

Fontenay-aux-Roses, le 29 mai 2012

Monsieur le président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2012-00233

Objet : EDF - Réacteurs électronucléaires de 1300 MWe
Modification des hypothèses de taux de bouchage des GV et de débit primaire de la gestion GEMMES

Réf. Lettre ASN CODEP-DCN-2012-001161 du 20 janvier 2012

Conformément à la demande formulée par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) dans la lettre en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a évalué l'acceptabilité au plan de la sûreté de la modification présentée par l'exploitant portant d'une part sur l'augmentation du taux de bouchage des tubes des générateurs de vapeur (BTGV) et d'autre part sur l'abaissement du débit primaire minimal (appelé « débit thermohydraulique ») requis pour les réacteurs de 1300 MWe exploités en gestion combustible GEMMES et équipés de Générateurs de Vapeur (GV) de type 68/19 à tubes en Inconel 600 ou 690. Ces deux paramètres constituent des hypothèses utilisées dans les études d'accidents présentées dans le Rapport de Sûreté (RDS) du palier 1300 MWe à l'état 2^{ème} visite décennale (VD2).

Dans le cadre de cette modification, compte tenu des BTGV mis en œuvre et des dates prévisionnelles de Remplacement des Générateurs de Vapeur (RGV), EDF demande l'autorisation de porter le BTGV maximal admissible de 5 % à 10 % et de réduire le débit primaire thermohydraulique de 90940 m³/h à 89800 m³/h ou 88805 m³/h, du fait de la perte de charge supplémentaire générée par l'augmentation du BTGV. Il est à noter que le débit de 88805 m³/h correspond aussi à la valeur du débit thermohydraulique actuellement utilisée sur le réacteur de 1300 MWe exploité en gestion combustible GALICE.

Cette modification est susceptible d'être mise en œuvre dès le mois de juin 2012 sur le réacteur n°2 de la centrale nucléaire de Penly, dont le taux de bouchage maximal pourrait dépasser la limite actuelle de 5 % en raison d'un défaut chronique d'usure des tubes au droit des barres antivibratoires (BAV) constaté sur le GV numéro 3.

Le dossier d'EDF analyse l'impact de la modification envisagée sur la démonstration de sûreté ("dossiers de sûreté") et sur les dossiers d'analyse du comportement des composants concernés ("dossiers mécaniques"). Il contient en outre deux fiches d'amendement aux chapitres III et IX des Règles Générales d'Exploitation (RGE), modifiant la limite de fonctionnement des GV et la plage de débit primaire traversant la cuve.

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

L'analyse de l'IRSN de l'impact des nouvelles conditions de fonctionnement a porté sur :

- le fonctionnement normal ;
- les études d'accidents du rapport de sûreté VD2 1300 ;
- les limites de fonctionnement des GV et le domaine de fonctionnement en prolongation de cycle, les dossiers mécaniques et les surpressions primaires et secondaires de catégories 2 et 3 ;
- les documents de référence (RDS VD2, RGE).

Impact sur le fonctionnement normal

L'IRSN attire l'attention sur le fait que le dossier présenté par EDF ne traite pas de l'impact de l'abaissement du débit primaire sur la tenue thermomécanique des crayons de combustible en fonctionnement normal, en particulier vis-à-vis de la corrosion du gainage. La prise en compte d'un débit réduit à 88805 m³/h pourrait conduire, pour les crayons en Zircaloy-4, à une épaisseur de corrosion supérieure à celle retenue dans les études d'Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP) (100 µm). Ce constat conduit à la recommandation n°1 figurant en annexe 1.

Par ailleurs, l'IRSN rappelle que les évaluations d'épaisseur de corrosion réalisées par EDF sont affectées d'une anomalie sur les traces axiales de puissance issues du code de neutronique. L'IRSN considère que les valeurs d'épaisseur de corrosion réévaluées supérieures à celles de la gestion GEMMES ne sont pas acceptables, notamment vis-à-vis de la tenue des crayons en situation d'accident d'éjection de grappe. Ce constat conduit à la recommandation n°2.

