

Cuves défectueuses des réacteurs nucléaires belges Doel 3 et Tihange 2

Commentaires sur le rapport final d'évaluation de l'AFCN de 2015

Ilse Tweer, spécialistes de la science des matériaux, consultante

Janvier 2016

Commandité par Rebecca Harms,
co-présidente du Groupe des Verts/ALE au Parlement européen, Rue Wiertz, 1047 Bruxelles

Résumé

La centrale nucléaire Doel 3 a été mise en service en 1982, Tihange 2 a été mise en service en 1983. Ces deux centrales nucléaires de type REP (réacteur à eau pressurisée) sont exploitées par Electrabel, qui fait partie du groupe français ENGIE.

Dans le cadre d'inspections par ultrasons menées en 2012, des milliers de défauts ont été détectés dans le métal de base des cuves des deux réacteurs.

Le propriétaire, Electrabel, a affirmé que ces défauts étaient « plus que probablement » des défauts dus à l'hydrogène occasionnés durant la fabrication, aucune progression n'ayant été constatée depuis la mise en service des réacteurs. L'autorité de régulation belge a approuvé la remise en service des deux unités en mai 2013. Cette approbation posait comme condition de réaliser des tests d'irradiation sur des échantillons issus d'un bloc générateur de vapeur AREVA VB395 refusé, qui présentait des défauts dus à l'hydrogène. Ces échantillons ne peuvent pas être considérés comme représentatifs pour la virole de la cuve des réacteurs affectés, étant donné que le procédé de fabrication et l'historique du traitement thermique ne sont certainement pas identiques. Electrabel a considéré ces échantillons comme étant représentatifs en raison de l'apparente similarité de la défectuosité, et l'AFCN (Agence fédérale de Contrôle nucléaire) a validé cet argument.

Les résultats de la première campagne d'irradiation ont montré une fragilisation élevée inattendue due aux neutrons. En conséquence, les deux réacteurs ont été mis à l'arrêt en mars 2014. De nouvelles campagnes d'irradiation ont été réalisées en utilisant également des échantillons provenant des expériences « KSO2 » réalisées dans le cadre du projet de recherches allemand FKS (« Forschungsvorhaben Komponentensicherheit », projet de recherches sur la sécurité des composants). Le 17 novembre 2015, l'AFCN a autorisé le redémarrage des deux centrales.

En décembre 2015, Rebecca Harms, Co-présidente du groupe Les Verts/ALE au Parlement européen, a demandé à l'auteur d'évaluer les documents disponibles publiés par l'AFCN relatifs à l'autorisation de redémarrage, en portant une attention particulière aux résultats des tests d'irradiation et à leur interprétation par les différents groupes d'experts mandatés par Electrabel et l'AFCN.

L'évaluation des documents publiés avait pour objectif de clarifier les arguments scientifiques censés justifier l'autorisation de redémarrage.

Bien que la nature des défauts détectés dans deux viroles des cuves des réacteurs ne soit pas prouvée, l'AFCN a accepté l'affirmation d'Electrabel selon laquelle ces défauts sont des défauts dus à l'hydrogène. Bien que l'inspection par ultrasons n'ait pas montré de signes décelables après la fabrication mais que trente ans plus tard, des milliers de défauts d'une taille

allant jusqu'à 179 mm aient été constatés, l'AFCN a validé l'opinion de l'exploitant, selon laquelle les défauts ne se sont pas aggravés depuis la mise en service.

Il est compréhensible qu'une méthode de détection par ultrasons plus fine décèle plus de petits défauts, mais il n'est pas compréhensible qu'une méthode de détection par ultrasons moins fine ne décèle pas de défauts de grande taille. L'observation inverse doit être attendue: des défauts importants décelés par une technique moins fine apparaissent comme un assemblage de petits défauts en utilisant une technique plus fine.

Dès lors, l'exploitant n'est pas en mesure de fournir une preuve formelle que les défauts ne se sont pas étendus pendant le fonctionnement.

Le fait qu'aucun signe n'ait été détecté après la fabrication mais que des milliers de défauts aient été décelés trente ans plus tard, avec une augmentation de taille dans les résultats des derniers tests par ultrasons, ne peut s'expliquer que par le développement / l'extension des défauts pendant le fonctionnement.

