

DIRECTION DES ÉQUIPEMENTS
SOUS-PRESSION NUCLÉAIRES

Dijon, le 20 septembre 2010

N° Réf : CODEP-DEP-2010-038004

Monsieur le Directeur
De la Division Production Nucléaire
Site Cap Ampère
1, place Pleyel
93282 SAINT-DENIS CEDEX

Objet : Tenue en service des cuves des réacteurs de 900 MWe pendant la période décennale suivant les VD3

Réf. : [1] Courrier ASN DEP-SD5-0135-2006 du 18 mai 2006
[2] Avis du GP ESPN relatif à la tenue en service des cuves des réacteurs de 900 MWe
[3] Rapport au GP ESPN relatif à la tenue en service des cuves des réacteurs de 900 MWe, CODEP-DEP-2010-013804 du 1^{er} juin 2010
[4] Addendum au rapport au GP ESPN relatif à la tenue en service des cuves des réacteurs de 900 MWe, CODEP-DEP-2010-035416 du 29 juin 2010
[5] Courrier EDF D4550.32-10/2515 du 8 juin 2010

Monsieur le Directeur,

Afin de justifier la tenue en service des cuves des réacteurs de 900 MWe pendant la période décennale suivant leur troisième visite décennale (VD3), vous m'avez transmis un dossier de démonstration révisé tenant compte des remarques formulées par l'ASN [1] après l'instruction du dossier en 2005.

Votre dossier a porté sur l'ensemble des aspects relatifs à la justification de la tenue en service des cuves :

- suivi de l'irradiation reçue par les cuves ;
- identification des transitoires conduisant à des situations pénalisantes pour la cuve et les calculs thermohydrauliques réalisés en vue de déterminer les chargements mécaniques et thermiques sur les cuves ;
- méthodes de prévision des effets de l'irradiation et la justification de leur caractère conservatif ainsi que les résultats du suivi du vieillissement ;
- analyse mécanique réalisée pour démontrer la tenue des cuves, pour toutes les catégories de situations, en présence de défauts avérés ou dont la présence ne peut être exclue eu égard aux performances des procédés de contrôle mis en œuvre ;
- suivi en service des cuves ;
- démarche de gestion du vieillissement appliquée aux cuves des réacteurs de 900 MWe.

Etant donnée l'importance de l'intégrité de la cuve du réacteur dans la démonstration de sûreté des centrales nucléaires à eau sous pression, ce dossier constitue un élément essentiel de la prise de position de l'ASN sur la poursuite d'exploitation de chaque réacteur de 900 MWe pendant la période décennale suivant les VD3. J'ai donc demandé au Groupe permanent pour les équipements sous pression nucléaire de me faire part de son avis [2] sur la démonstration de la tenue en service des cuves que vous avez apportée. En préparation de la tenue de ce Groupe permanent, une instruction a été menée conjointement par les services de l'ASN et leur appui technique l'IRSN [3] et [4].

L'instruction a mis en évidence que les modifications que vous avez apportées à votre dossier au cours des dernières années ont intégré de façon satisfaisante les demandes de l'ASN [1]. Toutefois, l'instruction technique des éléments transmis et des hypothèses sur lesquelles ils reposent ont montré qu'il est nécessaire que vous étayiez votre démonstration sur certains points, par la transmission d'éléments complémentaires. Ces éléments devront permettre de conforter le niveau de garantie apporté par votre justification.

Après avoir amendé les études sur plusieurs points visant notamment à prendre en compte plusieurs des recommandations formulées en annexe de ce courrier, les calculs réalisés ont montré que les critères réglementaires étaient respectés durant la période décennale suivant les VD3. Par ailleurs, à l'exception de deux réacteurs, cette justification a pu être apportée sans avoir besoin de valoriser dans la démonstration la possibilité de maintenir la température de la bâche PTR à une température supérieure à 20°C, ce qui permettrait, si nécessaire, de diminuer la sévérité des transitoires en cas de brèches primaires.

Je considère donc que les éléments que vous m'avez transmis sont de nature à garantir la tenue en service des cuves pendant la période décennale suivant les VD3, sous réserve que :

- vous intégriez à la prochaine révision du dossier les éléments que vous vous êtes engagés à transmettre [5] ;
- vous preniez en compte, dans une version révisée du dossier, l'ensemble des recommandations figurant en annexe de ce courrier, au plus tard aux échéances fixées par l'ASN ;
- vous mettiez en place en temps utile, si la prise en compte des recommandations mentionnées au point précédent remettait en cause les éléments transmis, des mesures correctives adaptées telles que le maintien de la température de l'eau de la bâche PTR à une valeur supérieure à 20°C, même si les cuves éventuellement concernées ne présentent pas de défauts de taille supérieure à 5mm ;
- vous portiez la température de la bâche PTR du réacteur de Saint Laurent B1 à 20°C garantis et vous assuriez de la cohérence entre la capacité des dispositions visant à réchauffer l'eau de la bâche PTR et la valeur prise en compte dans la démonstration, et ce dans toutes les conditions climatiques devant être considérées.

Cette position a été établie en prenant en compte d'une part le dossier de justification que vous avez transmis ainsi que les programmes de suivi de l'irradiation et de contrôles en service que vous mettez en place.

Je vous demande également de me présenter annuellement un bilan d'avancement de vos travaux ainsi que votre programme de travail, dont le premier devra être réalisé avant fin 2010.


Par ailleurs, je note que les échanges entre nos services ont conduit, au cours de l'instruction, à des évolutions de la démonstration et je vous demande de réaliser, lors de la prochaine révision du dossier :

- une synthèse des hypothèses modifiées par rapport à la version précédente de la démonstration accompagnée de la justification des changements opérés ;
- une quantification précise de l'impact du changement d'hypothèses qui s'appuiera notamment sur des calculs directs pour la taille de défaut considérée.

Je considère par ailleurs qu'il est de votre responsabilité de proposer une démonstration qui quantifie les marges disponibles par rapport au critère réglementaire, en prenant en compte les conservatismes identifiés dans la démonstration et dont le caractère conservatif est partagé par l'ASN. Je considère que la fourniture de ces éléments est nécessaire à une estimation précise de la durée de validité de la démonstration de tenue en service de la cuve.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Pour le Président de l'ASN et par délégation,
Le directeur général,


Jean-Christophe NUEL

Copies :

- ASN Divisions de Bordeaux, Douai, Lyon, Orléans, Strasbourg
- ASN/DCN
- IRSN/DSR
- M. le président du GP ESPN

Annexe 1

Demandes relatives au suivi de la fluence reçue par les cuves

L'instruction des aspects « neutronique » du dossier de démonstration a mis en évidence que la mise en place des plans de chargement à faible fluence a permis de réduire de façon significative l'irradiation des cuves. Ainsi, cette disposition contribue à limiter la fragilisation de l'acier des cuves au cours de l'exploitation.

D.A1/1 Je vous demande de poursuivre vos efforts en termes de réduction de la fluence reçue par les cuves, notamment concernant les réacteurs dont la cuve présente un ou plusieurs défauts de taille supérieure à 5mm.

Les prévisions de fluence reçues par les cuves à l'échéance de la période décennale suivant les VD3 constituent un élément important de la démonstration de tenue en service des cuves permettant de s'assurer que l'irradiation de la cuve ne conduit pas à dépasser les critères considérés dans le dossier de justification. Vos calculs s'appuient sur des mesures de fluence ainsi que sur des projections reposant sur des hypothèses en termes de coefficient de production et de flux neutronique reçu par la cuve.

D.A1/2 Je vous demande de me transmettre tous les 3 ans, à partir de 2014, pour l'ensemble des réacteurs de 900 MWe:

- la valeur de fluence conduisant à la température de transition maximale permettant de respecter les critères réglementaires, à l'échéance de VD3+11 ans, pour un défaut générique et, le cas échéant, pour les défauts réels ;
- la valeur moyenne du coefficient de production sur les 5 dernières campagnes précédant l'échéance considérée ;
- la nouvelle projection de fluence à VD3+11 ans en précisant les hypothèses de calcul en termes de coefficient de production et de flux neutronique.