Impact sur les études du rapport de sûreté VD2 1300

Etudes des accidents de dimensionnement

La démarche proposée par EDF, qui consiste à examiner l'impact de l'augmentation du taux de BTGV et de l'abaissement du débit sur les études de référence de la gestion GEMMES, est fondée majoritairement sur des argumentaires. Ces argumentaires sont complétés par une évaluation des sensibilités du Rapport de Flux Thermique Critique (RFTC) et du Nombre de crayons rentrant en Crise d'Ébullition (NCE) au débit primaire, ainsi que par la reprise de calculs transitoires comme le Retrait Incontrôlé de Grappe de régulation (RIGP) ou l'Accident de Perte de Réfrigérant Primaire avec une Brèche de taille Intermédiaire (APRP-BI).

Si une telle démarche ne permet pas d'apprécier les marges disponibles par rapport aux critères de sûreté, l'IRSN l'estime toutefois acceptable dans ce cas, dans la mesure où des reprises d'études sont prévues par EDF dans le cadre de la mise à jour du RDS 1300 MWe associée à la VD3.

Pour ce qui concerne l'étude du transitoire d'APRP-BI, l'IRSN souligne qu'EDF cumule le changement d'hypothèse relatif à la baisse de débit et un changement de méthode d'étude. L'IRSN estime qu'une telle démarche n'est pas satisfaisante et considère que cette évaluation doit être reprise avec les mêmes règles et méthode que celles utilisées dans l'étude de référence. Ceci conduit à la recommandation n°3.

Pour ce qui concerne l'étude du transitoire de Mauvais Fonctionnement d'Eau Alimentaire, l'IRSN considère que des compléments sont nécessaires pour justifier :

- l'évolution de la valeur du minimum de RFTC, de 1,30 à 1,34, pour le cas à 100 % PN, ce qui fait l'objet de la recommandation n°4 ;

- l'hypothèse de BTGV à retenir pour l'étude du transitoire de MFEAN à puissance nulle, ce qui fait l'objet de la recommandation n°7.

De plus, l'IRSN rappelle que l'étude du transitoire de Rupture de Tuyauterie Vapeur (RTV) à 100 % PN est actuellement affectée d'une anomalie d'étude, dite de « qualification des mesures de température des by-pass des boucles primaires ». En premier lieu, l'IRSN souligne qu'EDF n'a pas apporté la démonstration que cette anomalie d'étude concerne uniquement les brèches secondaires de 4^{ème} catégorie. En second lieu, EDF ne propose aucune mesure compensatoire dans l'attente de son traitement, ce qui fait l'objet des recommandations n°5 et 6.

Pour ce qui concerne le transitoire de RTV de 4^{ème} catégorie à puissance nulle, l'IRSN souligne que, pour évaluer l'impact de la baisse du débit primaire, EDF utilise une démarche différente de celle appliquée pour l'étude du transitoire de RTV de 2^{ème} catégorie. La reconduction des conditions de calcul de l'étude de référence, excepté le débit nominal qui est abaissé, devrait conduire à des résultats de minimum de RFTC plus pénalisants, contrairement à ce qui est affiché par EDF. Ce constat conduit à la recommandation n°8.

Enfin, l'IRSN souligne qu'un certain nombre d'anomalies d'études ne sont pas prises en compte par EDF. Il s'agit notamment de l'anomalie relative au système de refroidissement des mécanismes de grappes (RRM) qui affecte la démonstration de sûreté de la phase C des accidents (phase faisant suite à la première action de l'opérateur) et des anomalies susceptibles d'affecter les études de dilution homogène d'acide borique initiée dans les états d'arrêt. Ceci conduit à la recommandation n°9.

Etudes du domaine complémentaire

Pour ce concerne l'accident de « Anticipated transient without scram (ATWS) - Initiateur et échec partiel de l'Arrêt Automatique du Réacteur (AAR) induit par un blocage multiple de grappes », l'IRSN considère qu'EDF doit justifier l'hypothèse de BTGV maximal considérée dans l'étude de référence, ce qui fait l'objet de la recommandation n°10.

