

Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaire

Cloison des générateurs de vapeur – analyse du DAC sans plaque

Séance du 24 novembre - Synthèse du rapport

Les contrôles réalisés en service sur les cloisons des générateurs de vapeur (GV) ont mis en évidence des indications, de type fissures par corrosion sous contrainte de l'alliage 600, liées à sa sensibilité en milieu primaire. Depuis 2002, ces défauts ont été observés sur 10 générateurs de vapeur. La hauteur de ces indications est dans la plupart des cas inférieure à 2mm et seul le réacteur Cruas 2 est susceptible de présenter, sur 2 de ses GV, des indications de taille supérieure. Les indications sont actuellement laissées en service, et font l'objet d'un suivi régulier qui n'a montré aucune évolution en fonctionnement.

En 2008, la Section Permanente Nucléaire (SPN) de la Commission Centrale des Appareils à Pression (CCAP) a examiné l'acceptabilité, notamment d'un point de vue réglementaire, de la justification du maintien en service des défauts observés. A la suite de l'examen du dossier lors de sa séance du 29 avril 2008, la SPN a rendu son avis dans lequel elle jugeait que les éléments disponibles ne s'opposaient pas au maintien en service des équipements concernés pour une durée limitée. La SPN notait toutefois que l'applicabilité des exigences réglementaires devait être précisée, et des éléments complémentaires apportés.

Prenant en compte cet avis, l'ASN a étudié au cas par cas le maintien en service, pour une durée limitée, des générateurs de vapeur présentant des défauts de type corrosion sous contrainte dans les cloisons des boîtes à eau. En parallèle, EDF a engagé de nombreuses études R&D qui ont permis de mieux comprendre le phénomène en cause. EDF a notamment procédé à la caractérisation de l'endommagement et à des expertises sur des cloisons de GV déposés. EDF a en parallèle entamé une démarche de qualification des procédés d'examen non destructif utilisés et a poursuivi sa démarche de contrôle à périodicité régulière des défauts détectés en service.

L'ASN a également procédé à l'instruction du dossier établi par EDF en vue de justifier l'absence d'impact sur la tenue mécanique de la plaque tubulaire d'un GV de l'absence de prise en compte de la cloison, dit « DAC sans plaque ». Elle a également procédé, avec son appui technique l'IRSN à l'examen des calculs de justification de l'absence de nocivité des défauts transmis par EDF.

Compte tenu des éléments nouveaux que constituent les résultats du programme de R&D d'EDF, l'analyse du « DAC sans plaque » par l'ASN, la qualification des procédés de contrôle et l'examen de la justification de l'absence de nocivité des défauts, l'ASN a demandé au GP ESPN son avis sur l'acceptabilité du maintien en service des GV concernés par le phénomène de CSC sur leur cloison de boîte à eau.

Le phénomène de corrosion sous contrainte

La fissuration par corrosion sous contrainte se caractérise par la fissuration d'un matériau sous l'effet conjoint d'une sollicitation mécanique et du milieu environnant. Ce phénomène se déroule en deux temps : une phase d'incubation qui aboutit à l'amorçage des fissures, suivie d'une phase de propagation de la fissure. La vitesse de propagation des fissures dépend des contraintes mécaniques appliquées, de la sensibilité du matériau et de la température.

Dans le cas de la cloison des GV, les études réalisées par EDF ont permis d'identifier des configurations mécaniques pénalisantes, liées par exemple à des défauts de perpendicularité en fabrication ou aux propriétés mécaniques des matériaux utilisés. Des cloisons classées « plus sensible » à la corrosion sous contrainte ont donc été définies.

Rôle de la plaque de partition d'un générateur de vapeur

La boîte à eau d'un générateur de vapeur située dans la partie basse du générateur de vapeur est séparée en deux compartiments – la boîte chaude et la boîte froide - par la plaque de partition.

Cette plaque de partition assure le passage de l'eau dans le faisceau tubulaire en évitant une circulation directe de la branche chaude vers la branche froide

Les éléments apportés par EDF ont montré que la cloison GV, bien que soudée aux parois sous pression de l'équipement, ne contribue pas à la résistance à la pression du GV. Cette analyse a été réalisée en réalisant une étude du dossier d'analyse du comportement (DAC) de différentes parties du GV, dont la plaque tubulaire, sans prendre en compte la présence de la cloison GV. Cette étude, qui s'appuie sur les hypothèses du DAC d'origine, permet de justifier que le rôle de la cloison GV peut être considéré comme purement fonctionnel.

EDF a également réalisé une analyse des transitoires jugés les plus pénalisants en cas de ruine de la plaque de partition. Cette étude a permis de démontrer l'absence d'impact vis-à-vis de la sûreté d'une ruine de la cloison GV en situation accidentelle.

Analyse mécanique de défauts de corrosion sous contrainte au niveau de l'attente de plaque

L'absence de participation de la cloison GV à la résistance à la pression de l'équipement associée à la démonstration de l'absence d'impact pour la sûreté d'une ruine de cette partie du GV en situation normale ou accidentelle permettent l'utilisation de méthodes de justification du maintien en service des défauts différant de celles utilisées sur l'enveloppe sous pression des équipements.

EDF a donc réalisé des études qui ont montré que la présence de défauts de profondeur supérieure au plus grand défaut présent sur le parc en exploitation ne conduit à un amorçage qu'en situation accidentelle et que cet amorçage reste limité et ne peut conduire à une ruine de la plaque de partition. EDF s'est également assuré que de tels défauts ne conduisent pas à une ruine de la plaque de partition par instabilité plastique.

Ces éléments permettent donc de justifier que le maintien en service des défauts de CSC présents sur le parc en exploitation et d'une profondeur supérieure à 2mm est acceptable sous réserve de la mise en place d'un programme de surveillance adapté.

Stratégie de contrôle et de réparation des zones en Inconel

EDF a défini un programme d'inspection en service des cloisons des générateurs de vapeur dans sa stratégie de contrôle des zones en Inconel. Cette démarche permet d'assurer un suivi des défauts et de compléter l'état des lieux sur les GV des réacteurs de 1300 MWe. Ce programme représente un élément essentiel de l'acceptabilité du maintien en service de ces indications.

L'étendue des contrôles prévus par EDF ainsi que la démarche de qualification des moyens de contrôle sont jugés adaptés à l'enjeu par le rapporteur.

En parallèle, EDF a développé un procédé de réparation dont la mise en œuvre n'est pas jugée nécessaire en l'absence d'évolution notable des défauts observés en service. Des travaux complémentaires sont toutefois nécessaires pour assurer la pérennité, jusqu'au remplacement des GV, d'une réparation dans l'éventualité où une telle opération serait mise en œuvre.

Conclusion

Le rapporteur considère que les éléments soumis à son examen permettent de justifier le maintien en l'état des défauts observés sur les cloisons des GV, en particulier les points suivants :

- la justification de la tenue mécanique du GV sans prise en compte de la plaque de partition
- les études présentant l'impact sur la sûreté de la ruine de la plaque de partition ;
- l'analyse mécanique de défauts de corrosion sous contrainte au niveau de l'attente de plaque.

Ainsi, le rapporteur considère que les défauts observés sur le parc en exploitation peuvent être maintenus en service sous réserve de la mise en place d'un programme de contrôle adapté

permettant de s'assurer de leur absence d'évolution en service ou après l'occurrence d'une situation de 3eme catégorie.