



DIRECTION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Montrouge, le 1er juillet 2014

Réf. : CODEP-DCN-2014-020988**Monsieur le Directeur
Division Production Nucléaire
EDF
Site Cap Ampère – 1 place Pleyel
93282 SAINT-DENIS Cedex****Objet : Réacteurs électronucléaires – EDF – Palier 1300 MWe
Réexamen de sûreté associé à la troisième visite décennale des réacteurs (VD3 1300)
Revue de conception du système de protection intégré numérique**

- Réf :**
- [1] Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
 - [2] Lettre ASN CODEP-DCN-2011-006777 relative aux orientations des études génériques à mener pour le réexamen de sûreté des réacteurs de 1300 MWe associé à leur troisième visite décennale
 - [3] Lettre EDF D305513031952 « Palier P4 – Projet VD3 1300 – Déclaration de modifications au titre de l'article 26 du décret du 2 novembre 2007 – Modifications avec impact RGE »
 - [4] Note d'étude AREVA NEPC-F DC 10252 ind. B
 - [5] Lettre EDF ENPCEE130158 du 25/04/2013

Monsieur le Directeur,

Dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs électronucléaires de 1300 MWe, Électricité de France (EDF) a transmis à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) des études relatives à la revue de conception du Système de protection intégré numérique (SPIN).

Le SPIN a notamment pour fonction de calculer la puissance linéique (PLIN), par rapport aux risques de fusion du combustible et d'interaction pastille-gaine (IPG), et le rapport de flux thermique critique (RFTC), par rapport au risque de crise d'ébullition. Ces grandeurs physiques permettent d'évaluer le risque de perte d'intégrité de la première barrière.

Une modification du SPIN est aussi prévue par EDF afin d'en améliorer le conservatisme en cas d'incident de refroidissement. Par la lettre en référence [3], vous avez déclaré cette modification sous le repère PNPP 2447.

Les études transmises par EDF dans le cadre de la revue du SPIN se décomposent en trois volets :

1. une démonstration du « conservatisme intrinsèque » du SPIN, c'est-à-dire une démonstration que les résultats des calculs effectués par le SPIN sont conservatifs, sans prendre en compte les postes d'incertitude. Ces résultats concernent les paramètres RFTC minimal et PLIN maximale et ont été comparés aux résultats obtenus avec les codes de calcul des études de conception ;
2. un bilan des incertitudes liées à l'utilisation du SPIN ;
3. une validation fonctionnelle du SPIN.

Au terme de son instruction réalisée avec l'appui de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), l'ASN estime que le conservatisme du SPIN doit être amélioré vis-à-vis de certaines situations incidentelles. Également, l'ASN demande à EDF d'apporter certains éléments de justification complémentaires dans le cadre de la revue du SPIN.

Enfin, au vu des nécessaires améliorations du conservatisme mises en évidence par EDF ainsi qu'au cours de l'instruction, l'ASN considère qu'EDF doit évaluer si des mesures compensatoires doivent être prises pour les réacteurs de 1300 MWe et de 1450 MWe sans attendre leur prochain réexamen de sûreté (cf. demande n°7).

Vous trouverez en annexe 1 les demandes de l'ASN relatives à ces différents points ainsi que deux observations en annexe 2.

Je vous demande de prendre en compte :

- les demandes 1, 3, 4 et 7 avant le 31 décembre 2014,
- les demandes 2 et 5 avant le 31 décembre 2015.

Également, je vous demande de prendre en compte la demande 6 pour tous les réacteurs du palier 1300 MWe dès le redémarrage consécutif à leur troisième visite décennale.

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

Le Directeur de la DCN,

Thomas HOUDRÉ

A. Conservatisme du SPIN en situation incidentelle et accidentelle***Situation incidentelle***

Pour l'étude du conservatisme du SPIN en situation incidentelle (catégorie 2), les hypothèses considérées sont moins conservatives que celles considérées pour l'étude en situation normale (catégorie 1) et conduisent tout de même à évaluer une marge minimale pour la PLIN très faible dans cette catégorie de conditions.

Par ailleurs, le caractère enveloppe des cas étudiés dans la note en référence [4] en termes d'épuisement du cycle considéré en situation pré-accidentelle manque de justification. En particulier, dans la fiche annexée à la lettre en référence [5], EDF indique avoir poursuivi les études sur le conservatisme du SPIN par l'étude de nouveaux cas, qui ne paraissent pas dans la note référencée [4].

