

Fontenay-aux-Roses, le 15 février 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2019-00026

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF - Déclaration d'une modification des RGE - Chapitre III et du DGES - Palier CPY - Etat technique « VD2 » et « VD3 » - Modification « IPG Parité MOX variabilité »

Réf. Saisine ASN - CODEP-DCN-2017-039139 du 26 septembre 2017

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné les éléments transmis par Électricité de France (EDF) portant sur la prise en compte de l'effet de la variabilité des cycles sur la démonstration de sûreté associée aux réacteurs électronucléaires de 900 MWe du palier CPY exploités en gestion de combustible Parité MOX¹, aux états techniques correspondant à leurs deuxième et troisième visites décennales (« VD2 » et « VD3 »).

Contexte

Depuis plusieurs années, la couverture de l'ensemble des besoins du parc électronucléaire français peut conduire EDF à mettre en œuvre des campagnes² qualifiées de « variables », c'est-à-dire des campagnes pour lesquelles le plan de chargement (inventaire ou position des assemblages de combustible dans le cœur) ou la durée (arrêt anticipé ou prolongation de cycle) s'écartent notablement des hypothèses retenues dans les études de sûreté génériques³. Le besoin en variabilité se justifie par la nécessité de gérer des événements courants de l'exploitation et se manifeste par des fluctuations sur les caractéristiques générales des campagnes, de manière ponctuelle ou répétée lors de plusieurs campagnes successives. EDF a analysé l'impact de la variabilité des cycles sur la démonstration de sûreté associée à la gestion de combustible Parité MOX aux états techniques « VD2 » et « VD3 ». Cette analyse a notamment conduit l'exploitant à déclarer une modification des spécifications techniques d'exploitation au titre de l'article 26 du décret du 2 novembre 2007. L'analyse d'impact réalisée par EDF et la modification des RGE qui en résulte font l'objet du présent avis.

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 8 440 546 018

¹ La gestion de combustible Parité MOX concerne la plupart des réacteurs du palier CPY. Il s'agit d'une gestion pour laquelle le rechargement du combustible neuf s'effectue par quart de cœur, avec une recharge nominale constituée de 28 assemblages UO₂ et 12 assemblages MOX neufs. Les assemblages MOX contiennent un mélange d'oxyde d'uranium et de plutonium.

² Une campagne correspond à un cycle de fonctionnement du réacteur. L'épuisement du combustible au cours du temps conduit à devoir remplacer à chaque nouvelle campagne une partie des assemblages les plus irradiés par du combustible neuf.

³ Les études de sûreté présentées dans les rapports de sûreté sont dites génériques car elles ont vocation à s'appliquer à l'ensemble des campagnes de la gestion de combustible concernée.

L'ASN sollicite l'avis de l'IRSN sur l'acceptabilité au plan de la sûreté de la démonstration transmise par EDF et, en particulier, sur :

- l'acceptabilité de la nouvelle démarche d'étude simplifiée de traitement du risque associé au phénomène d'interaction pastille-gaine (IPG), dite démarche « IPG variabilité », permettant de quantifier l'impact de la variabilité des recharges sur le risque de rupture de gaine de combustible par IPG ;
- le domaine de variabilité couvert par l'étude d'application de la démarche « IPG variabilité » à la gestion de combustible Parité MOX ;
- l'acceptabilité des modifications des spécifications techniques d'exploitation déclarées par EDF compte tenu des résultats de l'étude d'application de la démarche « IPG variabilité » à la gestion Parité MOX et des durées autorisées de fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire (FPPI) qui en découlent ;
- la suffisance des vérifications menées avant toute campagne pour confirmer la sûreté des campagnes variables.

Prise en compte de l'impact de la variabilité des cycles dans la démonstration de sûreté

Dans son dossier, EDF retient le domaine de variabilité pour la gestion de combustible Parité MOX⁴ suivant :

- les campagnes de transition des gestions de combustible GARANCE MOX⁵ et GARANCE UO₂⁶ vers la gestion Parité MOX ;
- des campagnes ponctuelles dont le nombre d'assemblages UO₂ neufs de la recharge fluctue par rapport à l'inventaire nominal, le nombre d'assemblages MOX neufs restant inchangé ;
- des déficits ponctuels ou durables en assemblages MOX ;
- des campagnes ponctuelles faisant suite à un arrêt en anticipation exceptionnelle de 50 JEPP⁷ (dans les études génériques, un cycle suivant un arrêt anticipé de 25 JEPP est retenu) ;
- des campagnes ponctuelles avec prolongation exceptionnelle du cycle au-delà de la durée prévisionnelle de 60 JEPP, et jusqu'à 72 JEPP ;
- des enchaînements de campagnes dont la durée du cycle fluctue (dans les limites de 40 JEPP d'anticipation et de 60 JEPP de prolongation de cycle).

