

Fontenay-aux-Roses, le 19 novembre 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00303

Objet : Manchonnage de tubes de GV du palier 1300 MWe. Tenue à la corrosion de l'assemblage, procédés de contrôles et d'essais non destructifs.

Réf. [1] Lettre CODEP-DEP-2018-034673 du 9 juillet 2018

[2] Avis IRSN/2017-00038 du 30 janvier 2017

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné l'acceptabilité, au plan de la sûreté, de la mise en œuvre d'un procédé de manchonnage de tubes des générateurs de vapeur (GV) pour des réacteurs de 1300 MWe en tenant compte du risque de corrosion des assemblages manchonnés en service et des contrôles et examens non destructifs prévus par EDF.

En effet, pour limiter le taux de fuite vers le circuit secondaire lors de l'épreuve hydraulique du circuit primaire principal, EDF a demandé à mettre en œuvre un procédé de manchonnage des tubes de GV sur des réacteurs de 1300 MWe. L'objectif de cette intervention est, pour des tubes de GV déjà fissurés dans la zone située juste au-dessus de la plaque à tube du côté chaud du générateur de vapeur, de limiter les fuites par la pose à l'intérieur des tubes d'un manchon expansé en alliage 800. Cette intervention permettrait d'éviter des campagnes massives de bouchage de tubes préalables à l'épreuve hydraulique primaire lors des visites décennales et préserverait, en partie, la capacité d'échange thermique des GV.

1. Introduction

Le procédé de manchonnage est similaire à celui qui a été mis en œuvre sur les réacteurs n° 5 et 6 de Gravelines du palier 900 MWe fin 2017 et début 2018. Les seules différences sont d'ordre géométriques, les tubes de GV du palier 1300 MWe étant légèrement plus petits et fins que ceux du palier 900 MWe. Les premiers GV concernés par cette opération sont ceux du réacteur n°2 de Flamanville. L'intervention est à ce jour planifiée au cours du premier semestre 2019.

La demande d'EDF diffère de celle concernant les GV des réacteurs de 900 MWe essentiellement par la durée de maintien en service des assemblages manchonnés. EDF envisage en l'état actuel du dossier une durée d'exploitation des GV des réacteurs de 1300 MWe avec assemblages manchonnés de quatre cycles avant le remplacement des GV, au lieu de deux cycles d'exploitation avant le remplacement des GV pour les réacteurs de 900 MWe. Cette durée plus importante implique un risque accru de corrosion de l'assemblage manchonné et requiert

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

d'évaluer le caractère suffisant des examens en service afin de détecter d'éventuelles dégradations.

Dans sa saisine en référence [1], l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'IRSN sur l'acceptabilité du dossier matériau et des procédés de contrôles et d'évaluations non destructifs (CND et END) mis en œuvre. En particulier, l'analyse de l'IRSN a porté sur :

- « la démonstration de la tenue de l'assemblage vis-à-vis des risques de corrosion en milieu primaire et secondaire pour une durée d'exploitation de 4 cycles au maximum pour le palier 1300 MWe ;
- les performances des procédés CND et d'END afin de garantir la présence du manchon et des six expansions hydrauliques dans le tube ainsi que la détection, le dimensionnement et le positionnement de défauts recherchés (fissures longitudinales et circonférentielles, manques de matière et déformations) ;
- l'absence de performances des procédés d'END au niveau des zones dites « aveugles » en bord supérieur et inférieur du manchon, à cheval sur la zone de transition manchon-tube, et qui pourrait être préjudiciable à l'intégrité de l'équipement modifié. »

Le procédé consiste à introduire un manchon de 500 mm de hauteur à l'intérieur des tubes de générateurs de vapeur fissurés, au niveau de la partie basse du tube située en branche chaude du générateur de vapeur. L'installation du manchon comporte six zones expansées au-dessus de la plaque tubulaire du GV et une zone dudgeonnée dans la plaque tubulaire. La justification d'EDF à l'égard du risque de corrosion de l'assemblage manchonné s'appuie sur une analyse du retour d'expérience (le procédé ayant déjà été mis en œuvre sur d'autres réacteurs), sur des essais réalisés sur maquettes et sur l'état des connaissances.