L'exploitant n'est toujours pas en mesure d'expliquer pourquoi seules quatre viroles sont touchées et pourquoi ces défauts sont apparus seulement dans les cuves de ces deux réacteurs.

Un membre de l'International Review Board (IRB) a fait valoir que certains processus de réparation du métal de base avaient pu intervenir avant la pose du revêtement et occasionner des défauts qui ont pu s'agrandir pendant le fonctionnement. Une hypothèse similaire a été exprimée par l'auteur dans l'étude de 2013. Cette éventualité n'a pas été étudiée par l'AFCN.

W. Bogaerts et D. Macdonald émettent l'hypothèse d'un possible mécanisme d'extension provoqué par de l'hydrogène de radiolyse / électrolyse dans la paroi de la cuve du réacteur. L'AFCN a rejeté cette hypothèse.

L'approche de défense en profondeur telle que stipulée par Bel V (comparable aux principes fondamentaux de sûreté des Allemands) se fonde sur la qualité supérieure de la cuve du réacteur après fabrication, laquelle doit être maintenue pendant toute la durée d'exploitation. Cette exigence fondamentale n'est certainement pas satisfaite. Une cuve de réacteur avec des milliers de défauts – et avec des défauts d'une telle taille – ne serait pas homologable, ni aujourd'hui, ni à l'époque de sa fabrication.

Les campagnes d'irradiation faisaient partie des exigences de l'AFCN pour le redémarrage en 2013. Ces campagnes ont été réalisées en utilisant des échantillons d'un générateur de vapeur refusé (AREVA VB395), des morceaux de buses de Doel (exemptes de défauts) et pour la dernière campagne, des échantillons allemands FKS (KSO2). Ni les échantillons VB395, ni les KSO2 ne peuvent être considérés comme représentatifs du matériau de base des cuves des réacteurs ; les morceaux de

buses ne sont représentatifs que du matériau de base non défectueux des cuves des réacteurs, mais ils n'ont pas le même historique de fonctionnement que les cuves des réacteurs. Electrabel a procédé à ces tests en se basant sur l'hypothèse que ces échantillons étaient représentatifs.

La fragilisation inattendue des échantillons VB395 irradiés dans le réacteur expérimental BR2 a finalement été justifiée par un mécanisme de fragilisation encore inconnu à ce jour ; actuellement, ces échantillons sont considérés comme des profils anormaux. Electrabel et l'AFCN ne s'attendent pas à une telle fragilisation accentuée des viroles Doel 3/ Tihange 2.

Par le passé, les découvertes expérimentales sur la fragilisation d'aciers de même type ont toujours été incluses dans la base de données sur la fragilisation qui est utilisée pour définir les courbes prédictives de fragilisation en tant que limites supérieures enveloppes. La fragilisation par les neutrons est le résultat complexe de processus stochastiques comprenant plusieurs mécanismes possibles. Éliminer les découvertes inattendues en les désignant comme des « profils anormaux » ne peut pas être considéré comme une pratique scientifique saine.

Les courbes tendanciennes de fragilisation sont utilisées dans le cadre de l'analyse de choc thermique sous pression pour calculer les courbes de ténacité en fonction de la fluence neutronique. Dans les normes françaises, les courbes dites FIS sont des limites supérieures enveloppes fondées sur les données expérimentales de fragilisation d'aciers similaires. Electrabel a établi de nouvelles courbes prédictives qui remplacent les courbes FIS utilisées jusqu'à présent. Les termes utilisés dans la nouvelle équation sont supposés prendre en compte les incertitudes de l'état réel de la ténacité de l'acier des cuves des réacteurs. Aucune justification des facteurs utilisés dans les différents termes n'est fournie – mais il est clair que la nouvelle courbe tendancielle ne constitue plus une limite supérieure enveloppe du décalage de la température de transition ductile-fragile du matériau (RTNDT).