La prise en compte de l'impact de la variabilité des cycles sur la démonstration de sûreté s'articule autour de deux volets. Le premier volet concerne le dossier général d'évaluation de la sûreté des recharges (DGES). Ce document décrit l'ensemble des vérifications menées avant chaque nouvelle campagne pour garantir l'applicabilité des conclusions des études génériques du rapport de sûreté (RDS). La démonstration de sûreté en recharge repose sur le respect, pour certains paramètres neutroniques dits paramètres clés, de valeurs limites issues des études

⁴ La gestion de combustible Parité MOX concerne la plupart des réacteurs du palier CPY. Il s'agit d'une gestion pour laquelle le rechargement du combustible neuf s'effectue par quart de cœur, avec une recharge nominale constituée de 28 assemblages UO₂ et 12 assemblages MOX neufs. Les assemblages MOX contiennent un mélange d'oxyde d'uranium et de plutonium.

⁵ Il s'agit de l'ancienne gestion de combustible qui a précédé la gestion Parité MOX actuelle.

⁶ Cette gestion de combustible ne concerne que les réacteurs de Blayais n° 3 et 4. Seuls des assemblages UO₂ sont chargés en cœur.

⁷ Jour équivalent pleine puissance.

génériques. EDF a réalisé une analyse visant à démontrer que la liste des paramètres clés du DGES actuelle est suffisante pour valider la sûreté des campagnes variables. Pour ce faire, l'ensemble des données neutroniques considérées dans les études génériques qui ne sont pas des paramètres clés font l'objet d'une analyse, et ce pour chaque étude des conditions de fonctionnement de référence du RDS. EDF conclut que la variabilité des cycles envisagée ne remet pas en cause la suffisance de la liste des paramètres clés du DGES.

En ce qui concerne les études de sûreté génériques du domaine de dimensionnement, EDF a démontré que les vérifications prescrites par le DGES actuel sont suffisantes pour valider la sûreté des campagnes variables. Pour ce faire, EDF a analysé de manière exhaustive l'ensemble des paramètres pris en compte dans les études d'accident et justifié qu'il n'était pas nécessaire d'en vérifier de nouveaux en recharge. Cette analyse s'appuie sur des études de sensibilité des paramètres en question à la variabilité des cycles. Les cycles retenus pour réaliser ces études de sensibilité sont représentatifs du domaine de variabilité envisagé par EDF. L'expertise de l'IRSN a principalement mis en évidence qu'EDF n'avait pas évalué l'effet de la variabilité des cycles sur les pénalités s'appliquant sur un certain nombre de données neutroniques dans les études de sûreté génériques. EDF a complété au cours de l'expertise sa démonstration sur ce point en évaluant cet effet. Compte tenu des éléments techniques apportés par EDF au cours de l'expertise, l'IRSN estime qu'il n'est pas nécessaire de faire évoluer le DGES associé au référentiel de sûreté des réacteurs de 900 MWe en gestion de combustible Parité MOX à l'état technique VD2 ou VD3. En effet, les vérifications menées par EDF avant toute campagne, au titre du DGES, sont suffisantes pour confirmer la sûreté des campagnes variables.

Le deuxième volet concerne le risque IPG. Ce risque est à considérer dès lors que le contact entre la pastille et la gaine du crayon de combustible est établi (jeu fermé). S'il n'y a pas de risque potentiel de rupture de gaine en régime permanent, celui-ci apparaît dès lors que le crayon de combustible subit de fortes augmentations de puissance, la gaine étant alors sollicitée en traction. L'intégrité de la première barrière (gaine des crayons de combustible) doit être démontrée pour toutes les conditions de fonctionnement de dimensionnement de catégories 1 (fonctionnement normal) et 2 (fonctionnement incidentel). L'analyse du risque de rupture de gaine par IPG a pour objectif de garantir l'intégrité du crayon de combustible dans les situations de catégorie 2, qui couvrent les situations de catégorie 1. Le risque IPG est étroitement lié à la distribution de puissance dans le cœur au cours d'un transitoire incidentel et à l'historique de puissance des crayons de combustible depuis leur introduction dans le cœur. Il s'agit donc d'un phénomène local. Les études IPG sont réalisées par EDF sur la base du cycle prolongé à l'équilibre⁸ de la gestion prévisionnelle (appelé cycle de référence par la suite) avec la méthodologie IPG rénovée (MIR). Elles fixent les limites relatives à l'exploitation en termes de durées passées en fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire (FPPI). Le FPPI est en effet un mode de fonctionnement défavorable par rapport au risque de rupture de gaine par IPG. Du fait de son caractère local, le risque IPG est impacté par la variabilité des cycles.

