

Indications de défauts dans les cuves sous pression des réacteurs de Doel 3 et Tihange 2

Note technique d'information – 01.02.2013

1. Contexte

Doel 3 et Tihange 2 sont deux des sept réacteurs nucléaires belges exploités par Electrabel, une compagnie du groupe GDF-SUEZ.

En juin 2012, lors d'un nouveau type d'inspection en service conduite pour la première fois en Belgique, plusieurs milliers d'indications de défauts ont été détectées dans le métal de base de la cuve du réacteur de Doel 3, localisées principalement dans les viroles de cœur supérieure et inférieure. Par précaution, des inspections similaires ont été menées en septembre 2012 sur l'unité de Tihange 2, dont la cuve du réacteur est de conception et de construction identiques. Des indications de défauts y ont également été détectées, mais en quantité moindre.

La cuve est un composant clé dans un réacteur, et sa défaillance n'est pas couverte par les études de sûreté. En conséquence, l'exploitant a décidé de maintenir les deux unités à l'arrêt à froid, cœur déchargé, au moins jusqu'à ce que des analyses approfondies aient été réalisées et soumises à l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire (AFCN) en vue d'un éventuel redémarrage de leur exploitation.

Avec le support d'experts internes et externes, l'exploitant a initié durant l'été 2012 une investigation sur la nature et l'origine précises de ces indications, et a bâti sa propre analyse pour déterminer si l'exploitation sûre des unités en cause pouvait reprendre ou non malgré les défauts détectés. La démonstration de l'exploitant a été consignée dans deux dossiers de sûreté et étayée par un certain nombre de documents techniques, qui ont conduit l'exploitant à conclure que les deux unités de Doel 3 et Tihange 2 étaient aptes à redémarrer immédiatement. En parallèle, l'exploitant a également proposé plusieurs mesures complémentaires destinées à renforcer plus encore l'exploitation sûre des unités, à surveiller l'état des cuves dans le temps ou à étendre son programme initial d'essais sur matériaux.

Entre-temps, l'AFCN a constitué une organisation dédiée et a mandaté plusieurs groupes d'experts nationaux et internationaux pour lui fournir un avis scientifique et technique afin d'élaborer un jugement indépendant, fondé et équilibré sur la question.

Au cours du processus d'évaluation, les groupes d'experts ont soulevé un certain nombre de questions qui ont été discutées avec l'exploitant et ses appuis techniques. De ces discussions, un certain nombre de questions en suspens ont été relevées à propos de la fabrication des cuves de réacteurs, l'adéquation de la technique d'inspection en service, la possible évolution des défauts durant l'exploitation future, la caractérisation des propriétés des matériaux et l'intégrité structurelle des cuves soumises à des charges pénalisantes.

2. Constats de l'AFCN

Sur base des données fournies par l'exploitant et des conclusions formulées par Bel V, AIB-Vinçotte et les groupes d'experts nationaux et internationaux sur les défauts des cuves des réacteurs de Doel 3 et Tihange 2, l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire tire les **conclusions générales** suivantes pour chaque thème :

Concernant la fabrication des cuves des réacteurs :

Sur la base des seuls dossiers de réalisation, la présence d'indications de défauts depuis la phase de fabrication ne peut être confirmée dans la mesure où les indications qui étaient détectables à ce stade n'ont pas été consignées dans les rapports d'inspection finaux de la construction des cuves.

Concernant les inspections en service :

Des incertitudes existent toujours quant à la capacité des techniques d'inspection en service à détecter et caractériser correctement tous les défauts présents dans les cuves des réacteurs.

Concernant l'origine métallurgique et l'évolution des indications :

L'origine la plus probable des indications identifiées dans les cuves des réacteurs de Doel 3 et Tihange 2 est la formation de défauts dus à l'hydrogène liée au processus de fabrication. Une évolution significative des défauts dus à l'hydrogène à cause du fonctionnement des unités est improbable.

Concernant les propriétés des matériaux :

Davantage de données expérimentales sur les propriétés de traction et de ténacité des matériaux sont nécessaires pour valider l'approche retenue pour l'évaluation de l'intégrité structurelle.

Concernant l'intégrité structurelle des cuves des réacteurs :

L'approche retenue par l'exploitant pour justifier l'intégrité structurelle des cuves des réacteurs nécessite encore d'être complétée ou validée sur certains points. L'évaluation probabiliste fournie par l'exploitant est utilisée uniquement à titre informatif.

Concernant les mesures et actions complémentaires proposées par l'exploitant :

Les mesures opérationnelles complémentaires proposées par l'exploitant sont pertinentes.

Le programme d'inspections en service proposé par l'exploitant devrait porter une attention particulière aux défauts les plus défavorables.

Des incertitudes subsistent dans l'évaluation de l'intégrité structurelle et appellent une vérification expérimentale complémentaire.

Dans l'état actuel des connaissances et compte tenu des données disponibles, les questions en suspens identifiées au cours du processus d'évaluation ne constituent pas des conditions qui nécessitent un arrêt définitif des unités de Doel 3 et Tihange 2.

Toutefois, ces questions en suspens entraînent des incertitudes qui peuvent réduire le conservatisme de la démonstration de sûreté de l'exploitant et diminuer ainsi le niveau de confiance dans la possibilité d'exploiter de manière sûre les réacteurs en question.

En conséquence, l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire considère qu'en l'état actuel des choses, les unités de Doel 3 et Tihange 2 ne pourront redémarrer qu'une fois que les exigences énumérées au paragraphe §3 suivant auront été remplies par l'exploitant.

L'exploitant doit établir un plan d'action pour satisfaire à ces exigences, incluant une méthodologie et les critères d'acceptation associés le cas échéant. Ce plan d'action doit être approuvé par l'autorité de sûreté nucléaire belge.

Une fois que l'exploitant aura mis en œuvre son plan d'action, l'AFCN, conjointement avec Bel V et AIB-Vinçotte, évaluera si toutes les questions de

sûreté à l'origine des exigences sont résolues et si les réserves associées peuvent être levées. Sur cette base, l'AFCN motivera sa décision sur le possible redémarrage des unités de Doel 3 et Tihange 2 dans un rapport d'évaluation finale.

Cette position s'applique uniquement aux unités de Doel 3 et Tihange 2 et n'engage pas les autres réacteurs nucléaires potentiellement concernés ailleurs dans le monde. L'évaluation de leur sûreté reste de la responsabilité des autorités nationales compétentes.

3. Exigences de l'AFCN

Les suggestions, observations et conclusions des différentes organisations et des différents groupes de travail ont été évaluées par l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire. Lorsqu'il y a lieu, l'AFCN a décidé d'utiliser ces contributions dans la formulation des exigences spécifiques destinées à l'exploitant.

L'AFCN formule les exigences suivantes pour chaque thème.

Concernant la fabrication des cuves des réacteurs :

Etant donné que toute la documentation actuellement disponible a été exploitée et qu'aucun autre enseignement ne peut en être tiré, l'AFCN ne formule pas d'autre exigence sur ce thème.

Concernant les inspections en service ¹ :

En préalable au redémarrage des deux unités, les exigences à court terme sur les inspections mentionnées dans l'évaluation d'AIB-Vinçotte doivent être remplies par l'exploitant :

- L'exploitant doit analyser à nouveau les données des examens d'accrochage du revêtement (EAR) pour Tihange 2, dans une gamme de profondeur de 0 à 15 mm dans les zones présentant des défauts dus à l'hydrogène afin de confirmer si certains de ces défauts technologiques de revêtement doivent être considérés comme des défauts dus à l'hydrogène.
- L'exploitant doit démontrer qu'aucun défaut critique de type défaut dû à l'hydrogène n'est attendu dans les zones non inspectables.
- L'exploitant doit démontrer que la procédure d'inspection à ultrasons employée permet de détecter, avec un niveau de confiance élevé, les défauts présentant une inclinaison plus importante dans les données de Doel 3 / Tihange 2 (inspections de 2012).
- L'exploitant doit présenter le rapport détaillé de tous les examens macrographiques, y compris de l'échantillon présentant des réflexions à 45°T, et doit également analyser des échantillons supplémentaires présentant une réflectivité à 45°T et en remettre les résultats.
- L'exploitant doit inclure une série de défauts partiellement cachés par d'autres défauts dans ses analyses macrographiques afin de confirmer si la méthode de dimensionnement reste fiable.

¹ L'AFCN tient à souligner que les exigences relatives à la vérification de la procédure de contrôle non destructif, ainsi que l'examen et le suivi de leur programme de qualification relèvent de la responsabilité d'AIB-Vinçotte, qui est l'organisme agréé en la matière en Belgique.

- L'exploitant doit analyser à nouveau les inclinaisons des défauts sur le bloc VB-395/1 en employant la même méthode que celle utilisée sur site.

