

Fontenay-aux-Roses, le 13 juin 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN N° 2016-00197**

**Objet :** REP - Centrale nucléaire de Cruas - Réacteur n° 1 - INB n°111

Déclaration de la modification « Dossier BTGV 15,5 % à Psat abaissée Cruas 1 »

**Réf. :** 1. Lettre ASN CODEP-DEP-2016-017406 du 3 mai 2016

2. Avis IRSN/2016-00188 du 8 juin 2016

Conformément à la demande formulée par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) dans la lettre citée en référence 1, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a évalué l'acceptabilité du dossier associé à la modification présentée par EDF concernant le bouchage de tubes des générateurs de vapeur (BTGV) prévu lors du prochain arrêt du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cruas, prouvant, au titre de l'article 10 de l'arrêté « exploitation », que la garantie d'intégrité de l'appareil n'est pas susceptible d'être remise en cause. Un remplacement des générateurs de vapeur (RGV) de ce réacteur était initialement programmé lors de sa visite décennale n° 3 (VD3) en 2015. Des difficultés d'approvisionnement des générateurs de vapeur (GV) de remplacement contraignent EDF à reporter le RGV, actuellement prévu en 2017.

La modification consiste à boucher au maximum 15,5 % de l'ensemble des tubes de chaque générateur de vapeur, sans dissymétrie significative<sup>1</sup>. Ce bouchage conduira à une baisse de la pression dans les GV en fonctionnement. EDF prévoit ainsi un fonctionnement durant deux cycles avec une pression secondaire minimale abaissée de 2,5 bar par rapport aux hypothèses du rapport de sûreté correspondant à la VD3 des réacteurs CPY exploités en gestion GARANCE, et une puissance limitée à 98 % de la puissance nominale du réacteur (PN). EDF ne prévoit pas de prolongation de cycle.

**Adresse courrier**

BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

**Siège social**

31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88

RCS Nanterre B 440 546 018

---

<sup>1</sup> La dissymétrie du nombre de tubes bouchés entre GV est limitée à 6 %.

L'ASN souhaite que les conclusions de l'analyse de l'IRSN permettent en particulier de répondre aux questions suivantes :

- La stabilité vibratoire des tubes des GV de Cruas 1 est-elle vérifiée pour le fonctionnement nominal à 98 % PN, et ce jusqu'à la nouvelle date du RGV, deux cycles de fonctionnement après la VD3 ?
- L'analyse relative aux défauts localisés dans les plaques de partition des GV n° 1 et GV n° 3 permet-elle de démontrer la stabilité en profondeur des défauts, mais également l'absence de risque de propagation (en surface) de défauts ?

L'ASN souhaite également que l'IRSN confirme que la modification présentée dans le cadre du dossier « Cruas 1 BTGV 15,5 % à Psat abaissée » est couverte par la modification présentée dans le dossier « Cruas 1 BTGV 17 % à Psat abaissée » pour ce qui concerne l'impact vis-à-vis des dossiers mécaniques, notamment des surpressions, des efforts hydrauliques (hors plaque de partition GV étudiée en particulier) et des dossiers de situation.

#### Risque vibratoire des tubes de GV

L'écoulement du mélange eau-vapeur dans le circuit secondaire des générateurs de vapeur peut induire des vibrations des tubes. Au-delà d'une certaine vitesse d'écoulement, l'interaction fluide-structure peut conduire à des vibrations de grande amplitude des tubes, qualifiées d'**instabilité fluide-élastique**. Les amplitudes des vibrations générées par cette instabilité fluide-élastique deviennent alors suffisamment importantes pour entraîner une fissuration, voire la rupture des tubes de GV.

Lors de la VD3 du réacteur n° 1 de CRUAS, EDF a réalisé en avril 2015 des examens télévisuels (ETV) sur les plaques entretoises (PE) n° 8 et n° 1 du GV n°2. Les taux de colmatage observés sur la PE8 du GV n° 2 étaient de 27 %  $\pm$  5 % en branche chaude (BC) et de 10 % en branche froide (BF), tandis que ceux observés sur la PE1 étaient de 10 % en BC et 10 % en BF.

À partir de ces valeurs, EDF a pris en compte une cinétique de colmatage sur deux cycles, de 5 % par cycle en branche chaude et de 2,5 % par cycle en branche froide, valeurs qui avaient été retenues dans le dossier précédent. Les valeurs de taux de colmatage considérées par EDF pour les calculs d'instabilité vibratoire des tubes de GV sont alors pour la PE8 de 42 % en BC et 15 % en BF. EDF a par ailleurs considéré un profil de colmatage de type « piqué haut »<sup>2</sup>, ce qui est défavorable. EDF a utilisé la même méthode de calcul que celle qu'il avait considérée pour le dossier « Cruas 1 BTGV 17 % à Psat abaissée ». Les hypothèses de calcul sont identiques à celles du dossier précédent, excepté pour la pression de saturation du secondaire, qu'EDF a imposée égale à celle de la limite basse des spécifications techniques d'exploitation (STE), ce qui est pénalisant. Moyennant le bouchage de 24

---

<sup>2</sup> Colmatage de type « piqué haut » : correspond à une répartition de colmatage telle que le taux de colmatage est maximal sur les premières PE supérieures et faible sur les PE inférieures.

tubes au maximum en périphérie, EDF a montré que le rapport d'instabilité<sup>3</sup> maximal, calculé pour deux cycles de fonctionnement après la VD3 de 2015, vaut 0,94. EDF a conclu que le risque vibratoire des tubes de GV du réacteur n° 1 de Cruas est écarté jusqu'en 2017.

L'IRSN estime que la méthode d'analyse du comportement vibratoire des tubes de GV et les calculs réalisés par EDF sont acceptables, sous réserve que la cinétique de colmatage considérée par EDF sur la PE supérieure ne soit pas plus élevée que prévu. Dans ce cadre, EDF prévoit de réaliser un ETV de la PE8 sur le GV n° 2 lors du prochain arrêt du réacteur en juillet 2016 pour s'assurer que le taux de colmatage reste inférieur à 37 % en BC et 12,5 % en BF (prise en compte des taux de colmatage observés en avril 2015 avec les incertitudes et la cinétique du taux de colmatage). Si ces taux de colmatage mesurés s'avéraient supérieurs, EDF prévoit de reprendre l'étude de risque vibratoire au cours de l'arrêt du réacteur, pour évaluer la marge disponible avec les nouveaux taux de colmatage à considérer, et de définir, le cas échéant, un bouchage complémentaire au bouchage des tubes initialement identifiés.

Compte tenu des valeurs assez élevées de colmatage relevées en 2015 sur la PE n°8 du GV n° 2 du réacteur d'une part, et des variations significatives de colmatage entre les GV qui sont observées parfois sur le parc d'autre part, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF réalise un ETV sur la PE8 de l'ensemble des GV pour vérifier que les taux de colmatage restent homogènes et en tout état de cause couverts par celui du GV n° 2. **Sur ce sujet, l'IRSN a émis une recommandation dans un précédent avis [2].** Une fois les taux de colmatage des GV connus, EDF devra démontrer la capacité des GV à respecter l'ensemble des critères de sûreté avec une marge suffisante et, à défaut, des mesures compensatoires devront être mises en œuvre pour le cycle à venir, telles qu'une baisse de puissance jusqu'à la remise en conformité des GV.

#### **Défauts localisés dans les plaques de partition des GV**

En ce qui concerne la nocivité des défauts présents dans la plaque de partition des GV n° 1 et n° 3, deux types de défauts ont été observés sur le GV n° 1 et sur le GV n° 3.

##### **Défaut volumique observé dans la plaque de partition du GV n° 1**

Pour le défaut volumique observé dans la plaque de partition du GV n° 1, EDF indique que les chargements vus par la plaque de partition pour un BTGV de 15,5 % sont plus faibles que ceux associés à un BTGV de 17 %.

