



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° 2023-00131

Objet : Réacteurs électronucléaires – EDF
Centrale nucléaire de Saint-Alban (INB 19 et 20)
Tenue des fusibles HTA installés dans les contacteurs 6.6 kV des tranches de Saint-Alban

Réf. : Saisine ASN - CODEP-LYO-2023-043453 du 31 juillet 2023.

1. CONTEXTE ET SAISINE DE L'ASN

Lors d'une inspection réalisée au cours de l'arrêt de 2023 du réacteur n° 1 du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Saint Alban, il a été constaté par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) que, bien que les documents utilisés en support de la maintenance des contacteurs haute tension (HTA¹) préconisent un remplacement des fusibles HTA tous les 10 ans, les fusibles actuellement en place sur les organes de coupure contacteurs-fusibles sont d'origine. La date de fabrication tracée sur chaque fusible varie entre 1980 et 1982. Il convient à cet égard de souligner que les contacteurs et les fusibles associés installés sur les réacteurs du CNPE de Saint-Alban sont spécifiques à ce CNPE.

Pour donner suite au questionnement de l'ASN et de l'IRSN concernant la problématique de non-remplacement de ces fusibles âgés de plus de 40 ans, EDF a précisé que la recommandation de remplacement tous les 10 ans provenant du fabricant n'est pas prescriptive et qu'elle ne tient pas compte des conditions d'utilisation favorables dans ses réacteurs. Un dossier de justification du maintien de la qualification de ces fusibles a été constitué par EDF.

Sur la base de ce dossier, l'ASN a demandé à l'IRSN son avis sur l'acceptabilité, sur le plan de la sûreté nucléaire, du maintien en place de ces fusibles jusqu'à la 4^{ème} visite décennale (VD4) des réacteurs du CNPE de Saint-Alban, comme envisagé par EDF, et en particulier sur les aspects suivants :

- la tenue au séisme des fusibles jusqu'à la VD4 des réacteurs ;
- les conséquences de la défaillance des fusibles et la suffisance de l'analyse d'impact fournie par EDF ;
- la nécessité de réaliser des essais complémentaires pour valider les différentes hypothèses retenues.

¹ Haute tension A (HTA) : tension comprise entre 1 000 et 50 000 V, 6 600 V dans le cas présent.

MEMBRE DE
ETSON

2. ANALYSE DE L'IRSN

Pour rappel, les fusibles assurent deux fonctions distinctes :

- en l'absence de court-circuit, leur fonction est de conduire le courant, permettant ainsi l'alimentation des équipements électriques situés en aval ;
- en cas de court-circuit, le fusible doit fondre afin d'isoler la distribution électrique saine de la partie en défaut.

En termes de sûreté, la fonction « alimentation » est du premier ordre car une perte de cette fonction provoque directement la perte des équipements classés de sûreté associés, en fonctionnement normal ou en situation accidentelle.

La fonction « élimination du court-circuit » est du second ordre puisque les courts-circuits HTA sont très rares et qu'un court-circuit ne peut vraisemblablement arriver que sur une seule voie électrique à la fois. De plus, compte tenu de la conception du réseau HTA, la fusion de deux fusibles sur trois² est suffisante pour éliminer le défaut.

Les paragraphes suivants traitent successivement des trois aspects identifiés dans la saisine de l'ASN sur la base des éléments présentés par EDF dans son dossier, complétés au cours de l'expertise.

2.1. TENUE AU SEISME DES FUSIBLES HTA

Lors d'un séisme, la crainte est la perte, par mode commun, d'équipements de sûreté redondants. Cette perte pourrait être induite par la rupture du conducteur interne ou de la cartouche de fusibles non robustes au séisme.

Initialement, les fusibles (que ce soit ceux installés sur les réacteurs du CNPE de Saint-Alban ou ceux installés sur les autres réacteurs de 1300 MWe) ont été qualifiés au séisme pour une durée de 40 ans. Afin de confirmer cette durée de qualification, EDF a mené, en 2015, des essais sur les fusibles HTA prélevés sur certains réacteurs de 1300 MWe (hormis ceux du CNPE de Saint-Alban). Ces essais ont été satisfaisants et EDF estime que les conclusions de ces essais peuvent être transposées aux fusibles installés sur les réacteurs du CNPE de Saint-Alban compte tenu de leurs caractéristiques qui sont semblables :

