

Fontenay-aux-Roses, le 2 avril 2014

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2014-00136

Objet : REP - Palier 1450 MWe - Stratégie de maintenance des visseries des internes des groupes motopompes primaires.

Réf. : [1] Lettre de l'ASN - CODEP-DEP-2013-051530 du 6 novembre 2013 : « Visseries des internes des GMPP du palier N4 ».

[2] Avis IRSN n° 2013-00313 du 31 juillet 2013 : « REP - Visseries de la liaison roue-arbre des GMPP du palier 1450 MWe (N4) ».

[3] Lettre de l'ASN - CODEP-DEP-2013-004725 du 31 janvier 2013 : « Contrôle de la visserie des internes de GMPP de Civaux 1 et Chooz B1 ».

Conformément à la saisine citée en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a évalué la stratégie de maintenance d'EDF pour les visseries des internes des hydrauliques des Groupes motopompes primaires (GMPP) du palier 1450 MWe.

Cette stratégie de maintenance a pour objectif de répondre aux demandes de l'ASN [3] qui font suite à l'avis de l'IRSN [2], consécutif aux écarts affectant les visseries des GMPP du palier 1450 MWe. Ces écarts ont été décelés en 2012 à la suite de la découverte sur le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Chooz B d'une tête de vis coincée sous la grille anti-débris de l'embout de pied d'un assemblage combustible.

Pour mémoire, ces visseries sont soit en acier inoxydable 316 écroui¹ ou Z6CND17.12² pour l'assemblage du guide d'eau sur la volute et du Palier hydrostatique (PHS) sur le diffuseur, soit en acier A286¹ ou Z6NCTDV25.15² pour toutes les autres visseries d'assemblage de la roue sur l'arbre et du diffuseur sur la bride de la barrière thermique du GMPP.

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

¹ Dénomination selon l'American Iron and Steel Institute (AISI)

² Dénomination selon l'Association française de normalisation (AFNOR)

Le démontage des hydrauliques des GMPP et les expertises des visseries déposées ont confirmé les modes de dégradations pouvant les affecter, à savoir :

- le desserrage des vis de guides d'eau en acier 316 écroui. Ce desserrage peut conduire à la rupture par fatigue vibratoire des têtes de ces vis et générer alors un corps migrant susceptible d'entraîner des dégradations du revêtement en fond de cuve ;
- la Corrosion sous contrainte (CSC) en milieu primaire, constatée sur toutes les visseries en acier A286, excepté les vis de fixation de la couronne thermique, et sur une vis de PHS en acier 316 écroui sur le réacteur n°2 de la centrale de Civaux.

Des écarts ont également été constatés sur la nuance d'acier des vis de guide d'eau et de PHS installées. En effet, des vis en acier A286 ont été montées en lieu et place de vis en acier 316 écroui prévu à la suite de la revue de conception de 1992. Les remises en conformité ont été effectuées sur l'ensemble des GMPP des réacteurs des centrales de Chooz B et Civaux pour les vis des guides d'eau et sur dix des seize GMPP pour les PHS.

Pour mémoire, l'évaluation de la nocivité et des conséquences pour la sûreté des dégradations de la visserie en A286 a fait l'objet de l'avis IRSN [2].

Afin de s'affranchir de l'apparition de telles dégradations, EDF a défini une stratégie de maintenance pour ces visseries, qui s'appuie notamment sur une étude de maîtrise du risque de rupture par fatigue des vis de guide d'eau. De cette stratégie, découle un programme d'actions à court et moyen terme pour 2015 et 2016, ainsi que des positions de principe concernant les actions à réaliser sur le long terme au-delà de 2016.

L'évaluation de la stratégie de maintenance d'EDF effectuée par l'IRSN porte, pour chaque famille métallurgique de visserie des internes des hydrauliques des GMPP, sur la pertinence de la caractérisation des modes de dégradation ainsi que sur la pertinence des actions d'expertise de suivi, de surveillance en exploitation et de maintenance associées et de leur programmation. La pertinence de la surveillance en exploitation, maintenance comprise, et de sa programmation sont évaluées au regard des conséquences pour la sûreté des dégradations potentielles.

Pour les vis de guide d'eau et de PHS en acier 316 écroui, les modes de dégradation analysés par l'IRSN sont la fatigue vibratoire et la CSC en milieu primaire.

Concernant la fatigue vibratoire des vis de guide d'eau, l'IRSN rappelle qu'à ce jour deux types de caractéristiques et montages (montage V1 et V2) de vis de guide d'eau ont été mis en œuvre dans les GMPP du palier 1450 MWe. Les vis de guides d'eau des GMPP des réacteurs n°2 des centrales de Chooz B et de Civaux ont été remplacées en 2012 par des vis du type « montage V1 », c'est-à-dire sans chanfrein au niveau de la tête de vis, ce qui permet de fiabiliser l'arrêt en rotation de la vis par la coupelle de freinage sertie. Les vis de guide d'eau des GMPP des réacteurs n°1 des centrales de Chooz B et de Civaux ont été remplacés en 2013 par des vis du type « montage V2 ». Ces vis ne possèdent pas non plus de chanfrein au niveau de la tête, mais comportent, d'une part une amélioration du congé de raccordement de la tête sur le fût à l'égard des concentrations de contraintes mécaniques, d'autre part une exigence du couple de serrage fixée à environ une fois et demie supérieure (42 m.daN) à celui appliqué lors du montage d'origine et lors du « montage V1 » (27 m.daN). Ce

nouveau « montage V2 » permet d'assurer une meilleure liaison mécanique du guide d'eau sur la volute du GMPP.

L'IRSN considère que la reprise de la conception des vis de guide d'eau (suppression du chanfrein de la tête de vis et augmentation du rayon du congé de raccordement de la tête de vis sur le fût) ainsi que les nouvelles dispositions de fiabilisation de pose de ces vis constituent des mesures de nature à mieux assurer le serrage et par conséquent l'assise du guide eau sur la volute du GMPP. Par ailleurs, les précautions de sertissage de la coupelle de freinage sur une tête de vis sans chanfrein sont favorables à la prévention du risque de desserrage et par conséquent de génération de corps migrants. Si l'augmentation du couple de serrage est un facteur de sécurisation de l'assemblage, l'IRSN estime toutefois que les calculs de comportement en fatigue présentés par EDF ne permettent pas d'exclure le risque de fissuration par fatigue. Ces calculs permettent seulement de déduire des tendances par comparaison entre les différentes situations de serrage qui ont été étudiées, dont les montages V1 et V2. Il en ressort que, si le risque de fissuration par fatigue ne peut être écarté pour aucun des montages, le « montage V1 » présente un risque plus important en raison notamment d'un risque plus probable de décollement du guide d'eau avec ce montage.

L'IRSN note favorablement que, compte tenu de ce risque, EDF a décidé de mettre en œuvre avant fin 2016 une surveillance plus fréquente pour le « montage V1 » que pour le « montage V2 ».

Concernant le « montage V2 », le niveau plus élevée des contraintes permanentes entraîne un accroissement du risque de CSC en milieu primaire.

Concernant la CSC en milieu primaire, en se basant sur la fissuration par CSC détectée sur une vis de PHS en acier 316 écroui d'un GMPP du réacteur n°2 de la centrale de Civaux en 2012 après 94 000 heures de fonctionnement ainsi que sur l'état actuel des connaissances concernant ce mode de dégradation, l'IRSN estime que le risque de fissuration par CSC de la visserie en acier 316 écroui ne peut à ce jour être écarté. À ce titre, le contenu et l'objectif du programme d'expertise de vis de guide d'eau et de PHS proposé par EDF avant fin 2016 n'appellent pas de commentaire. Sur le long terme, EDF ne prend cependant pas en compte le risque de fissuration par CSC pour les visseries en acier 316 écroui. En conséquence, EDF ne prévoit pas de remplacement périodique systématique de ces visseries et se limite à une recherche de CSC sur un échantillon de vis de PHS après 140 000 heures de fonctionnement. Sur la base du REX connu l'IRSN estime que, dans sa stratégie de maintenance, EDF doit préconiser le remplacement de ces vis avant l'atteinte d'une durée de fonctionnement cumulée de 100 000 heures. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.**

Concernant les visseries en acier A286, l'IRSN note que l'amorçage de CSC en milieu primaire qui a été observé à la suite des expertises réalisées sur les visseries en acier A286 des GMPP n°3 des réacteurs n°1 des centrales de Chooz B et de Civaux en 2013, s'est produit pour des durées de fonctionnement conformes au Retour d'expérience (REX) international relatif à ce mode de dégradation. Ce REX indique notamment qu'une propagation rapide de ces fissures de CSC pourrait survenir. En outre, les contraintes maximales au niveau du premier filet des visseries concernées sur les GMPP du palier 1450 MWe sont supérieures au seuil de fissuration issu du REX. Par conséquent, pour l'IRSN, il ne peut être exclu que les indications du type de celles relevées lors des expertises puissent entraîner une fissuration circonférentielle pouvant aller relativement rapidement jusqu'à une perte de la tête des goujons affectés.

L'IRSN estime que le REX connu relatif à la fissuration par CSC en milieu primaire pour l'acier A286 doit être pris en compte pour la stratégie de maintenance des GMPP du palier 1450 MWe. Ce REX indique un risque de fissuration par CSC pour une durée cumulée de fonctionnement dépassant 100 000 heures.

Compte tenu qu'une fissuration par CSC relativement développée a été constatée sur des goujons périphériques de la liaison roue/arbre du GMPP, EDF prévoit le remplacement périodique systématique de ces goujons à partir de 100 000 heures de fonctionnement. **Cette périodicité de remplacement est cohérente avec la position de l'IRSN et n'appelle pas de commentaire.**

Pour les autres visseries en acier A286, dont notamment le goujon central de la liaison roue/arbre, EDF considère que les fissurations par CSC qui ont été constatées ne présentent pas de risque pour la sûreté. Par conséquent, EDF se limite à prévoir une recherche de CSC sur ces visseries à partir de 140 000 heures de fonctionnement. L'IRSN estime toutefois que les amorçages de fissuration qui ont été constatés peuvent se propager et entraîner des dégradations importantes sur une durée de fonctionnement correspondant à peine à un cycle. Par conséquent, l'IRSN estime que pour ces visseries EDF doit aussi tenir compte du REX connu de fissuration par CSC et doit préconiser dans sa stratégie de maintenance le remplacement de celles-ci avant l'atteinte d'une durée de fonctionnement cumulée de 100 000 heures. **Ce point fait l'objet de la recommandation n°2 en annexe.**

L'IRSN estime aussi qu'EDF doit définir un programme d'expertise adapté afin de s'assurer de l'absence de dégradation pouvant affecter la visserie mise en place sur les GMPP ayant déjà fait l'objet de remplacements de leurs visseries en A286. L'IRSN considère à ce jour que l'expertise de la visserie en acier A286 d'une seule hydraulique après une durée de fonctionnement de l'ordre de 60 000 à 70 000 heures serait acceptable. Toutefois le programme d'expertise devra tenir compte des résultats des expertises qui doivent être réalisées sur les visseries en acier A286 du GMPP n°1 du réacteur n°1 de la centrale Chooz B en 2014, pour une durée de fonctionnement de l'ordre de 80 000 heures. **Ce point fait l'objet de l'observation n°1 en annexe.**

Concernant les vis de guide d'eau en acier 316 écroui, le risque potentiel principal pour la sûreté, qu'il résulte de fatigue vibratoire ou de CSC, est l'émission d'un ou de plusieurs corps migrants constitués par des têtes de vis, qui pourraient dégrader le revêtement interne de la cuve. Toutefois, EDF considère qu'il n'y a pas de risque de blocage d'un rotor de GMPP en cas de corps migrant de la taille d'une tête de vis du guide d'eau. **Ce point n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Concernant les vis de PHS en acier 316 écroui, l'IRSN considère que la fissuration par CSC de plusieurs vis de fixation du PHS d'un GMPP pourrait conduire à un dysfonctionnement ou une perte fonctionnelle du PHS dans sa fonction de guidage de la ligne d'arbres, qui est essentielle compte tenu de la rotation du GMPP à une vitesse nominale très proche d'une vitesse critique. Un comportement de crise vibratoire du GMPP pourrait potentiellement à terme conduire au blocage du rotor du GMPP, qui est un accident de 4^e catégorie.

Concernant la visserie en acier A286, dans l'avis [2] l'IRSN indiquait que le risque pour la sûreté concerne avant tout les goujons de liaison roue/arbre (central et périphériques). En effet, l'IRSN estime qu'une dégradation importante par CSC de ces goujons pourrait conduire à la présence de corps migrants au sein du Circuit primaire principal (CPP) ainsi qu'à un affaiblissement de la liaison

roue/arbre pouvant à terme altérer rapidement le fonctionnement du PHS voire à désolidariser la roue de l'arbre. La situation enveloppe du dossier de sûreté serait le blocage du rotor du GMPP. Dans son avis [2], l'IRSN insistait sur les risques associés au goujon central (unique contrairement aux goujons périphériques) et dont la rupture pourrait générer un corps migrant important, composé d'une portion de goujon, de l'écrou et de l'ogive. Par conséquent, l'IRSN estimait que des dispositions doivent être prises pour éviter l'occurrence d'un événement aux conséquences majeures pour la sûreté.

Concernant les goujons de fixation du diffuseur sur la bride de la barrière thermique, l'IRSN souligne que, bien que les conséquences sur la sûreté puissent être considérées comme moindres du fait du faible risque de générer un corps migrant ou de perte de la liaison mécanique entre le diffuseur et la bride de la barrière thermique, il n'est pas acceptable qu'un grand nombre de ces goujons soient potentiellement affectés d'amorçages de fissurations par CSC en milieu primaire.

Concernant la surveillance en exploitation des GMPP du palier 1450 MWe, le comportement vibratoire anormal en rotation du GMPP pouvant résulter de défiabilisations ou de dégradations importantes de liaisons vissées des internes de l'hydraulique du GMPP, EDF a mis en application une surveillance vibratoire renforcée des GMPP. L'IRSN note que cette surveillance prend en compte les recommandations qu'il avait formulées dans son avis [2]. **Par conséquent, la surveillance vibratoire renforcée des GMPP du palier 1450 MWe n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN.**

Concernant la pertinence de la surveillance et de la maintenance de la visserie en acier 316 écroui, l'IRSN considère que les montages V1 et V2 peuvent être maintenus en exploitation. Chacun de ces montages présentant à la fois des avantages et des inconvénients (exposés supra), la surveillance en exploitation doit être adaptée en fonction de ces derniers.

Pour le « montage V1 », la surveillance prévue par EDF comprend un contrôle du serrage en 2015 sur quatre guides d'eau ayant fonctionné pendant trois cycles et en 2016 sur deux guides d'eau ayant fonctionné pendant quatre cycles. **Cette surveillance n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN.**

Pour le « montage V2 », la surveillance prévue par EDF comprend un contrôle du serrage en 2015 sur un guide d'eau ayant fonctionné pendant deux cycles et en 2016, sur un guide d'eau ayant fonctionné pendant trois cycles. EDF a aussi prévu de réaliser un contrôle par ressuage et un examen métallographique après découpe pour quatre vis. **Cette surveillance n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN.**

Ce programme permettra aussi de détecter une amorce éventuelle de CSC sur ces vis.