Annexe 2

Demandes relatives aux aspects thermohydrauliques

Réf : [A2-1] Courrier ASN DEP-SD5-0135-2006 du 18 mai 2006
[A2-2] Courrier EDF D4550.32-10/0194 du 18 janvier 2010
[A2-3] Courrier EDF D4550.32-10/2515 du 8 juin 2010

L'instruction technique des aspects relatifs aux calculs thermohydrauliques du dossier de justification a mis en évidence l'importance du travail que vous avez réalisé en vue de prendre en compte les demandes formulées par l'ASN [A2-1]. Ces travaux incluaient notamment des évolutions positives de l'étude de sensibilité concernant les scénarios de brèches primaires de 3^{ème} catégorie et la mise en place d'une démarche de qualification des codes de calcul reposant sur l'identification des phénomènes physiques à modéliser ainsi que sur des validations expérimentales sur maquette.

Je note par ailleurs que votre programme de travail se poursuit et prévoit d'ores et déjà les moyens d'apporter des réponses à plusieurs questions soulevées au cours de l'instruction [A2-2] mais qui peuvent impliquer des actions difficiles à mettre en œuvre à très court terme.

Malgré les nombreuses améliorations apportées aux études thermohydrauliques, je considère que certains points restent à approfondir.

A2.1 Transitoires pris en compte dans l'analyse

Vous avez précisé que la liste des transitoires les plus pénalisants est mise à jour, pour tenir compte de la configuration des réacteurs après leur VD3, en préalable à l'analyse mécanique du comportement des défauts et que la démarche de mise à jour comporte les étapes suivantes :

- sélection des transitoires dimensionnants compte tenu des travaux effectués sur le comportement thermohydraulique ;
- prise en compte des modifications matérielles VD3 ;
- prise en compte des évolutions de la conduite normale et accidentelle ainsi que des spécifications techniques d'exploitation ;
- prise en compte des réévaluations des données fonctionnelles ;
- prise en compte du retour d'expérience de l'exploitation des tranches.

L'instruction technique a montré que vos études visent bien à choisir des paramètres permettant de pénaliser les transitoires, à s'assurer de leur caractère enveloppe et à réviser la liste des transitoires en y incluant le retour d'expérience et les modifications matérielles, mais la démarche se base toujours sur des états définis à la conception. Les garanties permettant de s'assurer que tous les états de fonctionnement du réacteur sont couverts sont insuffisantes, au vu notamment de l'absence de retour d'expérience concernant les situations de 3^{ème} et 4^{ème} catégorie qui limite les évolutions de votre dossier concernant ce type de transitoires et, de ce fait, l'exhaustivité de la sélection des transitoires peut être questionnée. Par ailleurs, les probabilités associées à la liste des transitoires étudiés n'ont pas été réévaluées.

D.A2/1 En conséquence, je vous demande de compléter votre démonstration de l'exhaustivité de la recherche des scénarii conduisant à des situations pénalisantes pour la cuve en procédant à une mise à jour de la liste des transitoires qui permettra entre autres de s'assurer que l'ensemble des situations les plus sévères vis-à-vis de leur impact sur la tenue mécanique de la cuve ont bien été prises en compte. Dans ce cadre, les scénarii qui seraient issus du domaine complémentaire seraient à étudier sans coefficients de sécurité, avec des hypothèses réalistes.

D.A2/2 Je vous demande par ailleurs de me transmettre dès qu'elles seront disponibles les notes documentant la prise en compte, dans le dossier relatif à la tenue en service des cuves, du retour d'expérience et notamment des événements significatifs pour lesquels il y a eu sortie du domaine des conditions thermohydrauliques de fonctionnement du circuit primaire.

La prise en compte des modifications matérielles est un élément important de la mise à jour de la liste des transitoires pris en compte dans la démonstration de tenue en service mais plus largement dans le dossier des situations en général.

D.A2/3 Je vous demande de vous assurer que le cas des générateurs de vapeur de remplacement de tous types sont pris en compte dans le cadre de l'identification de l'impact des modifications matérielles sur le dossier des situations.

Par ailleurs, l'instruction a montré que vous traitiez en général la prise en compte des modifications matérielles par un argumentaire qualitatif qui s'appuie en particulier sur des profils théoriques enveloppes. Je considère qu'il est nécessaire d'évaluer plus précisément l'impact des modifications, en particulier dans le cas des transitoires de 3ème et 4ème catégories pour lesquels il n'existe pas de profil théorique enveloppe.