Pour ce concerne l'accident de « ATWS - Perte totale de l'eau alimentaire normale (ARE) et échec total de l'AAR - Court terme », l'IRSN considère que les arguments avancés par EDF sont insuffisants pour justifier la valeur du pic de pression au point le plus chargé du circuit primaire avec les nouvelles conditions de fonctionnement. Par ailleurs, l'analyse d'EDF ne permet pas d'évaluer l'impact des nouvelles conditions sur la proportion de cycle garantissant une contre-réaction modérateur supérieure ou égale à la valeur permettant de respecter le critère. Ces constats conduisent à la recommandation n°11.

Impact sur les limites de fonctionnement des GV et domaine de fonctionnement en prolongation de cycle

S'agissant de l'impact sur les limites de fonctionnement des GV et sur le domaine de fonctionnement en prolongation de cycle, l'IRSN souligne que l'hypothèse d'un appui des tubes au niveau de la dernière plaque entretoise ne permet pas d'obtenir des conditions d'encastrement pénalisantes et plus représentatives des conditions réelles pour la réalisation des études. Une condition limite d'encastrement des tubes au niveau de la dernière plaque entretoise pourrait avoir une incidence sur la définition des limites du domaine de fonctionnement des GV en prolongation de cycle compte tenu du taux de BTGV considéré, ce qui fait l'objet de la recommandation n°12.

Par ailleurs, l'IRSN souligne que certaines incertitudes affectent la détermination des limites d'instabilité vibratoire des tubes de GV, ce qui fait l'objet de l'observation n° 1.

Impact sur les dossiers mécaniques

L'IRSN souligne qu'EDF n'a pas évalué l'impact des nouvelles conditions de fonctionnement sur les efforts hydrauliques en régime permanent dans d'autres situations que le fonctionnement à 100 % PN, telles que l'arrêt à froid, la survitesse de pompes et la configuration cœur non chargé, ce qui fait l'objet de la recommandation n° 13.

Pour ce qui concerne les efforts hydrauliques en APRP, l'instruction a montré le caractère incomplet des argumentaires avancés par EDF vis-à-vis de l'impact des nouvelles conditions de fonctionnement sur les efforts hydrauliques appliqués sur les structures et la nécessité de tenir compte, dans le sens pénalisant, des incertitudes de mesure et des bandes mortes de régulation pour la détermination des paramètres permettant d'évaluer les efforts hydrauliques, ce qui fait l'objet des observations n° 2 et 3 en annexe 3.

Dans le cadre de cette instruction, l'IRSN a procédé à une évaluation des ordres de grandeur de l'impact des nouvelles conditions de fonctionnement sur les efforts hydrauliques en APRP en utilisant une approche réaliste. Si l'IRSN confirme les ordres de grandeur des variations maximales d'efforts obtenues par EDF, il estime toutefois que des conditions de fonctionnement, telles que la prolongation de cycle, peuvent s'avérer plus pénalisantes que le fonctionnement à 100 % PN, pris comme hypothèse par EDF dans son calcul. Ceci conduit à la recommandation n° 14.

En outre, l'IRSN considère que des compléments sont nécessaires pour pouvoir se prononcer sur l'acceptabilité des efforts hydrauliques appliqués :

- au faisceau tubulaire des générateurs de vapeur en situation d'APRP ou de RTV, ce qui fait l'objet de la recommandation n° 15 ;
- sur la plaque de partition des GV en situation d'APRP en tenant compte des nouvelles conditions de fonctionnement, ce qui fait l'objet de la recommandation n° 16.

Enfin, pour ce qui concerne l'impact sur les dossiers de situations, l'IRSN estime que l'analyse d'impact de la modification sur les circuits primaire (CPP) et secondaire (CSP) ainsi que sur l'ensemble des situations de la 2^{ème} à la 4^{ème} catégorie est acceptable.

Acceptabilité des modifications apportées au RDS et aux chapitres III et IX des RGE

Pour ce qui les modifications apportées au RDS et aux chapitres III et IX des RGE, l'IRSN estime que les amendements proposés par EDF sont acceptables sous réserve de la prise en compte des recommandations n° 17 à 19.

Conclusion

A l'issue de son analyse, l'IRSN a identifié des compléments de justifications nécessaires qui font l'objet de recommandations figurant en annexe 1.

L'IRSN estime que le dossier transmis par EDF à l'appui de sa déclaration de modification pour justifier le fonctionnement des réacteurs exploités en gestion GEMMES et équipés de GV de type 68/19 en Inconel 600 ou 690 avec un BTGV de 10 % et un débit thermohydraulique de 88805 m³/h peut être mis en œuvre sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées en annexe 1 et des engagements pris par EDF au cours de l'instruction, rappelés en annexe 2.

Pour le directeur général
et par délégation

F. MENAGE

RECOMMANDATIONS DE L'IRSN

IMPACT SUR LE FONCTIONNEMENT NORMAL

Recommandation n° 1 :

L'IRSN rappelle la demande B.3 formulée par l'ASN suite à la réunion du groupe permanent d'experts (GP) relative au « REX combustible 2003-2009 » : « L'ASN vous demande de réexaminer le respect des critères de sûreté en APRP compte tenu des évolutions d'hypothèses relatives au combustible (épaisseur de corrosion initiale) et au réacteur (débits RIS, sur-remplissage des accumulateurs, RGV, BTGV ...). [...] L'ASN vous demande de lui transmettre vos conclusions sous 6 mois. »

Dans le cadre de l'élaboration de la réponse à cette demande de l'ASN, l'IRSN recommande qu'EDF tienne compte de l'impact du dossier « GEMMES BTGV 10 % et débit abaissé » lors de son réexamen du respect des critères de sûreté en APRP.

Recommandation n° 2 :

Dans l'attente du traitement de l'anomalie sur les traces axiales de puissance issues du code de neutronique, EDF a proposé de définir un ou plusieurs nouveaux historiques de puissance enveloppes afin de ne pas dépasser les valeurs d'épaisseur de corrosion des gestions de référence.

Dans ce contexte, l'IRSN recommande que, dans le cadre de la démonstration de sûreté des recharges en combustible, EDF complète systématiquement la justification thermomécanique des assemblages à gainage en Zircaloy-4 chargés en gestion GEMMES dont le taux de combustion moyen dépasse 47 GWj/t, en évaluant l'épaisseur maximale de corrosion atteinte, sur la base des historiques « réels » des crayons pénalisants. L'IRSN considère que les résultats de ces réévaluations devront figurer dans les Dossiers Spécifiques d'évaluation de Sûreté (DSS) des recharges concernées.

IMPACT SUR LES ETUDES DU RAPPORT DE SURETE

Recommandation n° 3 :

L'IRSN recommande qu'EDF évalue, sous six mois, l'impact de la baisse de débit primaire sur le transitoire d'APRP-BI en utilisant la méthode de référence de la gestion GEMMES.

Recommandation n° 4 :

L'IRSN recommande qu'EDF justifie, sous six mois, l'augmentation, due à la levée du potentiel sur-conservatisme relatif aux tables de l'eau du code de thermohydraulique utilisé, de la valeur de référence du RFTC de 1,30 à 1,34.

Recommandation n° 5 :

L'IRSN recommande qu'EDF justifie, sous 6 mois, l'absence de mesure compensatoire immédiate, dans l'attente du traitement de l'anomalie affectant les études de RTV 100 des réacteurs 900 et 1300 MWe.

Recommandation n° 6 :

L'IRSN recommande qu'EDF justifie, sous six mois, que la stratégie de traitement de l'anomalie affectant les études de RTV à pleine puissance permet de couvrir l'évolution du point de fonctionnement envisagée pour les réacteurs de 1300 MWe dans le cadre du dossier « GEMMES - BTGV 10 % et débit abaissé ».

Recommandation n° 7 :

L'IRSN recommande qu'EDF réexamine, dans le cadre du programme de reprises d'études associées à la VD3 des réacteurs de 1300 MWe, l'hypothèse de BTGV à retenir pour l'étude du transitoire de MFEAN à puissance nulle.