Demande n°1: L'ASN demande qu'EDF complète la justification du conservatisme intrinsèque du SPIN en fonctionnement incidentel (catégorie 2) avec les cas pénalisants qui ont été étudiés postérieurement à l'émission de la note en référence [4]. Pour les nouveaux cas pénalisants identifiés pour la gestion Gemmes, l'étude devra présenter des résultats de RFTC obtenus à l'aide de l'algorithme sur lequel sera fondée la version de SPIN qui sera implantée dans les réacteurs à l'état VD3. Les compléments de justification à apporter par EDF devront également :

- démontrer le caractère enveloppe des cas jugés pénalisants vis-à-vis du conservatisme du SPIN, en termes d'épuisement considéré et de situation pré-accidentelle, en particulier pour l'étude de l'augmentation excessive de débit de vapeur du circuit secondaire (AEC) et pour celle de la dilution incontrôlée d'acide borique ;
- évaluer séparément les sources de conservatisme intrinsèque de l'algorithme du SPIN en analysant les distributions axiales de puissance et les distributions de facteurs de point chaud reconstruites par le SPIN à l'instant de marge minimale vis-à-vis du conservatisme en PLIN, pour les cas pénalisants de la gestion Gemmes ;
- permettre de comparer directement les marges en fonctionnement incidentel avec celles évaluées en fonctionnement normal (catégorie 1) en reprenant l'étude des cas les plus pénalisants vis-à-vis du conservatisme du SPIN identifiés pour la gestion Gemmes avec les mêmes hypothèses que celles utilisées dans l'étude du conservatisme en catégorie 1 (en particulier vis-à-vis de la puissance linéique moyenne et des pénalités associées à l'interaction pastilles-gaine).

Situation accidentelle

Les conditions de fonctionnement accidentel (catégories 3 et 4) ne sont pas couvertes par la revue de conception du SPIN. Pour la plupart des accidents étudiés dans la démonstration de sûreté, la protection du réacteur n'est pas assurée par les chaînes de protection générique du SPIN. Cependant, pour le cas d'accident de catégorie 3 de retrait incontrôlé d'une grappe amorcé en puissance (R1GP), la protection du cœur est assurée par le SPIN. Ce cas n'est pas couvert par la revue de conception du SPIN.

Demande n°2: L'ASN vous demande de compléter la revue de conception du SPIN en analysant le conservatisme de la protection du cœur pour l'accident de R1GP.

B. Modification fonctionnelle du SPIN et hypothèses retenues

Un manque de conservatisme du SPIN a été mis en évidence dans le cas d'augmentation excessive de charge. En réponse, votre modification de l'algorithme de reconstruction de point chaud¹ permet de pénaliser ce dernier lorsque la température moyenne du cœur s'éloigne de la température moyenne de référence.

Cette modification permet de garantir le conservatisme intrinsèque du SPIN sous réserve du bon dimensionnement des coefficients correctifs appliqués aux facteurs radiaux de point chaud en fonction de la dérive de la température primaire. Or, ces coefficients n'apportent pas de marge suffisante dans le cas d'un refroidissement du circuit primaire.

Demande n°3: L'ASN vous demande de garantir le bon dimensionnement de la modification déclarée [3] de renforcement du conservatisme du SPIN en cas de refroidissement du circuit primaire :

- en vérifiant la validité des valeurs des coefficients correctifs retenus en fonction de l'écart entre la température moyenne du circuit primaire mesurée et la température de référence pour les nouveaux cas pénalisants qui seront identifiés dans le cadre de la réponse à la demande n°1 ci-dessus,
- ou en modifiant les valeurs actuellement retenues pour ces coefficients correctifs afin de garantir des marges suffisantes.

Des valeurs non conservatives des facteurs radiaux de point chaud implantés dans le SPIN, ayant pour conséquence une dégradation de la marge disponible, apparaissent généralement dans des cas où la distribution axiale de puissance est fortement perturbée.

Demande n°4 : L'ASN vous demande de compléter la modification du SPIN actuellement déclarée, afin de restaurer un conservatisme intrinsèque suffisant des facteurs radiaux de point chaud $F_{xy}(z)$ implantés dans le SPIN, pour l'ensemble des conditions de fonctionnement incidentel caractérisées par une perturbation importante de la distribution axiale de puissance.

C. Incertitudes liées au SPIN

Par lettre du 4 mai 2011 [2], l'ASN vous a notamment demandé, au sujet de la revue de conception du SPIN, de procéder au réexamen des incertitudes. Ce point n'a pas été traité dans les documents transmis par EDF.

Demande n°5 : L'ASN vous demande de justifier chaque poste d'incertitude considéré dans le calcul de l'incertitude totale des chaînes de protection « bas-RFTC » et « PLIN élevée », en particulier la validité du dimensionnement des incertitudes liées à la reconstruction de la distribution de puissance axiale par le SPIN.