D.A2/4 Je vous demande de me proposer sous un an un critère de reprise pour les analyses quantitatives qui permettra de s'assurer que l'impact d'une modification matérielle est simulé dès que ce critère est dépassé. Ce critère pourra en particulier se baser sur la marge disponible par rapport au critère de sûreté avant réalisation de la modification.

A2.2 Etudes de sensibilité

Vous avez apporté à vos études de sensibilité plusieurs améliorations, prenant notamment en compte plusieurs paramètres identifiés comme pouvant potentiellement conduire à des phénomènes à seuil, en vue de vous assurer que les transitoires retenus dans l'analyse thermohydraulique sont bien les plus pénalisants vis-à-vis de la tenue mécanique de la cuve. Ces éléments constituent une évolution du dossier et tendent à conforter le choix des transitoires retenus mais l'instruction technique a montré que les études de sensibilité devaient encore être complétées sur plusieurs aspects.

Je considère qu'il est nécessaire que vous adoptiez une démarche permettant d'identifier les paramètres thermohydrauliques les plus pénalisants vis-à-vis de la tenue mécanique de la cuve. Cette action est par ailleurs prévue dans votre programme de travail [A2.2].

D.A2/5 Je vous demande de formaliser la démarche permettant de vous assurer de l'identification des paramètres thermohydrauliques clés ainsi que de leur combinaison la plus pénalisante vis-à-vis de la tenue mécanique de la cuve et de me transmettre les documents correspondants dès qu'ils seront disponibles. Si vous êtes amenés à identifier des paramètres dont les valeurs les plus pénalisantes n'ont pas été retenues dans les analyses précédentes, vous procéderez à une nouvelle étude de sensibilité.

Je considère par ailleurs que les résultats des études de sensibilités ne permettent pas de conclure au caractère pénalisant des brèches de 2 et 3 pouces prises en compte pour représenter le cas des brèches primaires de 3^{ème} catégorie qui couvrent les brèches de diamètre équivalent compris entre 1 et 4 pouces.

D.A2/6 Je vous demande de compléter la justification du caractère pénalisant des tailles de brèche étudiées et notamment de compléter, si nécessaire, votre analyse par l'étude de tailles de brèches supplémentaires comprises entre 1 et 4 pouces.

Au cours de l'instruction techniques a été évoqué le cas des scénarios de brèche primaire de taille intermédiaire pouvant conduire à un fort dénoyage de l'espace annulaire suivi d'un renoyage rapide, et pour lesquels l'analyse mécanique n'est pas finalisée.

D.A2/7 Je vous demande donc de compléter les analyses réalisées dans le cadre de l'étude de sensibilité des petites brèches primaires en caractérisant les transitoires pouvant conduire à des phénomènes de fort dénoyage puis de renoyage. Je vous demande également de réaliser, pour de tels transitoires, une analyse mécanique qui couvrira le cas du défaut générique et des défauts réels, et devra prendre en compte les coefficients de sécurité associés aux types de transitoires correspondants.

Ces compléments d'analyse devront être transmis à J'ASN sous 2 ans.

Vous avez utilisé dans vos études la méthode CREARE/VESTALE dont l'instruction technique a montré qu'elle ne permettait pas de hiérarchiser les transitoires en fonction de leur sévérité et, de ce fait, d'identifier précisément les situations les plus pénalisantes. Par ailleurs, cette méthode ne prend pas en compte plusieurs phénomènes physiques importants. Vous avez précisé que votre programme de travail inclut des améliorations de la méthode CREARE reposant notamment sur des études à partir de la maquette HYBISCUS II.

D.A2/8 Je vous demande de vous assurer de la pertinence des cas pénalisants identifiés en vous appuyant sur une méthode qui pourra prendre en compte les résultats tirés de nouvelles maquettes dès que ceux-ci seront disponibles.

A2.3 Validation des codes de calcul

Je note que vous utilisez des méthodes conformes à l'état de l'art et que vous avez mené une démarche de qualification des codes de calculs que l'instruction technique permet de juger de manière positive. Je souligne à ce titre les actions mises en place afin d'améliorer les outils de simulation et de modélisation disponibles et notamment la démarche de validation par rapport aux phénomènes physiques à modéliser que vous avez mise en œuvre.

