



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 12 juin 2014

**Réf. : CODEP-DCN-2014-021146****Monsieur le Directeur  
Centre National d'Équipement Nucléaire  
EDF  
97 avenue Pierre BROSSOLETTE  
92120 Montrouge****Objet : Flamanville 3 – Réacteur EPR  
Internes de cuve****Réf. :** [1] Directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression adoptées pendant les réunions plénières du GPR et des experts allemands les 19 et 26 octobre 2000  
[2] Lettre EDF ECEP071440 du 29/09/2007

Monsieur le Directeur,

La maîtrise des déformations des internes de cuve<sup>1</sup> d'un réacteur nucléaire, tant sous l'effet des contraintes thermiques que vibratoires, est nécessaire en particulier pour maintenir une géométrie du cœur qui permette son refroidissement et l'insertion des grappes de commande.

Dans le cadre de l'instruction préalable à la demande de mise en service du réacteur EPR de Flamanville 3, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a examiné les éléments relatifs à la tenue mécanique, tant en fonctionnement normal qu'en situation d'accident, des internes de cuve de ce réacteur.

A l'issue de cet examen réalisé avec l'appui de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), l'ASN considère qu'EDF doit apporter des éléments complémentaires sur les points mentionnés ci-après.

#### Essais de validation

Pour ce qui concerne l'écoulement du réfrigérant primaire, les essais de validation de la conception des internes de cuves inférieurs et supérieurs ont été réalisés sur plusieurs maquettes, le plus souvent à échelle réduite et la modélisation du comportement hydraulique global a ensuite été réalisée par calcul.

---

<sup>1</sup> Ensemble des équipements présents dans la cuve, autre que les assemblages de combustible et que les grappes de commande.

La conception des internes de cuve du réacteur EPR présentant des évolutions importantes par rapport aux réacteurs actuellement en fonctionnement, l'ASN considère que la modélisation globale par calcul nécessite d'être validée par des essais à pleine échelle. Par ailleurs l'ASN note qu'EDF n'a pas réalisé d'essais représentatifs de situations dégradées<sup>2</sup> susceptibles d'être rencontrées lors d'un accident et qu'en conséquence la robustesse de la conception des internes de cuve, en particulier celle des éléments nouveaux comme le réflecteur lourd, n'a pas été testée.

**L'ASN considère qu'EDF doit proposer un programme d'essais complémentaires visant à vérifier, en ce qui concerne l'écoulement du réfrigérant primaire, la robustesse en situation dégradée de la conception des éléments nouveaux des internes de cuve du réacteur EPR.**

Par ailleurs, des essais relatifs au comportement vibratoire des internes de cuve ont été réalisés sur maquette. Le projet de rapport de sûreté transmis par vos services dans le cadre de l'instruction anticipée, indique que la validation des résultats de ces essais sur maquette pourrait être réalisée uniquement sur le premier réacteur EPR qui démarrera dans le monde, et donc pas forcément à Flamanville 3. Ces vérifications seront faites à l'aide d'essais en réel au cours desquels les internes seront équipés d'une instrumentation spécifique.

**L'ASN considère que, dans le cas où ces mesures du comportement vibratoires des internes de cuve ne seraient pas réalisées sur le réacteur de Flamanville 3, des exigences particulières devront être respectées.**

En annexe 1, l'ASN vous demande des justifications complémentaires à la conception et à la démonstration de la robustesse des internes de cuve.

#### Dimensionnement des internes de cuve

L'ASN observe que, conformément aux directives techniques en référence [1], les chargements considérés pour la conception des internes de la cuve du réacteur sont ceux résultant de la rupture de la ligne d'expansion du pressuriseur. Par ailleurs, les sollicitations dues à la rupture de la ligne d'expansion du pressuriseur et au séisme de dimensionnement ont été cumulées.

Sur la base de l'ensemble des vérifications préliminaires réalisées par EDF, vous estimez que le dimensionnement des internes de cuve est acceptable vis-à-vis de ces chargements. Une mise à jour de ces vérifications doit cependant être réalisée avec des données actualisées.

**L'ASN vous demande lui transmettre dossier complet actualisé de dimensionnement des internes pour les toutes les situations de fonctionnement, y compris les situations d'essais.**

#### Programme d'inspection des internes de cuve postérieurement à la mise en service de Flamanville 3

Vous avez intégré le retour d'expérience existant sur les internes de cuve. Ainsi, vous avez supprimé les pièces en acier inoxydable boulonnées ou soudées sensibles à la corrosion sous contrainte sous irradiation, et vous avez modifié la conception de certains des internes comme le réflecteur et les guides de grappes.

L'ASN note également que la conception a pris en compte une diminution des surfaces de revêtements durs réalisés en alliage à la base de cobalt, qui s'inscrit dans une démarche de réduction du terme source<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Par exemple d'écoulements diphasiques, de déformations importantes ou de pièces rompues.

