront un seuil d'usure supérieur au critère de réparation lors des contrôles altimétriques réalisés en début d'arrêt de tranche de 2019] du couvercle de cuve 1300 MWe de Nogent 1 pour une durée de deux cycles* ».

La restriction de la modification à une durée de deux cycles d'une part, ainsi que les conservatismes (indiqués ci-dessus) valorisés dans la démonstration d'EDF d'autre part, permettent d'augmenter la marge vis-à-vis du risque de fissuration par fatigue.

De premières évaluations réalisées par l'IRSN tendent également à montrer que des fluctuations de conditions aux limites à l'entrée d'un tube d'adaptateur en l'absence de manchette thermique ne sont pas de nature à modifier fondamentalement la structure de l'écoulement à l'intérieur de celui-ci.

Enfin, en fin d'expertise, EDF a précisé les dispositions matérielles et organisationnelles mises en œuvre permettant de détecter une éventuelle fuite au sein du circuit primaire au cours de l'exploitation du réacteur.

De plus, EDF a indiqué qu'un contrôle télévisuel d'absence de désordre, de fuite et de défaut d'aspect de surface au niveau des joints CANOPY sera réalisé après l'épreuve hydraulique du circuit primaire, lors de la Visite Décennale en cours. Il sera suivi par un contrôle visuel d'examen global des joints CANOPY lors de l'arrêt pour simple rechargement de 2021 et lors de

la visite périodique de 2022. Ces contrôles sont prévus dans le cadre du programme de base de maintenance préventive (PBMP).

Compte tenu de l'ensemble de ces éléments, l'IRSN estime qu'un endommagement du tube d'adaptateur ou du joint CANOPY à la suite d'une fissuration par fatigue thermique ne devrait pas survenir au cours des deux prochains cycles de fonctionnement de la tranche de Nogent 1, et considère que les moyens mis en œuvre en terme de suivi en exploitation sont suffisants pour détecter, le cas échéant, une éventuelle fuite. Enfin, les contrôles en arrêt de tranche permettront de s'assurer de l'absence de fuite au niveau des joints CANOPY.

#### **4. Conclusion**

En conclusion, au vu des derniers éléments présentés par EDF, l'IRSN estime que la modification, consistant en la suppression de la manchette thermique sur les positions non grappées du cercle 3 du couvercle de la cuve du réacteur n°1 de Nogent pour une durée limitée à deux cycles de fonctionnement, est acceptable, et permettra de limiter la dosimétrie pour les intervenants qui serait induite par un remplacement des manchettes concernées.

Enfin, en vue d'aboutir à une démonstration générique pour les réacteurs de 1300 MWe avant la fin des deux prochains cycles du réacteur n°1 de Nogent, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF conforte son dossier notamment pour couvrir l'ensemble des situations de fonctionnement des réacteurs concernés.

Pour le Directeur général et par délégation,

Olivier DUBOIS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN/2019-00105 du 16 mai 2019

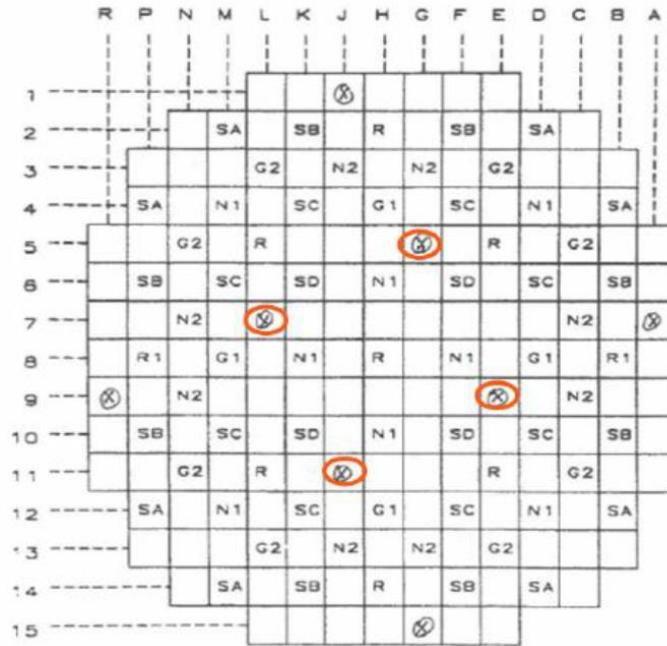


Figure 1 : positions non grappées objets de la modification

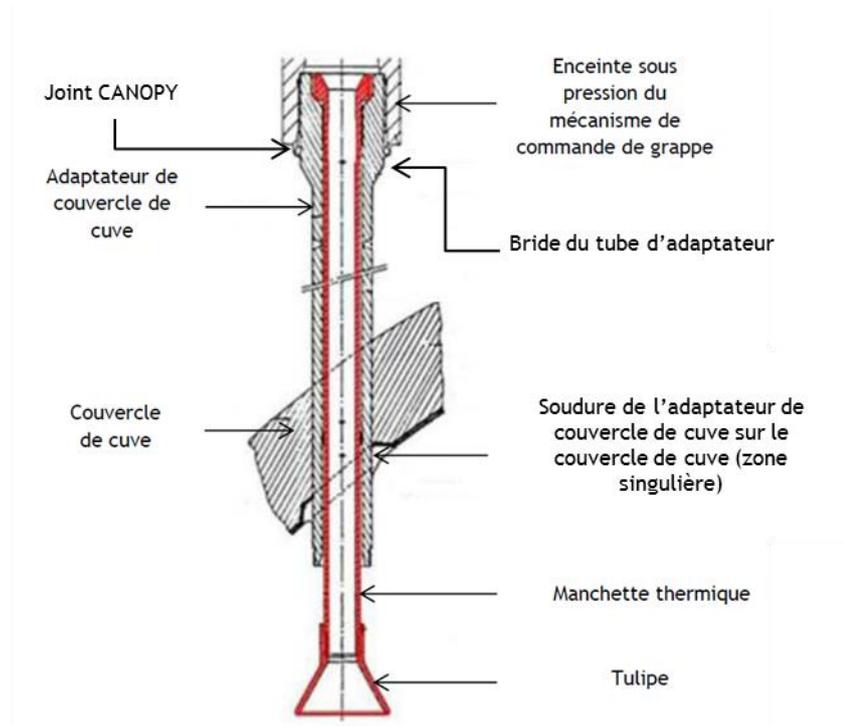


Figure 2 : schéma d'un adaptateur de guide de grappe et de sa manchette thermique (en rouge).