Je note toutefois que les phénomènes physiques à modéliser sont, notamment en raison des éléments géométriques et des paramètres d'injection, des écoulements tridimensionnels complexes que l'instrumentation des essais simulés ne permet pas de valider complètement.

D.A2/9 Je vous demande de poursuivre vos efforts en vue d'apporter des éléments complémentaires de validation sur la capacité des codes de calcul à simuler des écoulements potentiellement tridimensionnels dans les différentes zones d'intérêt, telles que les branches froides.

La simulation des essais UPTF joue un rôle primordial dans la démonstration de validation des codes de calcul, en particulier le code STAR-CD. Les résultats de ces simulations dépendent fortement des hypothèses prises en compte, notamment celles concernant le débit de by-pass. Ainsi, l'absence de connaissance des caractéristiques du by-pass dans le cas des essais UPTF qui constituent les seuls essais intégraux du dossier de validation peuvent potentiellement remettre en cause la validation du code STAR-CD.

D.A2/10 Je vous demande d'apporter des éléments complémentaires, vis-à-vis du débit de by-pass, en support de votre dossier de validation du code STAR-CD.

Certains paramètres, dont le coefficient d'échange entre le fluide et les parois de la cuve sont essentiels à la détermination des chargements mécaniques vus par la cuve au cours d'un transitoire.

D.A2/11 Le coefficient d'échange fluide/paroi a été validé par plusieurs essais dont il est nécessaire de démontrer la représentativité vis-à-vis des configurations des réacteurs. J'ai noté que votre programme de travail inclut des actions en ce sens et je vous demande de poursuivre vos efforts dans ce domaine.

Je constate que la démarche de validation du code NEPTUNE_CFD-SYRTHES, utilisé dans le cas des transitoires diphasiques, n'est pas aussi avancée que celle du code STAR-CD.

PA2/1 Je considère que l'utilisation du code NEPTUNE-CFD-SYRTHES dans la démonstration de sûreté nécessitera au préalable que vous complétiez son dossier de validation.

Par ailleurs, vous avez entamé une démarche d'extension de la validation de la méthode CREARE aux cas diphasiques, en vous basant notamment sur des essais sur maquette. Je constate toutefois que l'instruction a conduit à mettre en cause la représentativité de certains paramètres ainsi que la validité de cette extension aux cas fortement dénoyés.

PA2/2 Je considère qu'en l'état actuel de sa validation, la méthode CREARE ne peut être utilisée, sans complément, que pour les cas monophasiques ou faiblement dénoyés.

A2.4 Application aux « cas réacteurs »

Les études réalisées ont permis d'identifier plusieurs types de scénarios thermohydrauliques :

- les transitoires monophasiques ou faiblement diphasiques ;
- les transitoires fortement dénoyés ;
- les transitoires fortement dénoyés puis renoyés avec de l'eau froide.

Dans le cas des transitoires monophasiques ou faiblement diphasiques, l'utilisation des codes CFD permet de démontrer le respect des critères réglementaires. Vous jugez également que le respect de ce critère est assuré malgré la présence de nombreuses sources de conservatismes dans la méthode, notamment concernant l'absence de prise en compte de plusieurs phénomènes physiques dont l'effet tend à minimiser la sévérité du transitoire. Je note cependant que vous n'avez pas quantifié les incertitudes liées aux codes de calcul CFD et considère qu'il est difficile de valider le caractère conservatif de la méthode en l'absence d'estimation de ces incertitudes. Vous avez lancé un programme [A2-3] visant à quantifier ces incertitudes, dont les résultats seront transmis à l'ASN 5 ans avant l'échéance prévisionnelle des VD4 des réacteurs de 900 MWe.

D.A2/12 Je note votre engagement et vous demande, en cas d'impossibilité de quantifier certaines incertitudes dans les codes de thermohydraulique, de justifier le conservatisme de la démarche thermohydraulique.