Recommandation n° 8 :

L'IRSN recommande qu'EDF évalue, sous six mois, la valeur minimale de RFTC obtenue pour l'étude des brèches secondaires de catégorie 4 en considérant les nouvelles conditions de débit abaissé et en utilisant la méthode de référence, réévalue la provision en Fxy de manière à respecter le critère en RFTC, et enfin modifie en conséquence le rapport de sûreté.

Recommandation n° 9 :

L'IRSN recommande qu'EDF justifie, sous six mois, que les stratégies de traitement des anomalies d'études non prises en compte, et notamment susceptibles d'affecter les études de dilution homogène d'acide borique dans les états d'arrêt et la démonstration de la sûreté associée à l'analyse des phases C des accidents (RRM), permettent de couvrir les nouvelles conditions de fonctionnement.

Recommandation n° 10 :

Compte tenu de la similarité des séquences « ATWS - Perte totale ARE et échec partiel de l'AAR » et « ATWS - Perte totale ARE et échec total de l'AAR - Moyen terme » et des éléments avancés par EDF sur l'impact des nouvelles conditions de fonctionnement, l'IRSN recommande qu'EDF justifie, sous six mois, l'hypothèse de BTGV maximal considérée dans l'étude de référence « ATWS - Perte totale ARE et échec partiel de l'AAR ».

Recommandation n° 11 :

L'IRSN recommande qu'EDF réévalue précisément, sous 6 mois, la valeur du pic de pression au point le plus chargé du circuit primaire avec les nouvelles conditions de fonctionnement, pour la séquence « ATWS - Perte totale de l'ARE et échec total de l'AAR - Court terme ».

De plus, l'IRSN recommande que l'impact des nouvelles conditions de fonctionnement sur la proportion de cycle garantissant une contre-réaction modérateur supérieure ou égale à la valeur permettant de respecter le critère soit évalué sous 6 mois.

IMPACT SUR LES LIMITES GV ET DOMAINE DE FONCTIONNEMENT EN PROLONGATION DE CYCLE

Recommandation n° 12 :

L'IRSN recommande qu'EDF étudie, sous six mois, l'impact de conditions limites d'encastrement au niveau de la dernière plaque entretoise sur les limites du domaine de fonctionnement en prolongation de cycle.

IMPACT SUR LES DOSSIERS MECANIQUES

Recommandation n° 13 :

L'IRSN estime nécessaire qu'EDF évalue, sous six mois, les efforts sur le combustible et les internes ainsi que les bilans de maintien pour l'ensemble des conditions de fonctionnement en régime permanent, et pas seulement pour le fonctionnement à 100 % PN.

Recommandation n° 14 :

L'IRSN recommande qu'EDF évalue, sous six mois, l'impact de l'augmentation du bouchage des tubes GV et de la diminution de débit primaire en prolongation de cycle sur les efforts hydrauliques en APRP.

Recommandation n° 15 :

L'IRSN souligne qu'EDF, tout en indiquant que l'abaissement de température a un effet défavorable sur les efforts hydrauliques appliqués au faisceau des tubes GV en APRP, ne fournit aucune évaluation de cet impact et ne se prononce pas sur son acceptabilité. En conséquence, l'IRSN recommande qu'EDF fournisse, sous six mois, les valeurs des variations des efforts hydrauliques et montre que ces variations sont acceptables.

De plus, l'IRSN souligne que la rupture de tuyauterie vapeur est également de nature à solliciter le faisceau tubulaire, et que ce chargement n'est pas mentionné par EDF. Aussi l'IRSN recommande qu'EDF évalue, sous six mois, l'impact de la rupture de tuyauterie vapeur sur le faisceau tubulaire des GV.

Recommandation n° 16 :

L'IRSN recommande qu'EDF apporte, sous six mois, la démonstration de tenue de la plaque de partition des GV en APRP.

IMPACT DOCUMENTAIRE

Recommandation n° 17 :

L'IRSN recommande qu'EDF mette à jour, sous six mois, le RDS 1300 MWe VD2 en précisant que le fonctionnement avec un BTGV de 10 %, un encrassement maximal de 270.10^{-7} °C.m²/W, un débit thermohydraulique de 88805 m³/h et une dissymétrie maximale autorisée de 5 % est acceptable pour les GV 68/19 avec des tubes en alliage 600 ou 690.

Recommandation n° 18 :

L'IRSN recommande que les mises à jour proposées pour la section 3 du chapitre 4 du volume III du RDS VD2 soient complétées, sous six mois, en mentionnant explicitement que les vérifications des critères de découplage autres que ceux relatifs à la crise d'ébullition ne sont pas impactées par l'augmentation du BTGV et l'abaissement du débit primaire.

Recommandation n° 19 :

L'IRSN recommande qu'EDF mette à jour, sous six mois, les Spécifications Techniques d'Exploitation en mentionnant la valeur du débit abaissé et la dissymétrie maximale autorisée.

ENGAGEMENTS D'EDF

IMPACT SUR LE DOMAINE DE DIMENSIONNEMENT

Engagement n° 1 :

EDF s'est engagé à compléter le programme de mise à jour du RDS 1300 MWe dans le cadre de la VD3 1300 MWe, en ajoutant une reprise complète de l'étude de l'accident de retrait incontrôlé de grappes d'absorbants neutroniques en puissance qui tienne compte du phénomène d'ouverture-refermeture des soupapes du pressuriseur.

Engagement n° 2 :

EDF s'est engagé à signaler la mise en œuvre du présent dossier au paragraphe « Contraintes particulières » du Dossier Spécifique d'évaluation de Sûreté des recharges de chaque campagne concernée et à mentionner, dans ce cas, que les calculs de variation du Rapport de Flux Thermique Critique ($\Delta RFTC$) en cas de chute de grappe(s) doivent considérer une augmentation systématique de 0,5 % du paramètre $\Delta RFTC$ liée à l'évolution des conditions thermohydrauliques et de la puissance moyenne du cœur pendant le transitoire ($\Delta RFTC_{\text{thermo}}$).

Engagement n° 3 :

EDF s'est engagé à réexaminer, dans le cadre du programme de reprises d'études dans le cadre des troisièmes visites décennales des réacteurs de 1300 MWe, l'hypothèse de débit primaire à retenir pour l'étude du transitoire de rupture de tuyauterie vapeur à 100 % PN entre le débit thermohydraulique et un débit plus élevé.

OBSERVATIONS DE L'IRSN

IMPACT SUR LES LIMITES GV

Observation n°1 :

L'IRSN fait observer que certaines incertitudes sont inhérentes à la détermination des limites d'instabilité vibratoire des tubes de GV dont notamment :

- l'encrassement est pris en compte par une résistance thermique uniformément distribuée sur les tubes de GV, ce qui n'est pas nécessairement le cas, et il n'est pas modélisé comme une perte de charge. De plus, EDF ne semble pas avoir pris en compte une masse supplémentaire sur le tube due à l'encrassement ;
- le colmatage sur les plaques entretoises n'a pas été pris en compte. Toutefois, ce paramètre important influence la valeur du taux d'instabilité vibratoire, par la perte de charge engendrée dans le GV et par les conditions de supportage, en particulier sur la dernière plaque entretoise ;
- l'éventuel enfoncement inhomogène des barres anti-vibratoires n'a pas été pris en compte, alors que cette inhomogénéité perturbe l'écoulement secondaire au niveau du faisceau et modifie ainsi les valeurs des vitesses locales vues par les tubes.

IMPACT SUR LE DOSSIER MECANIQUE

Observation n°2 :

Pour ce qui concerne les efforts hydrauliques, l'IRSN fait observer que les argumentaires d'EDF sont incomplets. En effet, il serait nécessaire qu'EDF se prononce sur l'effet d'une variation des efforts sur la sollicitation des composants d'une part et, d'autre part, qu'EDF rappelle les marges disponibles sur la tenue des composants. En conséquence, l'IRSN estime qu'à l'avenir les argumentaires devront être complets pour être considérés comme recevables.

Observation n°3 :

L'IRSN fait observer qu'EDF devrait tenir compte, dans le sens pénalisant, des incertitudes de mesure et des bandes mortes de régulation dans la détermination des paramètres primaires à prendre en compte dans le calcul de référence de la tenue des internes de cuve, du combustible et du support de cuve en APRP.