Aussitôt que possible après le redémarrage des deux unités :

- L'exploitant doit accomplir un programme de qualification complet afin de démontrer l'adéquation de la technique d'inspection en service au cas présent. La qualification doit apporter les garanties suffisantes quant à l'exactitude des résultats concernant le nombre et les caractéristiques (emplacement, dimensions, orientation...) des indications de défauts. Si besoin est, le processus sera étayé par des données expérimentales appropriées obtenues à partir d'échantillons représentatifs. Le programme de qualification complet doit être accompli avant le prochain arrêt planifié pour rechargement.

Concernant l'origine métallurgique et l'évolution des indications :

Après le redémarrage des deux unités :

- L'exploitant doit effectuer des inspections de suivi lors du prochain arrêt planifié pour rechargement afin de s'assurer qu'aucune évolution des indications de défaut n'est apparue durant l'exploitation.

Concernant les propriétés des matériaux :

En préalable au redémarrage des deux unités :

- L'exploitant doit compléter son programme d'essais des matériaux en utilisant des échantillons avec macro-ségrégations présentant des défauts dus à l'hydrogène. Ce programme expérimental doit inclure :
 - des essais sur des éprouvettes de petite taille :
 - essais de ténacité en fond de fissure des défauts dus à l'hydrogène ;
 - essais de traction sur le ligament à proximité des défauts dus à l'hydrogène ;
 - des essais (de traction) sur des échantillons de grande taille.
- L'exploitant doit effectuer des mesures complémentaires de la quantité résiduelle d'hydrogène actuelle dans des échantillons avec défauts dus à l'hydrogène, afin de confirmer les résultats du nombre limité de tests effectués jusqu'à présent. Par exemple, l'exploitant a estimé une limite supérieure pour la quantité d'hydrogène résiduelle qui pourrait encore être présente dans les défauts. L'exploitant doit démontrer que les propriétés des matériaux retenues sont encore valables, même dans le cas où cette quantité maximale d'hydrogène serait encore présente dans des défauts critiques.

Aussitôt que possible après le redémarrage des deux unités :

- Un programme expérimental destiné à étudier les propriétés des matériaux d'échantillons irradiés contenant des défauts dus à l'hydrogène doit être élaboré par l'exploitant.
- L'exploitant doit poursuivre ses études expérimentales sur les propriétés locales (à l'échelle microscopique) des matériaux d'échantillons présentant des macro-ségrégations, des veines sombres et des défauts dus à l'hydrogène (composition chimique locale par exemple). Selon les résultats, l'impact de la composition sur les propriétés mécaniques locales (par exemple, résistance à la rupture) sera quantifié.

- L'exploitant doit poursuivre l'évaluation de l'impact du vieillissement thermique de la zone présentant des macro-ségrégations.

Concernant l'intégrité structurelle des cuves des réacteurs :

En préalable au redémarrage des deux unités :

- Compte tenu des résultats des actions menées en application de l'exigence précédente sur la détection des défauts à inclinaison plus importante lors des inspections en service, l'exploitant doit évaluer l'impact de l'éventuelle omission de défauts à inclinaison plus importante sur les résultats de l'évaluation de l'intégrité structurelle.
- L'exploitant doit compléter le programme d'essais de matériaux en cours en testant des échantillons de plus grande taille présentant des défauts dus à l'hydrogène, avec les deux objectifs suivants :
 - Objectif 1 : Essais de traction sur des échantillons présentant de multiples défauts dus à l'hydrogène (inclinés), qui devront plus particulièrement démontrer que le matériau a une ductilité et une capacité de charge suffisantes, et qu'il n'y a pas de rupture fragile prématurée.
 - Objectif 2 : Une confirmation expérimentale de l'adéquation et du conservatisme de l'analyse 3D aux éléments finis.

Concernant le plan d'action proposé par l'exploitant :

En préalable au redémarrage des deux unités :

- En plus des actions proposées par l'exploitant et des exigences complémentaires spécifiées par l'AFCN dans les chapitres précédents, l'exploitant doit réaliser un test de charge sur les deux cuves des réacteurs. L'objectif de ce test n'est pas de valider la démonstration analytique sur la cuve elle-même, mais de démontrer qu'aucune condition inattendue n'est présente dans les cuves des réacteurs. La méthodologie et les tests associés (émission acoustique et inspection ultrasonique...) seront définis par l'exploitant et soumis à l'autorité de sûreté nucléaire pour approbation. Le critère d'acceptation sera qu'aucune initiation ou propagation de fissure ne sont enregistrées lors de la mise en charge de la cuve.