

DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 19 février 2014

**Réf. : CODEP-DCN-2014-004499**

**Monsieur le Directeur  
Division Production Nucléaire  
EDF  
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel  
93 282 SAINT-DENIS CEDEX**

**Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF  
Corrosion du Zircaloy-4 – Accident d’insertion de réactivité**

**Réf. :** [1] Lettre DSIN/GRE/SD2/n°29/99 du 12/02/1999  
[2] Lettre DGSNR/SD2/n°591/2004 du 22/09/2004  
[3] Lettre DGSNR/SD2/n°0201/2005 du 02/08/2005  
[4] Lettre ASN CODEP-DCN-2011-070565 du 26/12/2011  
[5] Lettre ASN CODEP-DCN-2011-052558 du 08/12/2011  
[6] Note EDF ENCNTC130237 indice A du 22/07/2013

Monsieur le Directeur,

Par courriers en références [1] à [4], l’ASN vous a précisé sa position vis-à-vis de l’oxydation et du risque de desquamation des gaines des crayons de combustible constituées en Zircaloy-4 et des conséquences potentielles sur leur tenue notamment lors d’un transitoire d’accident de réactivité (RIA), tel qu’un accident d’éjection de grappe (EDG). Dans ces différents courriers, l’ASN considère que l’absence de desquamation des gaines en Zircaloy-4 est l’une des garanties de la bonne tenue du combustible en cas de RIA. A ce titre, elle a considéré nécessaire de modifier le domaine de découplage<sup>1</sup> actuellement défini pour ce type d’accident pour les combustibles UO<sub>2</sub> à gainage Zircaloy-4.

La desquamation consiste en l’écaillage de la couche d’oxyde recouvrant le gainage des assemblages de combustible qui se forme en fonctionnement normal. L’oxydation du gainage des assemblages de combustible est associée à une absorption d’hydrogène par la gaine. En cas de desquamation de la couche d’oxyde en fonctionnement normal, l’hydrogène est susceptible de précipiter et de former des accumulations d’hydrures qui fragilisent alors localement la gaine. La desquamation conduit ainsi à une diminution de la tenue mécanique de la gaine susceptible d’entraîner localement sa rupture en cas de RIA.

---

<sup>1</sup> Le domaine de découplage correspond à l’ensemble des paramètres définis pour assurer avec des marges le respect des exigences de sûreté.

A l'issue de l'instruction réalisée en vue de la réunion du 23 juin 2011 du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires portant sur le retour d'expérience du combustible durant la période comprise entre 2003 et 2009 (GP REX), l'ASN a constaté, dans ses courriers en références [4] et [5], que le nouveau modèle d'évaluation de la corrosion que vous utilisiez désormais pour calculer les épaisseurs maximales de corrosion susceptibles d'être atteintes pour les assemblages gainés en Zircaloy-4 conduisait, dans certains cas, à des valeurs d'épaisseur de corrosion dépassant la limite de 100  $\mu\text{m}$  utilisée comme critère, dans le domaine de découplage, pour la prévention de la rupture de gaine en cas d'accident d'EDG. Elle vous a demandé de vous prononcer « *sur la valeur limite du paramètre épaisseur de corrosion à retenir dans la définition du domaine de découplage relatif aux accidents d'éjection de grappe, pour les gestions utilisant du combustible gainé en zircaloy 4.* »

Vous avez transmis des réponses aux demandes de l'ASN relatives à la corrosion du Zircaloy-4 des courriers en références [1] à [4] précités. Une note d'étude, en référence [6], récapitule l'ensemble des réponses aux questions de l'ASN concernant, d'une part le domaine de découplage lors d'un RIA, d'autre part les réponses aux questions posées par courrier en référence [5] à l'issue de la réunion du GP REX du 23 juin 2011 pour ce qui concerne la corrosion des gaines en Zircaloy-4. Cette note en référence [6] propose une version modifiée du domaine de découplage applicable en cas de RIA. Vous proposez en particulier de retenir la valeur de 108  $\mu\text{m}$  pour la limite de l'épaisseur d'oxydation.

Après examen par l'ASN et son appui technique des éléments de réponse que vous récapitulez dans la note d'étude en référence [6] et en prenant en compte l'avis rendu par le GPR le 23 juin 2011, l'ASN constate que :

- les épaisseurs de corrosion des assemblages de combustible gainés en Zircaloy-4 actuellement présents dans les réacteurs en fonctionnement peuvent dépasser la valeur limite fixée dans le domaine de découplage défini pour la prévention des ruptures de gaine en cas d'accident d'EDG ;
- le risque de desquamation des crayons gainés en Zircaloy-4 ne peut être exclu pour des gaines de combustible dont l'épaisseur de corrosion atteint 80  $\mu\text{m}$ . A l'inverse, pour des valeurs d'épaisseur de corrosion de gaines en Zircaloy-4 inférieures à 80  $\mu\text{m}$ , le risque de desquamation en fonctionnement normal peut être considéré comme négligeable ;
- au vu des connaissances actuelles, il n'est pas possible de définir des critères permettant de garantir l'absence de rupture, en cas de RIA, de gaines de crayons de combustible desquamées ;
- les mesures d'épaisseur d'oxyde réalisées sur des réacteurs de 1300 MWe remettent en cause le modèle enveloppe de corrosion intégré au logiciel Cyrano 3 utilisé par EDF pour calculer ces épaisseurs et donc la validité des études réalisées avec ce modèle.