Vous n'avez pas réalisé de calcul dans les cas des transitoires fortement dénoyés, considérant que le phénomène de réchauffage de l'injection de sécurité (IS) par la vapeur permettait de s'assurer du caractère moins pénalisant de ces transitoires par rapport aux situations monophasiques. Vous avez pour cela estimé les ordres de grandeur du réchauffage de l'IS nécessaire pour valider ce point. Je considère que la validité de votre raisonnement n'est pas remise en cause mais que les éléments transmis, bien que de nature à confirmer vos hypothèses, doivent être complétés. Je note à ce titre que vous prévoyez la réalisation d'essais destinés à confirmer ces éléments.

D.A2/13 Je vous demande de poursuivre vos études afin de conforter les ordres de grandeur du réchauffage de l'IS par la vapeur en analysant des scénarios réels et en vous assurant de la représentativité des essais réalisés. Je vous demande également d'évaluer, pour les scénarios diphasiques identifiés par le biais des études de sensibilité, le réchauffage minimal de l'IS par la vapeur nécessaire au respect des critères réglementaires.

Vous présenterez à l'ASN un point d'avancement de vos actions dans ce domaine sous deux ans.

Dans le cas des transitoires conduisant à un dénoyage puis un renoyage avec de l'eau froide de l'espace annulaire, je considère que vous devez compléter votre démonstration en prenant en compte la demande D.A2/7 du présent courrier.

Je note également que le caractère enveloppe des transitoires du palier CP0 au regard du chargement thermohydraulique n'est pas suffisamment assuré.

D.A2/14 Ainsi, je vous demande, sauf complément de votre part permettant de confirmer ce point, de prendre en compte les chargements thermohydrauliques du palier CPY pour effectuer la démonstration de tenue en service des cuves du palier CPY.

Il est également nécessaire que vous preniez en compte dans votre démonstration plusieurs aspects spécifiques liés à l'application des codes de calcul aux « cas réacteur ».

P.A2/3 Je considère que vous devez réaliser vos études en initialisant les calculs CFD à un instant où le débit est encore suffisamment fort dans le circuit primaire pour permettre l'homogénéisation des températures.

P.A2/4 Je considère également que vous devez abandonner la simulation à maillage tronqué au profit de la simulation à surface libre.

A2.5 Echéances

Sauf mention particulière, je vous demande de prendre en compte les recommandations de la présente annexe dans la prochaine version du dossier de tenue en service des cuves 900 MWe, qui devra être transmis à l'ASN avant les premières VD3+5 ans des réacteurs de 900 MWe. En particulier, je vous demande de vous assurer que les documents devant être transmis dès leur disponibilité seront envoyés à l'ASN avant cette échéance. Je vous demande également d'intégrer, dans le dossier relatif à la tenue en service des cuves des réacteurs de 1300 MWe après leur VD3, les éléments dont vous disposerez lors de la remise de ce dossier.

Annexe 3

Demandes relatives au comportement des matériaux irradiés

Réf. : [A3-1] Courrier ASN DEP-SD5-0135-2006 du 18 mai 2006
[A3-2] Courrier EDF D4550.32-10/2515 du 8 juin 2010

Conformément aux demandes formulées par l'ASN [A3-1], vous avez réévalué la formule de prévision des effets de l'irradiation à partir des données tirées du programme de suivi de l'irradiation (PSI) et vous avez complété votre programme visant à justifier que la ténacité des zones affectées thermiquement reste bornée par celle du métal de base avant et après irradiation.

L'instruction a montré que l'hypothèse selon laquelle la ténacité des zones affectées thermiquement reste bornée par celle du métal de base avant et après irradiation est confirmée par les éléments que vous avez transmis.

Concernant le réexamen de la formule de prévision des effets de l'irradiation, vous avez complété les résultats du PSI par des résultats d'irradiation à forte fluence en réacteurs expérimentaux. Je note que la démarche mise en place repose en particulier sur des analyses statistiques approfondies qui n'ont pas été remises en question par l'instruction menée par les services de l'ASN.

Je vous rappelle cependant que la formule de prévision des effets de l'irradiation doit permettre de s'assurer de la prise en compte dans la démonstration des incertitudes et de la variabilité des mesures. A ce titre, l'instruction technique a mis en avant la difficulté de séparer la contribution des différents paramètres contribuant à la dispersion des données. Ainsi, en l'état actuel des connaissances concernant la fragilisation et la dispersion des mesures, je considère que la détermination de l'écart type utilisé pour la construction de la formule de prévision « enveloppe » de la fragilisation à partir d'un échantillon dit « à effet de prélèvement réduit » ne permet pas de s'assurer du caractère enveloppe de la température de transition de référence RT_{NDT} déterminée pour le métal de base. Je considère cependant acceptable que votre calcul ne prenne pas en compte certaines données du PSI conduisant à des sur-fragilisations ou sous-fragilisations, sous réserve qu'il soit prouvé qu'elles sont liées à des phénomènes métallurgiques non liés à l'irradiation et déjà pris en compte dans une étape de la démonstration.