- calage des rubans d'argent assurant la fusion dans la cartouche du fusible assuré par du sable. Cette disposition supprime tout risque de déplacement différentiel de ces rubans d'argent installés à l'intérieur du cylindre ;
- maintien du fusible à ses deux extrémités en acier par un collier de serrage sur la partie mobile du contacteur HTA. La pérennité de cette fixation est assurée au travers des examens visuels d'intégrité des fusibles et de leurs fixations, réalisés lors de la maintenance ;
- masses équivalentes (5 kg pour les fusibles des réacteurs du CNPE de Saint-Alban et 4,1 kg pour les fusibles des autres réacteurs de 1300 MWe) ;
- matériaux utilisés pour l'enveloppe de la cartouche reconnus pour leurs performances mécaniques de tenue en température et de tenue dans le temps (en résine de polyester armée pour les réacteurs du CNPE de Saint-Alban et stratifiée avec tissu de verre imprégné pour les autres).

L'IRSN estime que la justification par analogie apportée par EDF est suffisante pour confirmer la qualification sismique des fusibles HTA des réacteurs du CNPE de Saint-Alban pour une durée de 40 ans.

Compte tenu du fait que ces fusibles sont d'une conception mécanique simple et robuste, l'IRSN estime, en outre, que la tenue au séisme de ces fusibles peut être étendue jusqu'à la VD4 de ces réacteurs.

² Le réseau HTA est triphasé ; il y a un fusible par phase et trois fusibles sont donc associés à un équipement.

2.2. CONSEQUENCES DE LA DÉFAILLANCE DES FUSIBLES ET SUFFISANCE DE L'ANALYSE D'IMPACT

Les risques liés à la défaillance des fusibles HTA à la suite des effets du vieillissement considérés par EDF sont les suivants :

- le déclenchement intempestif dû à une sensibilité à la fusion plus précoce que la caractéristique initiale ;
- le non-déclenchement ou retard à la fusion ;
- le risque incendie par émission de flammes (ou de sable) hors du cylindre du fusible.

L'IRSN considère que l'ensemble des risques ont bien été identifiés.

À cet égard, l'IRSN estime acceptable qu'EDF ait exclu de son analyse les risques liés à une absence de tenue au séisme (voir paragraphe précédent).

2.2.1. Déclenchement intempestif

Le déclenchement intempestif d'un fusible entraînerait l'indisponibilité de l'équipement de sûreté associé, alors que l'équipement redondant pourrait être également rendu indisponible dans un court laps de temps si un des fusibles qui lui sont associés présente le même défaut latent dû au vieillissement. L'enjeu de sûreté est donc important.

EDF a étudié les cas suivants pouvant présenter un risque de déclenchement intempestif :

- le démarrage d'un moteur (courant d'appel de l'ordre de six fois le courant nominal soit environ 480 A pendant moins de 10 secondes, à comparer à la courbe de fusion du fusible soit 1000 A pendant 45 secondes) ;
- la mise sous tension d'un transformateur (courant magnétisant estimé à 14 fois le courant nominal soit 1120 A pendant quelques millisecondes, à comparer à la courbe de fusion du fusible soit 1000 A pendant 45 secondes).

Le courant nominal des fusibles HTA des réacteurs du CNPE de Saint-Alban est de 250 A alors que, en exploitation, le courant nominal des moteurs ou des transformateurs n'excède pas 80 A. Les fusibles sont donc peu sollicités durant le fonctionnement des actionneurs.

Pour ce qui concerne la phase de sollicitation des actionneurs, en s'appuyant sur la courbe de fusion des fusibles HTA, EDF n'a pas identifié de risque de fusion intempestive des fusibles, car il estime que les marges sont notables entre la courbe de fusion et les caractéristiques des courants d'appel.

L'IRSN considère que le risque de déclenchement intempestif est effectivement peu probable et il souligne que les essais périodiques des actionneurs permettent de vérifier qu'un fusible ne déclenche pas lors des sollicitations des actionneurs. À cet égard, le retour d'expérience de ces essais périodiques ne met pas en exergue d'accroissement du nombre de défaillances de fusibles HTA qui serait imputable aux effets du vieillissement.

En conséquence, l'IRSN considère que la probabilité de défaillance simultanée (ou dans un court laps de temps) d'équipements de sûreté redondants qui serait induite par le déclenchement intempestif de fusibles est vraiment très faible.