<sup>3</sup> Le terme-source correspond à l'activité de l'ensemble des produits radioactifs que l'on peut trouver dans le circuit primaire principal ou déposés sur les parois de celui-ci. Il comprend les produits de fission, dégagés par de petits défauts dans le gainage des crayons de combustible

**Au delà des dispositions de conception, l'ASN considère nécessaire que les internes de cuve soient régulièrement inspectés pendant toute la durée de fonctionnement du réacteur.**

En annexe 2, vous trouverez de demandes relatives à l'inspection et à la surveillance des internes de cuve pendant le fonctionnement du réacteur n°3 de Flamanville.

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

Le directeur de la DCN,

**Thomas HOUDRÉ**

**ANNEXE 1 À LA LETTRE CODEP-DCN-2014-021146**  
**DEMANDES RELATIVES A LA CONCEPTION DES INTERNES DE CUVE DE FLA3**

**A. Les essais de validation de l'influence des internes de cuve sur l'écoulement hydraulique du réfrigérant primaire**

Par rapports aux réacteurs actuellement en fonctionnement, la conception de la cuve de l'EPR et de ses internes présente des évolutions importantes parmi lesquelles la taille de la cuve, la suppression des pénétrations de fond de cuve et l'introduction de l'instrumentation par le haut de la cuve, l'ajout de dispositifs de répartition de débit dans le plenum inférieur et le réflecteur lourd.

L'ASN constate que les essais de validation de la conception des internes de cuves inférieurs et supérieurs ont été réalisés sur plusieurs maquettes, disposant de facteurs d'échelle différents, dans des conditions de température et de pression pas toujours représentatives des conditions de fonctionnement.

Si chaque essai apporte des informations sur les phénomènes étudiés, la validation actuelle de la conception hydraulique des internes de cuve repose sur des calculs d'extrapolation tant sur les résultats d'un essai particulier qu'au niveau du remontage complet du comportement de la cuve et de l'ensemble de ses internes.

**Demande n°1 : L'ASN vous demande de prévoir la validation, par des essais d'ensemble réalisés dans le cadre des essais de démarrage de FLA3, du comportement hydraulique global des internes de cuve.**

Par ailleurs l'ASN note qu'aucun essai n'a été réalisé dans des conditions représentatives de situations dégradées d'accident (comme par exemple la présence d'un fluide diphasique dans la cuve, de déformations importantes des internes ou de pièces rompues) qui pourraient éventuellement compromettre la possibilité de refroidir du cœur.

L'ASN considère qu'EDF doit poursuivre ses efforts de validation de la conception des internes de cuve du réacteur EPR, en particulier pour les composants nouveaux comme le réflecteur lourd, en approfondissant la robustesse de la fonction de refroidissement du cœur dans des situations dégradées d'accident.

**Demande n°2 : L'ASN vous demande de proposer un programme d'essais complémentaires sur maquette visant, en parallèle de la réalisation des essais de démarrage, à tester la robustesse de la conception des internes de cuves, en particulier pour les composants nouveaux comme le réflecteur lourd, vis-à-vis du maintien de la fonction de refroidissement du cœur en situation d'accident.**

**B. Les essais relatifs au comportement vibratoire des internes de cuve**

L'ASN estime que les essais réalisés jusqu'à présent sur maquette concernant le comportement vibratoire des internes de cuves, en particulier des guides des grappes de commandes, sont satisfaisants.

L'ASN note également que conformément aux règles de l'art en matière de qualification du comportement vibratoire des internes de cuve, EDF prévoit de s'appuyer sur des mesures qui seront réalisées lors des essais de démarrage afin de confirmer que le comportement vibratoire observé est cohérent avec les prédictions issues des essais sur maquette et des calculs.

**Demande n°3** : Dans le cas où les essais de vérification du comportement vibratoire des internes de cuve ne seraient pas entièrement réalisés sur le réacteur de Flamanville 3, l'ASN vous demande :

- de lui transmettre, avant la réalisation des essais, une analyse justifiant la transposabilité des résultats des essais obtenus sur un autre réacteur. Cette analyse devra prendre en compte les différences de conception et d'exploitation mais aussi de fournisseur des composants entre le réacteur sur lequel seront réalisés les essais et le réacteur de Flamanville 3 ;
- d'appliquer les exigences de la décision n°2013-DC-0347 de l'ASN fixant les prescriptions relatives à Flamanville 3 pour les essais de démarrage du réacteur lors de la préparation et de la réalisation de ces essais. Vous apporterez une attention particulière aux vérifications à effectuer avant le lancement des essais, au traitement des écarts et à la prise en compte des incertitudes de mesure. Ces essais ainsi que leur préparation devront être considérés comme des « activités importantes pour la protection » au sens de l'arrêté du 7 février 2012<sup>4</sup>.

Par ailleurs, vous devrez prendre des dispositions pour que l'ASN et son appui technique puissent assister et réaliser une inspection lors de ces essais. Dans ce cadre, vous veillerez à informer l'ASN du planning prévisionnel de ces essais ainsi que de toute modification de ce planning.

Enfin, vous devrez réaliser votre propre analyse des résultats bruts obtenus lors des essais et transmettre à l'ASN vos conclusions quant à l'acceptabilité de l'analyse de ces résultats pour les internes de cuve de Flamanville 3.