Pour le long terme, EDF évoque une surveillance au-delà de 2016 « à partir de 10 cycles ». **Pour l'IRSN, la validité de cette surveillance ne pourra être appréciée qu'à l'issue des contrôles réalisés en 2015 et en 2016 sur les montages V1 et V2.**

Concernant la pertinence de la programmation de la surveillance et de la maintenance des visseries, l'IRSN distingue la phase de court et moyen terme, actuellement en cours pour le remplacement des visseries d'origine des GMPP du palier 1450 MWe, de la phase de long terme faisant suite à cette première phase.

Sur le long terme l'IRSN estime, en cohérence avec les recommandations n°1 et n°2, que la programmation de la surveillance et de la maintenance doit prendre en compte une durée de fonctionnement maximum de 100 000 heures. Pour les visseries d'origine actuellement en cours de remplacement et dont les durées de fonctionnement sont supérieures à 100 000 heures, l'IRSN estime qu'EDF doit anticiper au plus tôt le remplacement des visseries ayant le plus grand nombre d'heures de fonctionnement, ce qui est le cas du GMPP n°4 du réacteur n° 2 de Chooz B. En conséquence, **l'IRSN recommande qu'EDF anticipe en 2015 le remplacement des visseries en acier 316 écroui du PHS et des visseries en acier A286 de ce GMPP, initialement programmés en 2016. Ce point fait l'objet de la recommandation n°3 en annexe.**

L'IRSN note qu'EDF a prévu dans sa stratégie de maintenance des prélèvements pour expertise de visseries de guide d'eau et de PHS. **Ce point fait l'objet de l'observation n°2 en annexe.**

En conclusion de cette évaluation et sous réserve de la prise en compte des recommandations en annexe, l'IRSN considère que la stratégie de maintenance des visseries d'internes d'hydrauliques de GMPP du palier 1450 MWe définie par EDF, est acceptable du point de vue de la sûreté. La stratégie de surveillance en service est acceptable jusqu'en 2016. Elle devra alors être réexaminée au regard des résultats des expertises qui auront été réalisées.

Pour le Directeur général de l'IRSN,
et par délégation,

F. MÉNAGE

Annexe à l'avis IRSN/2014-00136 du 2 avril 2014

- Recommandations -

RECOMMANDATION N° 1 :

L'IRSN recommande que, dans sa stratégie de maintenance, EDF préconise le remplacement périodique des visseries en acier 316 écroui des hydrauliques des GMPP avant l'atteinte d'une durée de fonctionnement cumulée de 100 000 heures.

RECOMMANDATION N° 2 :

L'IRSN recommande que, dans sa stratégie de maintenance, EDF préconise le remplacement périodique des visseries en acier A286 des hydrauliques des GMPP avant l'atteinte d'une durée de fonctionnement cumulée de 100 000 heures.

RECOMMANDATION N° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF anticipe en 2015 le remplacement des visseries en acier 316 écroui du PHS et des visseries en acier A286 du GMPP n°4 du réacteur n°2 de Chooz B, initialement programmé en 2016.

- Observations -

OBSERVATION N° 1 :

L'IRSN considère qu'EDF devrait définir un programme d'expertise adapté afin de s'assurer de l'absence de dégradation pouvant affecter la visserie mise en place sur les GMPP ayant déjà fait l'objet de remplacements de leurs visseries en A286. Ce programme d'expertise devrait tenir compte des résultats des expertises qui doivent être réalisées sur les visseries en acier A286 des GMPP n° 1 du réacteur n° 1 de la centrale de Chooz B en 2014, pour une durée de fonctionnement de l'ordre de 80 000 heures.

OBSERVATION N° 2 :

EDF a prévu, dans sa stratégie de maintenance, des prélèvements pour expertise de visseries de guide d'eau et de PHS. L'IRSN considère qu'EDF devrait présenter un bilan de ces expertises cumulées chaque année pour enrichir le REX d'exploitation concernant le mécanisme de dégradation « CSC en milieu primaire », qui peut affecter les visseries internes en acier 316 écroui.