2.2.2. Non déclenchement ou retard de fusion

En cas de court-circuit et de non-coupure de fusibles ou de retard à la fusion, la protection en amont du tableau sera sollicitée, ce qui génèrera la perte de tout le tableau HTA. EDF indique dans son dossier que le tableau alimentant la voie redondante reste alors disponible, car la concomitance de deux courts-circuits sur les deux voies redondantes avec non-déclenchement ou retard de fusion des fusibles sur les deux voies n'est pas vraisemblable.

L'IRSN estime satisfaisante l'analyse d'EDF et considère que le principe de séparation électrique des tableaux redondants permet raisonnablement de ne pas envisager l'occurrence de deux courts-circuits sur les deux voies électriques dans un court laps de temps. Qui plus est, il est très peu probable que plusieurs fusibles des deux voies redondantes soient alors défaillants du fait de l'existence d'un même défaut latent, provoquant ainsi la perte totale des tableaux HTA.

2.2.3. Risque incendie

Un mauvais fonctionnement d'un fusible dû à son vieillissement lors d'un court-circuit pourrait provoquer l'émission de flammes (ou de sable) hors de la cartouche du fusible.

À l'issue d'une étude du risque incendie, EDF indique que le feu se limiterait à la cellule du fusible, compte tenu de la nature des matériaux autoextinguibles utilisés et de la présence de parois métalliques.

L'IRSN estime satisfaisante l'analyse d'EDF et ajoute que le principe de séparation physique des tableaux redondants permet de garantir la non-propagation du feu d'un tableau au tableau redondant.

2.3. NECESSITE DE REALISER DES ESSAIS COMPLEMENTAIRES

En 2019, EDF a réalisé des essais fonctionnels électriques sur des fusibles HTA prélevés sur les réacteurs du CNPE de Saint-Alban afin de s'assurer de l'absence de dégradation de leur capacité de coupure et de justifier l'absence de nécessité de remplacer les fusibles tous les 10 ans (recommandation du fabricant).

Les résultats des essais des six fusibles HTA âgés de 38 ans ont été jugés satisfaisants, ce qui a amené EDF à envisager une durée de vie qualifiée supérieure à 38 ans et à prévoir un remplacement des fusibles lors de la VD4 des réacteurs au titre de l'obsolescence.

À l'atteinte des VD4 des réacteurs du CNPE de Saint-Alban, les fusibles auront alors une dizaine d'années de plus que ceux de l'échantillon testé en 2019. D'ici là, les fusibles seront contrôlés visuellement tous les quatre cycles (soit environ tous les six ans), mais l'IRSN estime que cette vérification visuelle est insuffisante pour pouvoir estimer la capacité fonctionnelle d'un fusible et anticiper un défaut latent. L'IRSN estime donc que, en l'absence d'essais complémentaires sur un échantillon de fusibles prélevés sur les réacteurs du CNPE de Saint-Alban, la capacité fonctionnelle de fusibles HTA âgés d'environ 50 ans ne serait pas justifiée.

D'une manière générale, l'IRSN estime que les fusibles ont une durée de vie limitée. À cet égard, l'IRSN rappelle que des essais réalisés sur des fusibles HTA âgés de 30 ans installés sur d'autres réacteurs de 1300 MWe ont montré des signes de vieillissement lors d'essais de court-circuit.

Au cours de l'expertise, EDF a indiqué qu'il envisageait de réaliser de nouveaux essais sur un échantillon de six fusibles afin de s'assurer du maintien des points de fusion des fusibles HTA actuellement installés sur les réacteurs du CNPE de Saint-Alban par rapport aux performances attendues.

L'IRSN estime que de tels essais sont effectivement nécessaires afin de renforcer la confiance dans le maintien de la qualification des fusibles jusqu'à la VD4 des réacteurs du CNPE de Saint-Alban.

3. CONCLUSION

L'IRSN estime que les éléments apportés par EDF permettent de considérer que l'exploitation du réacteur n° 1 du CNPE de Saint-Alban sur le cycle à venir avec les fusibles HTA est place est acceptable.

Pour autant, l'IRSN estime qu'EDF devra dans des délais raisonnables réaliser des essais complémentaires afin de renforcer la confiance dans le maintien de la qualification des fusibles HTA installés sur les réacteurs n° 1 et n° 2 du CNPE de Saint-Alban jusqu'à la VD4 de ces réacteurs.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté