



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 4 août 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00132

Objet : EDF – Réacteurs électronucléaires de 900 MWe de type CPO
RP4 900 – Réponse à la prescription Étude-C et renoncement d'EDF à l'ajout de grappes

Réf. : [1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2023-031399 du 25 juillet 2023.
[2] Avis IRSN n° 2019-00245 du 25 octobre 2019.
[3] Décision ASN n° 2021-DC-0706 du 23 février 2021.

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné les éléments apportés par EDF en réponse à la prescription « Étude-C » formulée par l'ASN à l'issue de l'instruction des études du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4 900).

1. CONTEXTE

Plusieurs gestions de combustible sont mises en œuvre pour les réacteurs de 900 MWe : en particulier, les réacteurs du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Bugey (de type CPO) sont exploités en gestion CYCLADES alors que la plupart des autres réacteurs (de type CPY) sont exploités en gestion PARITÉ-MOX.

L'expertise des études du RP4 900 des réacteurs exploités en gestion CYCLADES [2] ayant mis en évidence la nécessité d'améliorer la maîtrise de la réactivité dans plusieurs situations incidentelles et accidentelles, en particulier pour la situation de perte totale des alimentations électriques due à une défaillance de cause commune des tableaux électriques LH (dite DCC-LH), EDF avait prévu d'ajouter quatre grappes d'arrêt¹ sur les réacteurs du CNPE de Bugey. Cette modification permettrait notamment d'augmenter la sous-criticité consécutive à l'insertion des grappes de commande dans un cœur initialement critique (par exemple lors d'un arrêt automatique du réacteur), appelée « marge d'arrêt ». Cette dernière est une donnée d'entrée pour les études de sûreté.

Il convient à cet égard de souligner que les réacteurs exploités en gestion PARITÉ-MOX disposent de treize grappes de commande de plus que ceux exploités en gestion CYCLADES et qu'il était escompté que l'ajout de

¹ Les grappes de commande sont constituées d'absorbant neutronique et leur insertion permet de réguler la population de neutrons et donc la réactivité du cœur. Une partie de ces grappes est systématiquement hors du cœur lorsque le cœur est en puissance, et n'est insérée que lorsque le réacteur est arrêté. On parle alors de grappes d'arrêt.

MEMBRE DE
ETSON

grappes sur les réacteurs du CNPE du Bugey permette de recouvrer un niveau de marge de sûreté comparable à celui des réacteurs exploités en gestion PARITÉ-MOX.

Compte tenu des enjeux de sûreté associés, l'ASN a encadré la réalisation de cette modification par la prescription suivante, issue de la décision en référence [3] :

[Étude-C] I.– Au plus tard le 31 décembre 2022, l'exploitant définit les modifications nécessaires afin d'éviter le retour en criticité en situation de perte totale des alimentations électriques due à une défaillance de cause commune des tableaux électriques LH pour les réacteurs du Bugey.

Cependant, en réponse à cette prescription, EDF a finalement décidé de renoncer à l'ajout de ces quatre grappes d'arrêt pour les raisons suivantes :

- l'absence de retour en criticité en situation de DCC-LH peut être démontrée sans la mise en œuvre de cette modification ;
- cet ajout entraînerait des conséquences défavorables pour les accidents de refroidissement² initiés à puissance nulle.

Dans ce contexte, l'ASN souhaite connaître l'avis de l'IRSN sur l'acceptabilité sur le plan de la sûreté nucléaire des points suivants :

- la marge à la criticité affichée par EDF pour la situation de DCC-LH (sans ajout de grappe) au regard de celle obtenue pour la même situation pour les réacteurs en gestion de combustible PARITÉ-MOX (iso-méthode, pénalités, conservatisme) ;
- le bilan global fourni par l'exploitant en lien avec l'ajout de grappes pour l'ensemble de la démonstration de sûreté en incluant le domaine de dimensionnement (notamment les accidents de refroidissement pour lesquels la marge à la criticité est dégradée selon EDF), le domaine complémentaire, les études dites « noyau dur ». Un éclairage sur le choix du nombre et de la localisation des grappes ajoutées ainsi que sur le bénéfice attendu de l'ajout de grappes sur la maîtrise de la réactivité dans une approche « réaliste » des situations d'accidents est également demandé.

2. TRANSITOIRE DE DCC-LH

La conduite préconisée par EDF pour la gestion du transitoire de DCC-LH a fait l'objet de réserves de l'IRSN dans le cadre de l'expertise des études de sûreté associées au RP4 900. En effet, la stratégie de conduite initialement retenue consistait à rejoindre une température de 240 °C et à stabiliser le réacteur à cette température. Elle permettait d'assurer la maîtrise de la réactivité mais comportait un risque vis-à-vis de l'intégrité du circuit primaire car la tenue des joints des pompes primaires est incertaine pour une température supérieure à 200 °C.

EDF a donc modifié cette stratégie de conduite en retenant un palier de température en deçà de 200 °C. Ce refroidissement supplémentaire rend *a priori* plus délicate la maîtrise de la réactivité pour ce transitoire. EDF a révisé en cohérence l'étude de DCC-LH pour la gestion de combustible CYCLADES. Moyennant la levée de forts conservatismes liés à un découplage entre des hypothèses³, la maîtrise de la réactivité est démontrée, et ce sans l'ajout de grappes. À l'issue de son expertise, l'IRSN estime que les conservatismes qui demeurent pour l'étude de DCC-LH sont adaptés à l'enjeu de sûreté associé à ce transitoire. La suppression du fort découplage entre certaines hypothèses est donc acceptable.

² Le refroidissement de l'eau du circuit primaire conduit à une insertion de réactivité. Lorsque le réacteur est initialement à l'arrêt, un refroidissement accidentel est susceptible de provoquer un retour incontrôlé en puissance.

³ Ce découplage, non explicité dans la note d'étude en support, était lié au fait que la stratégie de conduite du DCC-LH n'était pas encore complètement définie au moment de la réalisation de l'étude de sûreté associée à cet initiateur.

En revanche, l'IRSN rappelle que, en situation de DCC-LH, le retour en tension d'un tableau LH peut survenir plusieurs jours après l'initiateur. Il convient donc de démontrer l'atteinte d'un état durablement sûr en tenant compte des phénomènes physiques inéluctables, et en particulier de la disparition totale du xénon dont les propriétés neutrophages sont favorables vis-à-vis de la maîtrise de la réactivité. Or, l'IRSN constate que la marge à la criticité est faible après l'effacement total du xénon, et en particulier nettement en deçà de celles obtenues pour la gestion PARITÉ-MOX.

In fine, en ne considérant que le périmètre défini par la prescription technique Étude-C de la décision ASN en référence [3], l'introduction de grappes supplémentaires pour les réacteurs du CNPE de Bugey n'apparaît pas strictement nécessaire dans le cadre de la démonstration de sûreté. Nonobstant, cet ajout constituerait une amélioration indéniable, en rapprochant le niveau de sûreté des réacteurs du palier CPO de celui des réacteurs CPY en gestion PARITÉ-MOX vis-à-vis de la maîtrise de la réactivité.

3. BILAN GLOBAL

Concernant l'effet de l'ajout des quatre grappes sur la démonstration de sûreté, le gain sur la marge d'arrêt prise en compte dans les études de sûreté, qui considèrent le blocage de la grappe de commande la plus antiréactive lors du déclenchement de l'arrêt automatique du réacteur, est relativement faible.

Vis-à-vis des marges aux critères techniques d'acceptation, EDF n'a quantifié l'impact de l'ajout des grappes que pour un nombre limité de transitoires, correspondant aux seuls transitoires pour lesquels l'ajout des grappes pourrait être défavorable. L'IRSN constate que cette quantification montre que l'effet défavorable induit par l'ajout des grappes est faible au regard des marges de sûreté disponibles. De plus, elle a été réalisée de manière extrêmement pénalisante. En effet, la réduction des marges mise en évidence par EDF provient en grande partie de la méthodologie retenue pour réaliser les études de sûreté, voire de l'utilisation de méthodologies différentes entre les études de référence et celles considérant l'ajout des grappes. L'IRSN estime que, à niveau de conservatisme identique, les études concluraient au contraire à un effet favorable de l'ajout des grappes pour au moins une partie de ces transitoires. Compte tenu des résultats présentés et de leur conservatisme important, l'IRSN estime que l'impact de l'ajout des grappes sur ces études, présentant des marges dégradées d'après EDF, n'est pas rédhibitoire.

Par ailleurs, bien que non quantifié par EDF, l'IRSN estime que le gain induit par l'ajout des grappes sur le reste des études de la démonstration de sûreté est notable, en particulier pour les situations pour lesquelles l'expertise des études du RP4 900 des réacteurs exploités en gestion CYCLADES a mis en évidence la nécessité d'améliorer la maîtrise de la réactivité.

De plus, même si le gain sur la marge d'arrêt retenue dans la démonstration de sûreté est relativement faible, l'IRSN constate que ce gain serait beaucoup plus important en considérant des conditions plus réalistes que celles prises en compte dans la démonstration de sûreté⁴. L'impact global de l'ajout des quatre grappes sur la sûreté est donc sensiblement plus favorable que l'impact évalué sur les études de la démonstration de sûreté.

Enfin, cette expertise a permis de montrer que l'ajout de grappes est possible dans d'autres emplacements que ceux retenus par l'exploitant. À cet égard, l'IRSN estime que les emplacements retenus, permettant de minimiser les modifications matérielles connexes à réaliser, ne sont pas les plus pertinents vis-à-vis de la maîtrise de la réactivité. Le positionnement de ces grappes à d'autres emplacements ou l'ajout de plus de quatre grappes permettrait un gain sensiblement plus important dans des conditions réalistes comme dans la démonstration de sûreté.

⁴ À titre d'exemples : le blocage hors du cœur d'une autre grappe, moins antiréactive que celle retenue dans la démonstration de sûreté, voire l'absence de blocage de grappes lors de l'arrêt automatique du réacteur.

4. CONCLUSION

En réponse à la prescription « Étude-C » formulée par l'ASN, EDF a transmis de nouvelles études visant à justifier l'absence de retour en criticité en situation de DCC-LH, et ce sans l'ajout de grappes d'arrêt. À cet égard, en ne considérant que le périmètre défini par cette prescription, l'IRSN convient que l'introduction de grappes supplémentaires pour les réacteurs du CNPE de Bugey n'apparaît pas strictement nécessaire dans le cadre de la démonstration de sûreté. Toutefois, la marge obtenue après disparition complète du xénon est faible et elle serait notablement augmentée par l'ajout de grappes d'arrêt.

Concernant les autres études de la démonstration de sûreté, l'ajout des grappes permettrait de s'approcher, de manière globale, des marges obtenues pour les réacteurs exploités en gestion PARITÉ-MOX, disposant de treize grappes supplémentaires. De plus, l'effet défavorable mis en avant par EDF de l'ajout des grappes sur certains transitoires, alors même qu'il est estimé de manière très pénalisante, ne conduit pas à une remise en cause des critères de sûreté pour ces accidents. Par ailleurs, positionner ces grappes aux autres emplacements possibles ou ajouter plus de quatre grappes serait davantage bénéfique vis-à-vis de la maîtrise de la réactivité et permettrait de diminuer notablement cet effet défavorable, voire de le supprimer.

Enfin, considérer des hypothèses réalistes permet de montrer que l'ajout de grappes constituerait une amélioration notable vis-à-vis de la maîtrise de la réactivité pour les réacteurs du CNPE de Bugey exploités en gestion CYCLADES.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au directeur de l'expertise de sûreté