

Fontenay-aux-Roses, le 28 septembre 2012

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2012-00423

Objet : REP - Réacteurs de 900 MWe - Tenue en service des robinets moulés en acier austéno-ferritique

Réf. :

1. Lettre ASN SAISI-DEP-2012-0299 du 10 juillet 2012
2. Lettre ASN CODEP-2012-041782 du 27 juillet 2012

Conformément aux lettres de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citées en références 1 et 2, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire a examiné l'évaluation réalisée par EDF de la tenue mécanique des robinets moulés du Circuit primaire principal (CPP) des réacteurs de 900 MWe.

La justification de l'absence de risque de rupture brutale des robinets moulés du CPP a fait l'objet de deux analyses : l'une menée en 1997, l'autre menée en 2011. Les conclusions de ces analyses divergent. L'analyse de 2011 ne permet pas de conclure à la robustesse de certaines zones des robinets en toutes situations contrairement à celle de 1997. L'ASN a souhaité recueillir l'avis de l'IRSN sur l'origine de cette divergence.

EDF a transmis en 2012 une note qui reprend les résultats de l'analyse de 1997 en considérant les coefficients de sécurité prescrits par l'arrêté du 10 novembre 1999 et les ténacités actualisées. Cette note n'apporte pas d'élément pouvant expliquer la divergence de conclusion entre les analyses de 1997 et de 2011.

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

La pertinence des valeurs de ténacité retenues ne fait pas l'objet du présent avis. Elle est en cours d'étude dans le cadre plus large de l'analyse du vieillissement thermique des produits moulés du Circuit primaire principal (CPP) et fera l'objet d'un autre avis de l'IRSN. De même, la pertinence des transitoires retenus n'a pas été analysée. Seuls les calculs de mécanique de la rupture sont expertisés.

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

Une étude comparative des données d'entrée et des méthodes mises en œuvre pour le calcul des contraintes ainsi que pour le calcul de l'intégrale J a été menée par l'IRSN. Les valeurs de l'intégrale J brutes obtenues (i.e. sans prise en compte des coefficients de l'arrêté du 10 novembre 1999) ont ensuite été comparées. L'intégrale J représente l'énergie disponible au niveau du défaut postulé.

Pour estimer le risque d'initiation du défaut, cette énergie est comparée à une grandeur représentative de la résistance du matériau en présence d'un défaut ($J_{0,2}$ ou $J_{3mm}^{(*)}$). Cette résistance appelée ténacité est déterminée par des essais normalisés sur des éprouvettes entaillées et pré-fissurées.

Concernant l'analyse de 1997, plusieurs points listés ci-dessous restent à éclaircir pour l'IRSN car non renseignés :

- les épaisseurs retenues pour les robinets et par conséquent les hauteurs des défauts analysés,
- les caractéristiques thermo-mécaniques retenues,
- le coefficient d'échange thermique fluide-paroi,
- la méthode de calcul de la correction de plasticité en fond de défaut.

L'IRSN retient que le dossier de 2011 a intégré les transitoires thermiques engendrés par les phénomènes de bras mort.

Malgré les questions en suspens, il apparaît d'ores et déjà que la manière d'estimer les niveaux de contraintes diffère entre les deux dossiers : modélisation d'une plaque puis correction de courbure (afin de prendre en compte partiellement la géométrie des robinets) pour le dossier de 1997 contre modélisation « réaliste » 2D axisymétrique pour le dossier de 2011. Ainsi, dans le dossier de 1997, il n'est pas pris en compte l'existence de zones singulières (ex : zone de siège) qui sont des zones de concentration de contraintes. Par conséquent, la nocivité des défauts peut être sous-estimée dans le dossier de 1997. L'analyse menée en 2011 apparaît plus réaliste.

Le calcul de J est réalisé à partir de méthodes simplifiées relatives à une plaque, plus une correction de courbure pour un tube dont le rapport entre le rayon et l'épaisseur R/t est égal à 5, dans le dossier de 1997 et à un tube droit avec R/t égal à 10 dans le dossier de 2011. Pour tenir compte du comportement élasto-plastique du matériau, une correction d'un facteur proche de 0,5 est appliquée sur J d'origine thermique dans le dossier de 1997. Dans le dossier de 2011, aucune correction n'est appliquée. Le chargement thermique contribuant de manière prépondérante au niveau de J atteint, une atténuation des valeurs de J présentées dans la note de 2011 peut être attendue si le comportement réel du matériau est considéré en appliquant une correction de plasticité.

L'IRSN note que, en situation de 4^{ème} catégorie, les valeurs maximales de J fournies par l'analyse de 1997 sont du même ordre de grandeur que celles présentées dans le dossier de 2011 pour les zones continues des organes de robinetterie, si l'on considère une correction de plasticité analogue à celle appliquée dans l'analyse de 1997. Pour les zones singulières, l'analyse de 2011 fournit des niveaux de J beaucoup plus élevés. Au vu des résultats, l'IRSN conclut que les zones singulières des robinets ne semblent pas avoir été étudiées dans l'analyse de 1997.

(*) J_x résistance à la déchirure avec une déchirure limitée à X mm

Par ailleurs, l'IRSN relève que les situations de 4^{ème} catégorie ne sont pas nécessairement les plus pénalisantes comme considéré dans le dossier de 1997. En effet, dans l'analyse de 2011, la 2^{ème} catégorie de situations apparaît plus pénalisante pour le clapet 6" côté branche froide. Ceci peut être lié à la prise en compte du phénomène de bras mort.

En conclusion, l'IRSN estime que l'étude menée en 2011 est plus réaliste et plus complète que celle de 1997. L'IRSN observe aussi qu'il n'y a pas de contradiction entre les résultats comparables des analyses des deux dossiers. Toutefois, l'IRSN note que l'analyse de 2011 présente un certain nombre de conservatismes et qu'une optimisation des méthodes de calcul (modélisation 3D avec prise en compte du comportement élasto-plastique du matériau) pourrait modifier les conclusions de cette dernière. L'IRSN note également que les défauts hypothétiques analysés sont de grands défauts dits défauts conventionnels. Une analyse complémentaire pourrait être menée en considérant un défaut plus en adéquation, d'une part, avec les résultats des contrôles de fabrication, d'autre part, avec la capacité des moyens de contrôles. Par conséquent, l'IRSN recommande que l'analyse de 2011 soit approfondie pour permettre de conclure sur l'aptitude au service des robinets moulés du CPP.

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

F. MÉNAGE