---

<sup>4</sup> Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales applicables aux installations nucléaires de base

### **C. Réflecteur lourd**

Les internes de la cuve du réacteur de Flamanville 3 sont en acier inoxydable austénitique. Un des endommagements redoutés sur ces matériels est le gonflement sous l'effet de l'irradiation. Ce phénomène dépend de plusieurs paramètres dont la température et la fluence neutronique.

Vous avez étudié, sur une durée d'exploitation de 60 ans, l'évolution des températures et des fluences sur différents parties des internes de cuve de l'EPR. Sur la base de ces résultats, vous considérez que le risque de gonflement sous irradiation des différents composants des internes de cuve peut être exclu.

Par ailleurs, le comportement du réflecteur est conditionné par un refroidissement maîtrisé, ce qui implique que les déplacements relatifs entre les plaques qui composent le réflecteur restent faibles afin de maintenir l'alignement des trous de refroidissement. A telle fin, différents éléments de liaison des plaques ont été mis en place tels que tirants, douilles de centrage, clés verticales et clés de positionnement.

S'agissant d'une nouvelle conception, l'ASN considère nécessaire de vérifier la réalité du non gonflement des internes de la cuve, le maintien de la bonne la disposition des plaques et des éléments de liaison du réflecteur lourd.

**Demande n°4:** L'ASN vous demande de lui transmettre, avant de la mise en service du réacteur, un programme d'inspection en service vous permettant de vous assurer de l'absence du gonflement des différents internes de la cuve dû à l'irradiation neutronique, du bon alignement des plaques du réflecteur et du bon état des éléments de liaison des plaques du réflecteur lourd. Vous réaliserez un point zéro lors du démarrage du réacteur FLA3 afin de démontrer la faisabilité du suivi en service.

### **D. Pions de positionnement des assemblages de combustible**

La conception des pions de maintien inférieur des assemblages de combustible du réacteur de Flamanville 3 est une adaptation de la solution développée pour les réacteurs français à la suite des événements de désolidarisation rencontrés par le passé sur ces réacteurs.

En revanche, aucune amélioration vis-à-vis du phénomène d'usure qui a affecté les pions de certains réacteurs du palier 1300 MWe n'a été apportée aux pions du l'EPR.

L'ASN considère que les améliorations apportées à la conception des pions de positionnement des assemblages de combustible sont pertinentes mais ne constituent pas une garantie d'absence de dégradation de ces pions en service.

**Demande n°5:** L'ASN vous demande lui transmettre, avant la mise en service du réacteur, un programme d'inspection en service des pions de positionnement des assemblages de combustible.

## **E. Guides de grappe**

Les guides de grappe du réacteur Flamanville 3 sont de type « squelette », dérivé des réacteurs Konvoi.

L'ASN considère que les différences entre les deux types de réacteurs telles que le type de combustible ou la température du dôme font que le retour d'expérience de ce matériel sur les réacteurs Konvoi n'est pas directement applicable sur le réacteur EPR.

**Demande n°6: L'ASN vous demande de lui transmettre, avant la mise en service du réacteur, un plan d'inspection et surveillance des guides de grappe.**

## **F. Broches des colonnes support de guide de grappe**

La conception des broches de colonnes support de guide de grappe de Flamanville 3 provient de celle des réacteurs du type Konvoi.

Vous considérez que le respect des critères imposés par le RCCM pour les aciers inoxydables austénitiques retenus pour la fabrication des composants d'internes de cuve de FLA3 permet de se prémunir des risques de corrosion sous contrainte en milieu d'eau primaire (REP).

L'ASN considère que les prescriptions actuelles du RCC-M visant à limiter l'écroûissage dans la masse sont nécessaires mais pourraient ne pas être suffisantes pour se prémunir de tout risque de corrosion sous contrainte des aciers inoxydables volontairement écrouis ou non. En effet, le retour d'expérience du fonctionnement des réacteurs français a mis en évidence la fissuration de composants en acier inoxydable qui avaient un écrouissage important (soit dans la masse, soit en surface) et résultant des étapes de fabrication.

**Demande n°7: L'ASN vous demande de définir les contrôles à réaliser sur ce matériel avant la première visite décennale de FLA3.**

## **G. Alliages durs**

Les alliages durs à la base de cobalt du type stellite sont habituellement utilisés comme revêtement de surfaces pouvant être soumises à un phénomène d'usure important. Cependant, dans le cadre d'une démarche générale d'optimisation de la radioprotection à la conception, les surfaces stellites des internes de cuve de FLA3 ont été réduites autant que possible, afin de limiter le terme source en cobalt.

Si l'ASN considère cette démarche positive vis-à-vis de la radioprotection, elle implique de progresser dans la connaissance de l'usure potentielle des surfaces des internes de cuve.

**Demande n°8: L'ASN vous demande de lui transmettre, avant de la mise en service du réacteur, un plan d'inspection et surveillance relatif à l'usure des surfaces de revêtements durs.**