D.A3/1 Je vous demande donc de prendre en compte dans la détermination de la RT_{NDT} du métal de base, sauf justification particulière, l'ensemble des points du PSI. L'absence de prise en compte de données atypiques, notamment celles conduisant à des sur-fragilisations ou sous-fragilisations, devra s'accompagner de la justification qu'elles sont dues à des phénomènes métallurgiques non liés à l'irradiation et déjà pris en compte dans une étape de la démonstration.

Je constate par ailleurs que la modification de l'écart type utilisé pour définir la formule de prévision des effets de l'irradiation conduit à une incohérence entre la formule utilisée dans le dossier de justification de la tenue en service des cuves et le code R2SE-M.

D.A3/2 Je vous demande de corriger le R2SE-M en prenant en compte dans le code une formule de prévision de la RT_{NDT} qui soit compatible avec la demande D.A3/1 de la présente annexe.

La formule que vous utilisez dans le dossier de justification de la tenue en service des cuves n'est par ailleurs pas cohérente avec la formule citée dans les documents décrivant le programme de suivi de l'irradiation et qui considèrent un écart type calculé sur l'ensemble des données du PSI.

D.A3/3 Je vous demande de remettre en cohérence sous 6 mois la définition des prévisions de fragilisation entre le PSI et le dossier de démonstration de tenue en service des cuves.

Vous avez procédé à une modification de la définition de la fragilisation utilisée dans le cadre de l'analyse des résultats du PSI qui est désormais $\Delta T = \text{moy}\{\Delta T_{K7}; \Delta T_{K0.9}\}$. Je considère que la prise en compte d'une mesure portant sur l'expansion latérale est nécessaire pour s'assurer que le matériau n'est pas sollicité dans le domaine de transition et qu'il est nécessaire de s'assurer de la bonne cohérence d'ensemble entre les valeurs de T_{K7} et $T_{0.9}$.

D.A3/4 Je vous demande de me proposer un complément aux critères d'analyse particulière des résultats du PSI en prenant en compte un critère portant sur l'écart entre les valeurs de ΔT_{K7} et $\Delta T_{K0.9}$.

Dans le cadre d'une éventuelle poursuite d'exploitation des réacteurs au-delà de la VD4, la validité de la formule de prévision des effets de l'irradiation après cette échéance revêtra une importance particulière.

D.A3/5 Je vous demande de réexaminer la formule utilisée dès que les résultats des capsules complémentaires du programme de suivi de l'irradiation permettant de couvrir les fluences supérieures à 7.10^{19} n/cm² seront disponibles. Cet examen devra survenir en tout état de cause à une échéance compatible avec son instruction avant les VD4 si une exploitation des réacteurs à plus long terme est envisagée.

Je note que vous vous êtes par ailleurs engagés [A3-2] à rendre compte des travaux permettant la progression de la compréhension des comportements en présence de ségrégation majeure et du phénomène potentiel de ségrégation du phosphore, et d'établir une synthèse des résultats obtenus dans ces domaines pour fin 2011. Vous prévoyez également d'informer l'ASN sur les travaux de R&D relatifs à l'amélioration des connaissances sur la maîtrise des phénomènes de fragilisation sous irradiation.

D.A3/6 Je vous demande d'approfondir le caractère enveloppe de l'utilisation des propriétés mécaniques déterminées pour le métal de base en présence de veines sombres.

Annexe 4

Demands relatives à l'analyse mécanique

Réf. : [A4-1] Courrier ASN DEP-SD5-0135-2006 du 18 mai 2006
[A4-2] Courrier EDF D4550.32-10/2515 du 8 juin 2010

Vous avez adopté, dans votre dossier de justification de la tenue en service des cuves, une méthode conforme aux dispositions de l'arrêté du 10 novembre 1999 et notamment son article 13 prescrivant l'utilisation de coefficients de sécurité sur les chargements mécaniques et thermiques. Je note également que les améliorations apportées à la méthode de correction de plasticité par rapport à la version précédente de la démonstration permettent de garantir le caractère conservatif de la méthode employée [A4-1].