¹ Le facteur radial de puissance ou facteur radial de point chaud $F_{xy}(z)$ désigne le rapport entre la puissance linéique maximale du cœur dans le plan situé à la cote z et la puissance linéique moyenne du cœur dans le même plan

Pour le calcul de la puissance linéique, plusieurs sources d'incertitudes sont considérées et des pénalités leur sont associées. La pénalité de fléchissement, qui correspond à l'incertitude due à l'effet de fléchissement des crayons de combustible, est considérée par EDF comme indépendante des autres incertitudes et donc cumulée de manière quadratique aux autres pénalités. Cependant, dans le cas des conditions de fonctionnement de catégorie 2, le but des protections est de s'assurer que les critères de RFTC et de PLIN ne sont pas atteints y compris au niveau d'un crayon fléchi. Cette pénalité devrait donc être cumulée de manière arithmétique.

Demande n°6 : L'ASN demande que la pénalité de fléchissement soit cumulée arithmétiquement aux autres postes d'incertitudes lors du remontage de l'incertitude totale sur la chaîne de protection « PLIN élevée ».

D. Compensation des défauts de conservatisme du SPIN

Dans le cadre du troisième réexamen de sûreté des réacteurs du palier 1300 MWe, EDF a déclaré une modification du SPIN visant à en renforcer le conservatisme. Cependant l'instruction réalisée a montré que cette modification nécessitait des compléments (voir paragraphe B ci-dessus).

D'autre part, les réacteurs N4 sont eux aussi équipés d'un SPIN, dont certains défauts de conservatisme avaient été mis en évidence au cours de l'instruction de la gestion Alcade. Ainsi, le conservatisme du SPIN est un des thèmes retenus pour le réexamen de sûreté associé aux secondes visites décennales des réacteurs du palier N4.

L'ASN estime nécessaire qu'EDF examine la situation des réacteurs ayant un SPIN avant que celui-ci ne soit modifié pour restaurer le conservatisme.

Demande n°7 : l'ASN vous demande d'examiner la nécessité de définir des mesures destinées à renforcer la protection du cœur en cas de puissance linéique élevée pour les réacteurs des paliers 1300 MWe et 1450 MWe tant qu'ils n'auront pas subi respectivement leur troisième et leur deuxième réexamen de sûreté. Les éléments relatifs à cet examen sont à transmettre à l'ASN.

Les études menées par EDF se basent sur des outils de calcul simulant les réponses du SPIN, en comparant les résultats en PLIN et RFTC à ceux obtenus avec des logiciels de calcul de référence. Ces outils de calcul ne sont pas présentés dans les documents fournis par EDF relatifs à la revue du SPIN.

Observation n°1 : L'ASN estime que les logiciels utilisés dans la revue du SPIN autres que les outils de calcul scientifique qualifiés (OCS) devraient être documentés dans les études qui les utilisent et que les moyens mis en œuvre pour leur validation devraient y être précisés. Ceci s'applique notamment à l'outil d'EDF permettant de simuler la réponse du SPIN dans l'étude du conservatisme du SPIN en catégorie 1 ainsi qu'à l'outil d'AREVA-NP utilisé dans l'étude du conservatisme en catégorie 2 ainsi que pour certaines études du rapport de sûreté (RDS).

Concernant le fonctionnement normal (catégorie 1), au vu des résultats présentés par EDF ainsi que des hypothèses d'études considérées, la démonstration du conservatisme du SPIN est apportée. Cependant, certains points pourraient être complétés.

Observation n°2 : Afin de conforter l'exhaustivité et la pérennité de la revue de conception du SPIN, l'ASN estime que la justification du conservatisme intrinsèque de l'algorithme du SPIN en fonctionnement normal devrait être complétée par EDF pour :

- démontrer l'atteinte de l'objectif de détermination de l'ordre de grandeur du conservatisme minimal du SPIN en fonctionnement normal, en justifiant davantage le choix des cas présentés et en s'appuyant notamment sur une analyse plus exhaustive de l'ensemble des cas étudiés pour chacune des gestions en vigueur sur le palier 1300 MWe ;
- étudier de manière plus complète l'impact d'une évolution de gestion du combustible sur le conservatisme intrinsèque du SPIN, en s'appuyant par exemple sur le cycle d'équilibre théorique de la gestion Galice ;
- évaluer séparément les sources de conservatisme intrinsèque de l'algorithme du SPIN en analysant les distributions axiales de puissance et des distributions de facteurs de point chaud reconstruites par le SPIN à l'instant de marge minimale vis-à-vis du conservatisme en RFTC et en PLIN, pour les cas pénalisants de chacune des deux gestions étudiées.