EDF a développé une nouvelle démarche d'étude, dite démarche « IPG variabilité », afin d'évaluer, pour tous les crayons présents dans le cœur, le risque de rupture de gaine par IPG en situations de catégorie 2. Cette démarche a été appliquée pour 12 cycles représentatifs du domaine de variabilité envisagé par EDF et pour le cycle prolongé à l'équilibre Parité MOX. La nouvelle démarche IPG vise à évaluer l'impact de la variabilité des cycles par comparaison directe des nappes de distribution de puissance pour l'ensemble des situations de catégorie 2 étudiées aux nappes de distribution de puissance à rupture par IPG. L'écart de marge en puissance linéique est estimé pour chaque cycle variable ainsi que pour le cycle de référence. L'écart maximal de marge obtenu entre les cycles variables étudiés et

⁸ Un plan de chargement est à l'équilibre lorsque le positionnement des assemblages entre deux cycles successifs et la longueur du cycle ne varient plus.

le cycle de référence définit la valeur du « biais variabilité » à appliquer. L'analyse thermomécanique des études IPG réalisées avec la MIR est ensuite reprise par EDF en majorant les distributions de puissance issues des transitoires du biais variabilité précédemment déterminé et les marges IPG sont réévaluées à partir de ces nappes de puissance majorées. Les marges IPG sont ainsi calculées pour différents états de conditionnement du combustible. Ces réévaluations de marges induisent de nouvelles limitations des durées de FPPI dans les spécifications techniques d'exploitation.

EDF montre que la démarche « IPG variabilité » conduit, pour le cycle à l'équilibre de référence, à des résultats bien plus pénalisants que ceux obtenus avec la MIR, ce qui illustre le caractère conservatif de la nouvelle démarche par rapport à la méthode actuelle. L'IRSN prend note des conservatismes spécifiques à la mise en œuvre de cette démarche et l'estime acceptable.

L'étude d'application de cette nouvelle démarche à la gestion de combustible Parité MOX aux états techniques VD2 et VD3 conduit à pénaliser les marges IPG de l'étude de référence. À partir de ces résultats pénalisés, EDF a appliqué la démarche historique pour définir de nouvelles durées de FPPI dans les spécifications techniques d'exploitation. L'IRSN estime que les nouvelles spécifications permettent de garantir l'absence de rupture de gaine par IPG en transitoires de catégorie 2 pour l'ensemble du domaine de variabilité envisagé (décrit ci-dessus), hormis pour les campagnes avec prolongation exceptionnelle de cycle au-delà de 60 JEPP, ainsi que pour les campagnes leur faisant suite, pour lesquelles la démonstration vis-à-vis du risque IPG n'a pas été apportée par EDF.

Enfin, l'IRSN estime que la démonstration de sûreté associée à la variabilité des cycles (volets DGES et IPG) devrait être présentée ou référencée dans le RDS des réacteurs exploités en gestion de combustible Parité MOX.

Conclusion

Pour les réacteurs de 900 MWe de type CPY exploités en gestion de combustible Parité MOX aux états techniques VD2 et VD3, l'IRSN estime que le domaine de variabilité défini par EDF ne met pas en cause la suffisance des vérifications prescrites par le DGES pour valider la sûreté des campagnes. De plus, les modifications des spécifications techniques d'exploitation prévues par EDF pour prendre en compte les effets de la variabilité des cycles sur le risque de rupture de gaine par IPG sont acceptables. Elles permettent de garantir l'absence de risque de rupture de gaine par IPG pour l'ensemble des campagnes du domaine de variabilité envisagé, excepté pour les campagnes avec prolongation exceptionnelle de cycle au-delà de 60 JEPP, et pour les campagnes leur faisant suite.

Pour le Directeur général et par délégation,

Olivier DUBOIS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté