



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 15 novembre 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00163

Objet : EDF – REP – Tous réacteurs – Anomalie « écart physique du dôme »

Réf. : Lettre ASN – CODEP-DCN-2022-024321 du 12 mai 2022

Par la lettre en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), pour chaque type de réacteur, sur les nouvelles modélisations retenues par EDF avec l'outil de calcul scientifique (OCS) CATHARE pour représenter la physique du dôme (zone située sous le couvercle de cuve et au-dessus de la plaque délimitant le haut du plénum supérieur) dans les études de sûreté, en condition de thermosiphon¹ ainsi que sur les gradients de refroidissement du dôme retenus par EDF.

L'analyse du retour d'expérience a mis en lumière que la modélisation de la cuve mise en œuvre dans les études de sûreté utilisant l'OCS CATHARE ne rend pas compte de certains phénomènes intervenant sous le dôme en situation de thermosiphon. En effet, dans cette situation, l'opérateur engage un refroidissement et une dépressurisation du circuit primaire. Or, du fait d'une baisse importante du débit circulant dans le dôme (débit dit de balayage) jusqu'à son annulation à la suite de l'arrêt des pompes primaires, le dôme se refroidit de manière lente et complètement découplé du reste du circuit primaire. Ce découplage peut conduire à l'atteinte de la température de saturation du fluide sous le dôme et donc à la formation d'une bulle de vapeur limitant la capacité à dépressuriser le circuit primaire. Or la modélisation retenue n'est pas suffisamment détaillée pour représenter les phénomènes physiques dans les parties hautes de la cuve provoquant l'annulation progressive du débit de balayage du dôme. Cette insuffisance de modélisation, nommée anomalie « écart physique du dôme » (EPD), est susceptible de remettre en cause les résultats de certaines études d'accidents du rapport de sûreté des réacteurs. À l'issue de l'analyse d'impact sur les études de sûreté en vigueur, EDF a estimé la gravité de cet écart faible. Ainsi, EDF s'est engagé à reprendre les études concernées uniquement aux prochains réexamens de sûreté des réacteurs.

Afin de résorber cette anomalie d'étude sur le comportement du dôme simulé avec l'OCS CATHARE, EDF a proposé une nouvelle modélisation permettant de prendre en compte les phénomènes en jeu à la suite de l'arrêt

¹ Une situation de thermosiphon est caractérisée par la mise en place d'une circulation naturelle du fluide dans le circuit primaire à la suite de l'arrêt des pompes primaires.

MEMBRE DE
ETSON

des pompes primaires dans les parties hautes de la cuve et l'éventuelle formation d'une bulle de vapeur sous le dôme en situation de thermosiphon.

À l'issue de son analyse, l'IRSN estime que la nouvelle modélisation proposée par EDF apporte une amélioration en permettant la simulation des phénomènes physiques spécifiques intervenant sous le dôme en situation de thermosiphon, ce qui n'étaient pas possible avec la modélisation standard. Cependant, cette nouvelle modélisation fait l'objet de nombreux choix de modélisation et de recalages susceptibles d'influencer notablement les résultats de calculs. Ces choix nécessitent donc d'être validés pour justifier la pertinence et le conservatisme de la modélisation ainsi retenue. À cet égard, les éléments de validation valorisés par EDF sont jugés insuffisants par l'IRSN. En effet, la validation de la modélisation est basée sur un seul essai dont l'objectif est de reproduire le comportement du dôme en situation de thermosiphon en se basant sur le gradient de refroidissement mesuré durant l'essai. Dans une telle situation, le gradient de refroidissement est défini par le débit de balayage du dôme, mais également par les pertes thermiques au niveau du couvercle de cuve. Ces deux grandeurs n'étant pas mesurées individuellement, il est difficile de valider la modélisation ainsi définie, sur la base de ce seul essai, puisqu'il existe plusieurs combinaisons de ces deux paramètres permettant de retrouver le gradient de refroidissement du dôme mesuré. De plus, l'IRSN estime que le conservatisme de la modélisation, avancé par EDF, est insuffisamment justifié, ce qui ne permet pas de pallier les lacunes de validation. **De ce fait, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF complète la validation de cette modélisation et que, dans l'attente, EDF la pénalise afin de garantir le conservatisme des résultats des études de sûreté concernées. Ce point fait l'objet de la recommandation formulée en annexe 1.**

Par ailleurs, l'IRSN estime que le choix de la modélisation retenue dans les études de sûreté, à savoir la modélisation standard ou la nouvelle modélisation, est insuffisamment justifié alors que ce choix peut exercer une influence sur le déroulement du transitoire. **À l'issue de l'expertise, EDF a indiqué qu'il justifiera, pour les futures études, la pertinence de la modélisation retenue selon la physique du transitoire étudié et selon le critère d'étude à vérifier (Engagement N° 1 en annexe 2), ce qui est satisfaisant sur le principe.**

Enfin, pour certaines études de sûreté, le gradient de refroidissement du fluide présent dans le dôme de la cuve est imposé et non modélisé par l'OCS. Or l'IRSN a constaté que les valeurs de gradient de refroidissement retenues par EDF se basent sur un nombre très restreint d'essais et d'incidents du parc en exploitation et montrent une forte variabilité. Ainsi, l'IRSN estime qu'à ce jour le caractère enveloppe des valeurs retenues pour les études de sûreté concernées n'est pas démontré. **À cet égard, à l'issue de l'expertise, EDF a indiqué que, pour les études où le gradient de refroidissement du dôme est identifié comme un paramètre dominant, il sera pénalisé (Engagement N° 2 en annexe 2). L'IRSN estime cette démarche satisfaisante sur le principe, sous réserve d'apporter la justification du caractère enveloppe des valeurs de gradient retenues pour chaque étude concernée.**

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2024-00163 DU 15 NOVEMBRE 2024

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande qu'EDF complète la validation de la modélisation « bi-volume » des parties hautes de la cuve. Dans l'attente, l'IRSN recommande qu'EDF pénalise cette modélisation, afin de couvrir les lacunes de validation et garantir ainsi le conservatisme des résultats des études de sûreté concernées.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2024-00163 DU 15 NOVEMBRE 2024

Engagements de l'exploitant

Engagement N° 1

Pour les futures études, et donc dès VD3 N4, EDF justifiera pour chaque étude la pertinence de la modélisation retenue selon la physique du transitoire étudié et selon le critère d'étude à vérifier.

Engagement N° 2

Dans le cadre des analyses PIRT² en support à la déclinaison du Guide n° 28³, EDF prend une action pour analyser, transitoire par transitoire, le caractère dominant du paramètre « gradient de refroidissement du dôme par RRM » vis-à-vis des différents critères de sûreté.

Si l'analyse PIRT fait ressortir le gradient de refroidissement du dôme comme un paramètre dominant, il sera pénalisé dans l'étude RDS (avec une pénalisation à adapter selon la physique du transitoire). Dans le cas contraire, les valeurs retenues par EDF sont jugées satisfaisantes.

² PIRT : Phenomena Identification and Ranking Table : analyse visant à identifier les phénomènes physiques dominants et leurs paramètres dominants associés à une problématique.

³ Le guide n° 28 de l'ASN vise à définir les requis concernant la validation des OCS utilisés dans la démonstration de sûreté associée à la première barrière de confinement.