A4.1 Analyse des marges à la rupture

Je considère que l'analyse mécanique doit utiliser des données d'entrée assurant le caractère conservatif de la méthode, et estime que la méthodologie que vous avez choisie pour prendre en compte l'influence des effets d'échelle sur la ténacité, à travers l'utilisation d'un coefficient de correction sur la ténacité, n'est pas utilisable telle quelle dans le cadre de la démonstration de tenue en service des cuves.

D.A4/1 Je considère que la correction des effets d'échelle a été prise en compte de manière insuffisamment justifiée et je vous demande lors de la prochaine révision du dossier de :

- corriger le sous-conservatisme induit par son utilisation ;
- vérifier, pour l'ensemble des étapes de la démonstration, la cohérence de la prise en compte de cet effet générique pour le métal de base ;
- réétudier, pour le joint soudé, la pertinence du modèle.

Ainsi, par précaution, la position prise concernant la validité de la démonstration de tenue en service des cuves n'a pas considéré les calculs utilisant cet effet d'échelle jugé sous-conservatif.

A4.2 Contraintes résiduelles induites par le revêtement

Je considère que les valeurs utilisées dans les analyses pour la prise en compte des contraintes résiduelles, dans les zones affectées thermiquement, ne sont pas remises en cause par l'instruction technique qui a été réalisée.

En vue de compléter le dossier, je note également votre engagement [A4-2] d'établir pour fin 2011 un document présentant les mesures de contraintes résiduelles effectuées sur un joint soudé après traitement thermique de détensionnement et de proposer, lors de la prochaine révision du dossier, une analyse de l'évolution des moyens de mesure et de simulation numérique des contraintes résiduelles induites par le revêtement.

A4.3 Evolutions du dossier

Je note que l'instruction technique a mis en évidence une évolution significative des marges à la rupture entre les versions 2002 et 2008 du dossier « tenue en service des cuves 900 MWe », imputables en partie à des modifications des hypothèses ou des méthodes de calcul utilisés.

Je considère qu'il est nécessaire qu'une analyse synthétique des évolutions, incluant l'ensemble des aspects relatifs aux hypothèses, méthodes et calculs concernant les transitoires, la thermohydraulique, la mécanique et le comportement des matériaux irradiés accompagne toute révision du dossier de tenue en service des cuves et je note que vous vous engagez à procéder à une analyse des évolutions portant sur les hypothèses, méthodes et résultats qui sera jointe, à l'avenir, à toute révision du dossier [A4-2].

Annexe 5

Suivi en service et programme de gestion du vieillissement

Les programmes de maintenance relatifs aux cuves des réacteurs de 900 MWe ont été examinés par l'ASN conformément à l'arrêté du 10 novembre 1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs à eau sous pression et ont été jugés satisfaisants par l'ASN.

Ces programmes prévoient le contrôle décennal de l'ensemble de la zone de cœur des cuves des réacteurs, cette périodicité étant portée à 5 ans pour le réacteur de Tricastin 1. Je note que vous avez amélioré les performances qualifiées des procédés de contrôle mis en œuvre ce qui permet la détection de défauts plus petits qu'avec l'ancien procédé.

P.A5/1 Je considère que ces dispositions doivent être maintenues pour la zone de cœur.

L'amélioration des capacités de détection des moyens de contrôles qualifiés utilisés pour la détection et la caractérisation des défauts sous revêtement vous a permis d'écartier la présence de défauts de taille comprise entre 5 et 6mm de hauteur. Cette garantie a contribué à la démonstration de l'aptitude au service des cuves jusqu'en VD4. Je considère que les possibilités d'amélioration des procédés END doivent être étudiées.

Je note enfin que la démarche de gestion du vieillissement examinée en 2006 par l'ASN avec l'appui du Groupe permanent pour les réacteurs nucléaires et de l'IRSN est appliquée à la cuve. Je considère que ce point est satisfaisant.