Au vu du caractère volumique de ce défaut et de la marge importante entre la taille de ce défaut et celle du défaut critique déterminée dans le dossier BTGV 17 %, l'IRSN ne remet pas en cause la tenue

---

<sup>3</sup> Rapport d'instabilité : rapport de la vitesse d'écoulement moyenne sur la vitesse critique d'instabilité. Pour que le risque d'instabilité fluide-élastique des tubes de GV soit écarté, la valeur du rapport d'instabilité doit être inférieure à 1.

mécanique de la plaque de partition du GV n° 1 du réacteur n° 1 de CRUAS, en présence du défaut volumique décelé lors de la visite VP24 de 2009.

#### Défauts plans observés dans la plaque de partition du GV n° 3

Vis-à-vis du risque d'instabilité des défauts, la démarche de justification d'EDF consiste à postuler des défauts enveloppes de ceux observés en 2015, puis à réaliser des calculs de propagation pour estimer leurs dimensions en 2017, c'est-à-dire après deux années de fonctionnement supplémentaires à partir de la VD3 de 2015. Pour les défauts situés entre l'axe du GV et 500 mm du point triple<sup>4</sup>, EDF estime que la stabilité est démontrée, puisque les dimensions des défauts propagés en 2017 restent inférieures à celles des défauts critiques. Pour les défauts situés à moins de 500 mm du point triple, EDF estime que les contraintes cycliques sont plus faibles dans cette zone, puisque les facteurs d'usage  $y$  sont beaucoup plus faibles. Par conséquent, vis-à-vis du risque d'instabilité de défaut, les défauts proches du point triple sont moins nocifs que ceux situés dans la zone centrale de la plaque de partition.

L'IRSN estime que les justifications apportées par EDF pour démontrer la stabilité des défauts plans observés dans la plaque de partition du GV n° 3 sont acceptables.

Vis-à-vis du risque de propagation des défauts en direction de l'enveloppe sous pression, EDF a présenté, d'une part, les estimations de la propagation en largeur des défauts en boîte chaude et en boîte froide, d'autre part, la comparaison de ces propagations aux distances minimales entre les défauts observés et l'enveloppe sous pression. EDF a montré que les défauts propagés ne peuvent pas atteindre l'enveloppe sous pression du GV avant 2017, puisque les distances minimales restent très importantes par rapport aux propagations en largeur estimées pour les défauts postulés en 2015.

L'IRSN estime que ces éléments de démonstration sont satisfaisants. Il considère que ces éléments devraient être intégrés dans les dossiers de traitement d'écart concernés. **Cela fait l'objet de l'observation en annexe.**

#### Impact vis-à-vis des dossiers mécaniques

Enfin, l'IRSN a vérifié que la modification présentée dans le dossier « Cruas 1 - BTGV 15,5 % à Psat abaissée » ne remettait pas en cause le dossier d'impact vis-à-vis des dossiers d'analyse du comportement mécanique (surpressions, efforts hydrauliques, dossiers de situations) qui avait été réalisé dans le cadre de la modification présentée dans le dossier « Cruas 1 - BTGV 17 % à Psat abaissée ».

---

<sup>4</sup> Le point triple correspond au point situé à l'intersection de la boîte à eau, de la plaque de partition et de la plaque tubulaire.

En conclusion, sur la base des documents transmis par l'exploitant, l'IRSN estime que le dossier associé à la modification « Cruas 1 - BTGV 15,5 % à Psat abaissée » est acceptable du point de vue de la sûreté pour un cycle supplémentaire après l'arrêt de 2016, à l'issue duquel le réacteur n° 1 de CRUAS doit faire l'objet d'un RGV.

Pour le Directeur général de l'IRSN et par délégation,

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté

Annexe à l'avis IRSN/2016-00197 du 13 juin 2016

Observation

**Observation :**

L'analyse complémentaire de l'exploitant pour justifier l'absence de risque de propagation des défauts pour atteindre l'enveloppe sous pression du GV n° 3 du réacteur n° 1 de Cruas devrait être intégrée dans les notes de traitement d'écart associées à ces défauts.