2. Risques de corrosion des assemblages manchonnés

En ce qui concerne le risque de corrosion en milieu primaire, les essais sur maquettes ont donné des résultats montrant un risque potentiel de fissuration du tube parent. Cette fissuration serait essentiellement d'orientation longitudinale et serait couverte par les contrôles en service. Le taux d'expansion d'un tube parent, c'est-à-dire la variation relative de son diamètre extérieur, au droit d'une expansion hydraulique appliquée à un manchon, est un paramètre prépondérant vis-à-vis du risque de fissuration circonférentielle. Le taux d'expansion ne doit pas dépasser 0,3% pour éviter ce type de fissuration. Le facteur d'expansion est quant à lui un paramètre opérationnel utilisé pour la qualification du procédé de pose des manchons. Le respect de la plage qualifiée pour ce paramètre permet de garantir que le taux d'expansion réel pour le tube reste inférieur à 0,3%. L'IRSN note que des valeurs plus élevées que le taux d'expansion de 0,3% ont été obtenues sur les maquettes où un taux de 0,3% était visé. Un tel dépassement induirait un risque de fissuration circonférentielle, et donc un risque accru de rupture de tube de générateur de vapeur¹ (RTGV) s'il survenait au niveau de la zone d'expansion supérieure. Il convient donc qu'EDF précise comment il garantit le respect du taux de déformation maximum de 0,3%, ce qui fait l'objet de l'observation n°1 en annexe 2. En ce qui concerne le risque de corrosion en milieu primaire du manchon, EDF met en exergue le retour d'expérience très favorable de ce procédé, déployé sur plusieurs milliers de tubes à l'international depuis 20 ans. Toutefois, les contraintes dans le manchon, une fois mis en place, balaient une plage de valeurs dont l'amplitude est très importante. Indépendamment du retour d'expérience très favorable, les justifications d'EDF mériteraient donc d'être complétées sur ce point, ce qui fait l'objet de l'observation n°2 en annexe 2.

En ce qui concerne le risque de corrosion en milieu secondaire, le retour d'expérience pour le tube parent est également positif. L'IRSN note toutefois qu'il provient de réacteurs exploités avec des conditions chimiques dans le

¹ L'accident de rupture de tube de générateur de vapeur conduirait à une fuite importante du circuit primaire vers le circuit secondaire, au remplissage et au débordement du générateur de vapeur puis, potentiellement, à un relâchement d'eau contaminée dans l'environnement.

circuit secondaire diverses, et pas forcément représentatives de celles des réacteurs de 1300 MWe exploités par EDF. De plus, l'IRSN estime que les contraintes dans les tubes parents expansés pourraient être plus élevées que celles estimées par EDF et rappelle qu'il s'agit de tubes vieilliss, fissurés et présentant potentiellement un risque d'amorçage de fissures accru en cas de maintien en service prolongé. Si cette fissuration survenait, le dossier ne permet pas d'exclure qu'elle soit d'orientation circonférentielle, donc avec un risque de RTGV. Concernant le manchon en alliage 800, le retour d'expérience est également positif, sans toutefois permettre d'exclure totalement tout risque de corrosion pendant quatre cycles compte tenu de l'existence de quelques cas de dégradation en milieu secondaire, en particulier des cas de perte d'épaisseur par corrosion.

En conclusion, l'IRSN estime faibles les risques de corrosion pendant les quatre cycles d'exploitation envisagés, mais ne peut les exclure sur la base des éléments transmis par EDF. Les examens non destructifs en service de l'ensemble manchonné doivent donc permettre de détecter de manière précoce des modes de fissuration longitudinaux et circonférentiels sur le tube parent et le manchon, ainsi que des pertes d'épaisseur sur le manchon.

3. Performances des procédés de CND des assemblages manchonnés

Le procédé de contrôle des assemblages manchonnés réalisé au titre des contrôles de fabrication, et visant principalement à s'assurer de la présence et de la bonne position des expansions hydrauliques, est similaire à celui mis en œuvre par EDF pour les manchonnages de tubes de GV de réacteurs de 900 MWe. Comme indiqué dans l'avis en référence [2], l'IRSN « *considère que les performances des procédés des CND proposés par EDF sont satisfaisantes pour garantir la présence ainsi que la localisation des manchons et des deux séries de trois expansions hydrauliques* ».

4. Performances des procédés d'END des assemblages manchonnés en service

EDF prévoit de mettre en œuvre des examens non destructifs dans le cadre de la surveillance en service des assemblages manchonnés. La géométrie des assemblages conduit à une configuration de contrôle complexe avec de nombreuses transitions géométriques et des surépaisseurs par rapport au contrôle d'un tube de GV. L'IRSN estime qu'EDF a correctement évalué les performances de détection de défaut dans les assemblages manchonnés, en termes de dimensions, de positionnement et de typologie des défauts détectables. Ces performances sont significativement plus faibles que celles des procédés d'examen utilisés tous les deux arrêts au titre du programme de base de maintenance préventive du faisceau tubulaire des GV.

Compte tenu de la faible contrôlabilité des assemblages manchonnés, l'IRSN estime que la définition de critères d'acceptabilité pour la qualité des signaux dans la zone d'analyse devrait être prévue. L'IRSN formule en conséquence l'observation n°3 en annexe 2. De plus, la valeur du critère d'acceptation pour le rapport signal sur bruit en phase d'acquisition est faible et pourrait ne pas être suffisante compte tenu des difficultés inhérentes au contrôle des assemblages manchonnés, ce qui conduit l'IRSN à émettre l'observation n°4 en annexe 2.

Enfin, et surtout, EDF s'est engagé à réaliser le contrôle de l'ensemble des assemblages manchonnés à chaque arrêt pour rechargement (observation n°5 en annexe 2). EDF s'est également engagé à boucher les tubes dès qu'une dégradation serait observée au niveau de l'assemblage manchonné ou au niveau du tube parent (observation n°6 en annexe 2). L'IRSN considère que ces engagements sont satisfaisants.

Le procédé de manchonnage crée aux extrémités des manchons deux zones aveugles pour les examens non destructifs. Ces zones sont situées sous la plaque à tubes et en partie courante du faisceau tubulaire et ne sont plus contrôlables après la pose des manchons. La zone aveugle inférieure étant située dans la plaque à tubes et la zone

supérieure étant située en partie courante du tube, dans la zone où le manchonnage n'induit pas de contrainte supplémentaire, l'IRSN considère que le risque d'endommagement conduisant à une RTGV dans ces zones est faible et que l'absence de contrôlabilité, pour une durée d'exploitation limitée, est acceptable.

5. Conclusion

Pour l'IRSN, l'opération de manchonnage introduit un nouveau risque de fissuration circonférentielle des tubes parents au niveau de la zone expansée supérieure dont la cinétique ne peut pas être estimée avec précision. La contrôlabilité de l'assemblage manchonné est dégradée par rapport à celle d'un tube non manchonné. Ces éléments ne permettent pas d'exclure complètement un risque de RTGV. Toutefois, le retour d'expérience est favorable sur plusieurs milliers de tubes manchonnés avec ce procédé et EDF a prévu des examens non destructifs à chaque arrêt du réacteur, ce qui permettrait de détecter l'apparition d'un mécanisme d'endommagement, mais de façon moins précoce que pour un tube non manchonné en raison des moindres capacités de détection. L'IRSN estime que la garantie ainsi apportée par la surveillance en exploitation des assemblages manchonnés est plus faible que pour un tube non manchonné vis-à-vis du risque de RTGV. **Par conséquent, l'IRSN considère que la durée d'exploitation des assemblages manchonnés doit être limitée à quatre cycles d'exploitation. L'IRSN rappelle d'ailleurs que la meilleure démarche en termes de sûreté est le remplacement des générateurs de vapeur et que le manchonnage est, dans l'attente, une solution temporaire. Ceci conduit l'IRSN à émettre la recommandation en annexe 1.**

En conclusion, sous réserve de la recommandation émise en annexe 1 et des engagements pris par EDF au cours de l'expertise, l'IRSN estime que la demande de manchonnage de tubes de générateurs de vapeur de réacteurs de 1300 MWe pour quatre cycles de fonctionnement est acceptable au plan de la sûreté.

Pour le Directeur général et par délégation,

Olivier DUBOIS

Adjoint au Directeur de l'expertise de Sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN/2018-00303 du 19 novembre 2018
Recommandation

Recommandation

L'IRSN recommande que les assemblages manchonnés ne soient pas maintenus en service au-delà de quatre cycles d'exploitation.

Annexe 2 à l'Avis IRSN/2018-00303 du 19 novembre 2018

Observations

Observation n° 1

L'IRSN estime qu'EDF devrait présenter la validation d'une loi de transposition entre le facteur d'expansion observé à l'occasion de l'opération de manchonnage et le taux d'expansion du tube parent.

Observation n° 2

L'IRSN estime que l'augmentation du niveau des contraintes dans le manchon en alliage 800 à l'occasion de sa mise en œuvre, et pas seulement la valeur maximale indiquée par EDF, devrait faire l'objet d'une justification plus étayée.

Observation n° 3

L'IRSN estime qu'EDF devrait étendre au contrôle des assemblages manchonnés la pratique de vérification de la qualité des signaux dans la zone d'analyse mise en œuvre dans les contrôles des tubes de générateurs de vapeur avec les procédés usuels.

Observation n° 4

L'IRSN estime que le dossier de justification technique du titulaire devrait être complété par une étude de la transposition des essais de qualification au site (modifications matérielles, environnement électromagnétique) et par une étude de l'influence du bruit de fond géométrique des tubes sur les performances du procédé.

Observation n° 5

EDF s'est engagé à réaliser un contrôle des assemblages manchonnés à chaque arrêt pour rechargement.

Observation n° 6

L'IRSN note qu'EDF s'est engagé à boucher les tubes dans les cas suivants :

- en cas d'indication de fissuration détectée sur le tube ou le manchon au niveau des expansions hydrauliques ;
- en cas de manque de matière d'origine externe détecté sur le tube parent au niveau des expansions hydrauliques ;
- en cas de manque de matière détecté sur le tube parent dans la zone non contrôlée par la sonde axiale (à partir de la dernière expansion hydraulique en haut du manchon jusqu'à la plaque de répartition de débit ou la première plaque entretoise).