Pour l'évaluation de l'intégrité structurelle, le champ de température sur la paroi de la cuve du réacteur doit être calculé pour des transitoires accidentels graves (par exemple, les accidents de perte de réfrigérant primaire) en supposant l'injection de sécurité d'eau froide le long de la paroi chaude de la cuve. Les gradients de température vont provoquer des contraintes thermiques dans la paroi de la cuve, qui pourraient favoriser l'extension non contrôlée de fissures en fonction des propriétés mécaniques du matériau. Ces calculs de rupture mécanique sont réalisés sur la base d'hypothèses sur la ténacité réelle du matériau, ainsi que de courbes prédictives incluant le phénomène de fragilisation neutronique. Les calculs doivent être réalisés pour chaque fissure détectée (taille, forme, localisation); il faut démontrer que pour aucune fissure, il ne se produira une extension incontrôlée dans le cas du transitoire accidentel supposé (critère ASME).

En ce qui concerne les propriétés mécaniques, il existe des doutes sur le fait que la ténacité (sans les effets d'irradiations) de l'acier défectueux soit la même que celle de l'acier non défectueux. Dans la nouvelle courbe tendancielle, la ténacité initiale du matériau non défectueux est utilisée. Electrabel prétend qu'un terme supplémentaire de la nouvelle courbe tendancielle est censé couvrir la partie inconnue (inattendue) de la fragilisation induite par l'irradiation dans le taux de fragilisation observé sur les échantillons VB395. Ce terme n'est pas quantifié par Electrabel. La justification des valeurs numériques utilisées peut être trouvée dans le rapport du Oak

Ridge National Laboratory (ORNL), qui indique que cette valeur n'était pas enveloppe des résultats expérimentaux de fragilisation, mais a été ajustée aux exigences limites en matière de fragilisation dans les normes.

Dans le cadre de cette évaluation de l'intégrité structurelle, plusieurs défauts n'étaient pas conformes aux critères d'acceptabilité de l'ASME. Dès lors, les calculs de l'ORNL incluaient l'effet dit de « précontrainte thermique » – qu'il n'est pas prévu d'appliquer dans l'analyse de choc thermique sous pression selon les normes françaises et allemandes – afin d'atteindre la conformité avec les critères d'acceptabilité de l'ASME. Pour l'un des défauts, cette procédure n'a pas été suffisante pour atteindre la conformité. Finalement, une modélisation « plus réaliste » du défaut a été nécessaire pour atteindre la conformité avec les critères de l'ASME. C'est certainement une réduction supplémentaire du conservatisme.

Pour un résultat positif des calculs de l'évaluation de l'intégrité structurelle, il a également fallu supposer que l'eau du système d'injection de sécurité était chauffée à 40°C (selon Electrabel). L'ORNL a fixé la température à 40°C pour ses calculs. Dans le rapport final de l'AFCN de 2015, la température de l'eau du système d'injection de sécurité n'est pas quantifiée. Jan Bens, directeur de l'AFCN, a informé la Chambre belge des Représentants que cette température a été augmentée à 45-50°C. Ces 50°C constituent la limite en ce qui concerne la capacité de refroidissement du cœur en cas d'accident.

Ceci soulève un problème supplémentaire : l'important volume d'eau du système d'injection de sécurité (probablement environ 1 800 m³) doit en permanence être réchauffé à environ 45° C. La température ne peut pas être inférieure à 40° C, parce que cela transgresserait les exigences d'intégrité structurelle en cas d'accident, mais elle ne doit pas atteindre 50° C, parce que cela compromettrait la capacité de refroidissement du cœur en conditions accidentelles.

Il est manifeste que la fenêtre de tolérance est plutôt réduite et qu'il n'existe aucune marge de sûreté.

L'évaluation des documents publiés a révélé une diminution du conservatisme tout au long de l'analyse du Dossier de sûreté (*Safety case*) réalisée. Les échantillons non représentatifs utilisés lors des campagnes d'irradiation, qui étaient censés confirmer la marge de sûreté lors de l'évaluation des risques dans le Dossier de sûreté 2012, se sont transformés en « profils anormaux ». En gardant à l'esprit que l'agrandissement des défauts dans les viroles des cuves des réacteurs pendant leur fonctionnement ne peut pas être exclu, l'autorisation de redémarrage des deux réacteurs est incompréhensible.