Compte tenu de ces constats, des conditions de fonctionnement actuelles des réacteurs et des taux de combustion autorisés dans les différentes gestions de combustible, l'ASN considère qu'il n'est pas possible d'exclure la desquamation en fonctionnement normal des gaines de crayons en Zircaloy-4. Dès lors, l'ASN considère que la démonstration de sûreté lors d'un RIA, telle que présentée dans les rapports de sûreté des différents réacteurs en fonctionnement utilisant du combustible avec gainage Zircaloy-4, est remise en cause.

Par conséquent, l'ASN vous demande de lui fournir, dans un délai maximal d'un an, une nouvelle démonstration de sûreté prenant en compte les risques de desquamation des gaines de crayons de combustible en Zircaloy-4 et de mettre à jour les rapports de sûreté des différents réacteurs concernés. Cette démonstration de sûreté devra reposer sur les principes de sûreté applicables dans les cas d'accidents d'EDG :

- la structure géométrique du cœur n'est pas détériorée, de sorte que le refroidissement du cœur puisse être convenablement assuré ;
- la deuxième barrière ne subit pas de dommage supplémentaire.

**L'ASN vous demande également de réviser au plus tôt le modèle enveloppe de corrosion du zircaloy 4 utilisé dans le logiciel Cyrano 3 afin de prendre en compte le retour d'expérience récent des réacteurs de 1300 MWe et d'évaluer l'impact de cette révision sur les études de conception des crayons gainés en zircaloy 4 chargés sur le parc en exploitation.**

Par ailleurs, au cours d'une réunion entre l'ASN et vos services, vous avez indiqué qu'un plan de suppression des assemblages gainés en Zircaloy-4 est actuellement en cours de déploiement. Ainsi, vous procédez au remplacement des assemblages de combustible gainés en Zircaloy-4 par des assemblages de combustible gainés en alliages s'oxydant moins. Ces nouveaux gainages sont d'ailleurs déjà présents sur certains réacteurs en fonctionnement. En tenant compte des contraintes industrielles de fabrication, des autorisations d'utilisation à obtenir auprès de l'ASN et du nombre de réacteurs concernés, vous prévoyez de ne plus intégrer de combustible neuf à gainage Zircaloy-4 dès 2015.

**En l'attente du déploiement complet de ce plan de remplacement, de l'élaboration d'une nouvelle démonstration de sûreté dans la période transitoire et compte tenu des risques en cas de RIA, l'ASN considère que le fonctionnement des réacteurs comportant des combustibles gainés en Zircaloy-4 ne peut se poursuivre sans mesures compensatoires.**

**Par conséquent, l'ASN vous demande, dès les prochains arrêts des réacteurs utilisant du combustible à gainage Zircaloy-4, de prendre des mesures visant :**

- **soit à limiter l'épaisseur maximale de corrosion des assemblages gainés en Zircaloy-4 dans les réacteurs en fonctionnement à une valeur permettant de négliger le phénomène de desquamation des gaines, donc pouvant atteindre au maximum 80  $\mu\text{m}$  (en valeur moyenne azimutale) ;**
- **soit à respecter la valeur limite de 108  $\mu\text{m}$  (en valeur moyenne azimutale) fixée dans la nouvelle version du domaine de découplage que vous proposez et à limiter les possibilités d'apparition ou les conséquences d'un accident d'éjection de grappe dès que l'épaisseur de corrosion des assemblages gainés en Zircaloy-4 dans les réacteurs en fonctionnement atteint 80  $\mu\text{m}$ .**

**Ces mesures seront un préalable à l'autorisation de divergence des réacteurs concernés.**

**Dans les deux cas, l'épaisseur de corrosion devra être calculée selon les méthodes actuellement en vigueur sur les réacteurs du parc pour démontrer la sûreté des cœurs et à l'aide d'une version du logiciel Cyrano 3 révisée comme indiqué plus haut.**

Vous informerez l'ASN des mesures prises en ce sens dans les meilleurs délais, et en tout état de cause avant le rechargement en combustible du prochain réacteur utilisant du combustible gainé en Zircaloy-4 et s'arrêtant pour rechargement de combustible. Pour les réacteurs utilisant du combustible gainé en Zircaloy-4 et dont le prochain arrêt est prévu postérieurement au 30 juin 2014, vous proposerez à l'ASN, avant cette date, des mesures provisoires adaptées pour la fin du cycle en cours. Pour les réacteurs utilisant du combustible gainé en Zircaloy-4 et actuellement à l'arrêt pour rechargement, vous proposerez à l'ASN, avant leur redémarrage, des mesures particulières visant les mêmes objectifs que ceux mentionnés plus haut.

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

La directrice générale adjointe,

Signé par

**Sophie MOURLON**