

Fontenay-aux-Roses, le 20 janvier 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2017-00026

Objet : Détermination statistique des sous-épaisseurs des embouts de tuyauteries des CSP

Réf. : Lettre ASN CODEP-DEP-2016-012467 du 21 avril 2016 : « Détermination statistique des sous-épaisseurs des embouts de tuyauteries des CSP ».

Des sous-épaisseurs, inférieures aux épaisseurs minimales de fabrication, ont été découvertes dès 2005 au droit des soudures des lignes ARE, ASG, VVP et GCT.

Ces sous-épaisseurs sont, d'après l'exploitant, imputables à la réalisation de soudures de raccordement. En effet, afin de respecter les tolérances dimensionnelles acceptables pour le procédé de soudage, une géométrie spécifique du chanfrein et du talon de soudage est exigée. Cette géométrie impose parfois de meuler ou d'usiner la surface interne de la tuyauterie à souder via une opération appelée « délardage ».

Ces constatations de sous-épaisseurs ont fait l'objet d'un rapport d'Événement Significatif pour la Sûreté en 2006, point de départ d'une démarche de vérification du maintien de ces systèmes dans le domaine autorisé, en particulier vis-à-vis du risque d'avoir une épaisseur inacceptable par rapport aux dommages de déformation excessive, d'instabilité plastique et de déformation progressive.

Pour cela, l'exploitant s'est appuyé sur une politique de contrôle par échantillonnage et une étude statistique pour évaluer le risque d'occurrence d'une épaisseur inférieure à l'épaisseur limite admissible issue des analyses de mécanique.

Par la saisine citée en référence, l'ASN a ainsi demandé l'avis de l'IRSN sur la validité de l'approche statistique proposée par EDF et ses conclusions concernant l'étude du risque de présence de sous-épaisseurs inférieures à l'épaisseur limite admissible dans les raccords des tuyauteries du CSP compte tenu :

- des paramètres d'échantillonnage (homogénéité des populations et représentativité des échantillons) ;
- de l'influence du nombre d'écart type retenu pour la prise en compte des incertitudes de mesure ;
- de la présence de zones concernées par un mode de dégradation actif du type corrosion-érosion pouvant influencer sur l'échantillonnage et les conclusions de l'approche statistique.

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 B 440 546 018

La corrosion-érosion est un mode de dégradation actif susceptible d'affecter les tuyauteries présentant des sous-épaisseurs de fabrication, en particulier les tuyauteries d'alimentation en eau normale des générateurs de vapeur.

Compte tenu de la politique de contrôle de ces tuyauteries, il apparaît possible que des tuyauteries présentant des sous-épaisseurs de fabrication et concernées par le phénomène de corrosion-érosion soient suivies sans avoir fait l'objet de mesure d'épaisseur initiale. Ainsi, pour ces tuyauteries, les prévisions d'épaisseurs résiduelles sont établies sur la base d'une épaisseur initiale théorique qui ne tient pas compte des sous-épaisseurs de fabrication. Pour l'IRSN, ceci n'est pas satisfaisant : le suivi des pertes d'épaisseur est un sujet important nécessitant une connaissance de l'état initial des tuyauteries a fortiori lorsque des sous-épaisseurs de fabrication sont avérées. **Ceci conduit l'IRSN à émettre l'observation en annexe 2 du présent avis.**

Pour ce qui concerne la validité de l'approche statistique proposée par EDF, deux approches différentes visant à étudier statistiquement la répartition des épaisseurs ont été utilisées : une approche détaillée, afin de traiter les données disponibles en 2007-2008, et une approche simplifiée traitant les données issues des campagnes de mesures complémentaires, plus récentes.

L'approche détaillée est basée sur l'estimation probabiliste de la distribution de l'épaisseur mesurée de chacune des populations identifiées par le biais d'une méthode de maximum de vraisemblance couplée à un test statistique d'adéquation. L'étude s'appuie alors sur l'évaluation de probabilités d'intérêt pour :

- statuer sur la nécessité de mesures complémentaires selon des critères concernant la probabilité de sous-épaisseur inacceptable, la stabilité des résultats et le nombre de mesures disponible ;
- justifier la proposition de prise en compte d'un seul écart-type au lieu de deux pour l'incertitude de mesure.

Cette approche est claire et rigoureuse et l'IRSN considère que sa validité n'est pas à remettre en cause.

L'approche simplifiée a pour but d'identifier, d'une manière plus simple et plus rapide que par la méthode détaillée, les populations nécessitant des mesures complémentaires. Dans cette approche, l'exploitant fait l'hypothèse que les épaisseurs mesurées sont distribuées selon une loi normale. Pour l'IRSN, cette hypothèse est acceptable.

Par contre, la construction du critère de décision repose sur des hypothèses de distribution selon une lois de Gauss des écarts entre épaisseurs mesurées et épaisseurs limite admissibles d'une part, et d'indépendance entre épaisseurs retenues dans les notes de justification et épaisseurs réelles d'autre part, qui sont, pour l'IRSN, non valides. **Par conséquent, l'IRSN formule la recommandation n°1 en annexe 1 du présent avis.**

En ce qui concerne les paramètres d'échantillonnage, EDF a constitué les populations par type de palier et par système, ce qui conduit globalement à distinguer les tuyauteries par gamme de diamètre et d'épaisseur. Ce choix est justifié puisque les pratiques de soudage (géométrie des chanfreins et

délardages nécessaires notamment) sont fonctions de l'épaisseur à souder. Le ragréage est considéré sans influence sur l'épaisseur mesurée et donc sur l'homogénéité des populations constituées.

Les exigences spécifiées pour les réparations doivent conduire à respecter l'épaisseur minimale de fabrication et rendre ces opérations sans conséquence sur l'épaisseur réelle mesurée. Cependant, EDF ne présente pas dans son dossier d'éléments permettant de vérifier que l'épaisseur minimale de fabrication est toujours respectée. Ainsi, les réparations peuvent influencer sur l'épaisseur et ceci peut en conséquence introduire un biais au niveau de l'épaisseur finale après réparation.

Les populations ainsi constituées peuvent inclure des sous-populations pouvant introduire un biais dans l'analyse statistique. Il est alors important de définir une méthode d'échantillonnage qui permette de s'assurer de la représentativité des échantillons collectés.

Pour cela, en plus de la suffisance du nombre de mesures abordée par EDF dans son approche détaillée, et incluse dans la recommandation n°1, l'échantillonnage doit notamment répondre aux objectifs suivants :

- couvrir les hétérogénéités de la population mère ;
- s'assurer de l'absence de biais ou d'erreur systématique.

L'IRSN constate que ces deux points ne sont pas abordés par l'exploitant. En effet, seule la méthodologie d'échantillonnage peut permettre de garantir d'atteindre ces deux objectifs. À cet égard, l'échantillonnage par tirage aléatoire est la démarche offrant le plus de garantie.

Ainsi, l'IRSN constate que les campagnes de mesures successives sont concentrées sur quelques réacteurs par palier, laissant certains réacteurs vierges de contrôle. La représentativité des échantillons n'est donc pas acquise. **Ce point fait l'objet de la recommandation n°2 en annexe 1 du présent avis.**

Pour évaluer l'influence du nombre d'écart types retenu pour la prise en compte des incertitudes de mesure, EDF étudie les valeurs des probabilités de se trouver dans une situation défavorable en fonction du nombre d'écart-types considéré. Le passage de deux à un écart-type induit l'augmentation d'une décade des probabilités étudiées pour toutes les populations, mais ces probabilités restent faibles. Ainsi, EDF montre que, dans le cas particulier des populations analysées par la méthode détaillée dans le cadre du dossier des sous-épaisseurs de fabrication des embouts CSP, la retenue d'un seul écart-type n'est pas de nature à remettre en question le conservatisme de la démarche de contrôle.

L'IRSN considère que, pour autant, cette conclusion ne peut pas être généralisée à l'ensemble des tuyauteries et des problématiques pour lesquelles les garanties apportées dans le cadre de la démonstration de sûreté doivent reposer sur des méthodes déterministes ou équivalentes. Par ailleurs, l'incertitude de mesure s'exprime maintenant sous une forme probabiliste ($\pm 2\sigma$) mais reste équivalente aux bornes déterministes initiales.

L'épaisseur des tuyauteries étant une donnée importante de la démonstration de sûreté, l'IRSN formule alors la recommandation n°3 en annexe 1 du présent avis.

En conclusion, sur la base des documents étudiés, l'IRSN considère que l'approche statistique proposée par EDF est acceptable sous réserve de la prise en compte des recommandations figurant dans le présent avis et rappelées en annexe 1.

Pour le Directeur général et par délégation,

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Recommandations

Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande que l'exploitant applique, pour l'ensemble des mesures in fine réalisées, une démarche permettant :

- de calculer rigoureusement les probabilités pertinentes pour l'évaluation du risque d'avoir une épaisseur inacceptable par rapport aux dommages de déformation excessive, d'instabilité plastique et de déformation progressive ;
- d'identifier les populations à risque sur la base de critères justifiés ;
- de s'assurer de la suffisance du nombre des mesures réalisées par l'étude de la stabilité des résultats obtenus ;
- de définir des critères d'identification des populations nécessitant des mesures complémentaires.

Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande que les prochaines campagnes de mesures d'EDF soient réalisées sur les réacteurs pas ou peu contrôlés.

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande de retenir deux écarts-types pour la prise en compte des incertitudes de mesures des épaisseurs afin que la démarche reste équivalente aux démarches déterministes initiales.

Observation

Observation :

Afin d'établir une référence pour le suivi des pertes d'épaisseurs par corrosion-érosion, l'IRSN considère qu'EDF devrait réaliser des mesures d'épaisseur des tuyauteries dont les embouts présentent des sous-épaisseurs de fabrication potentielles ou avérées.