

Fontenay-aux-Roses, le 23 novembre 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00170

Objet : EDF – REP – Réacteurs de 1300 MWe – Prise en compte du retour d'expérience – Accroissement du risque de fusion du cœur induit par des indisponibilités de longue durée des groupes électrogènes d'ultime secours pendant la période allant de septembre 2020 à septembre 2021.

Réf. : Saisine ASN - CODEP-DCN-2012- 040076 du 11 mars 2013.

Dans le cadre de la saisine citée en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a réalisé une analyse probabiliste des événements significatifs pour la sûreté (ESS) survenus sur les réacteurs de 1300 MWe pendant la période allant de septembre 2020 à septembre 2021, relatifs à des indisponibilités de longue durée des groupes électrogènes d'ultime secours (DUS), afin d'évaluer leur niveau de gravité.

Chaque réacteur de 1300 MWe est alimenté par deux sources électriques externes. En cas de perte des deux sources externes, les deux voies électriques secourues redondantes (A et B) sont alimentées par des groupes électrogènes à moteur Diesel (LHP pour la voie A et LHQ pour la voie B). Une turbine à combustion (TAC) ou un GUS¹ est installé sur chaque centrale nucléaire et permet de réalimenter un tableau 6,6 kV secouru de l'un des réacteurs de la centrale en cas de perte totale de ses sources électriques (situation H3).

Enfin, à la suite des évaluations complémentaires de sûreté réalisées après l'accident de Fukushima Daiichi, chaque réacteur de 1300 MWe a été doté d'un DUS, dont la conception est différente de celle des groupes électrogènes LHP et LHQ. La conduite incidentelle-accidentelle (CIA) demande de connecter le DUS, en priorité par rapport à la TAC (ou au GUS), sur la voie A secourue d'un réacteur en situation H3 dès lors qu'un autre réacteur de la même centrale nucléaire est également en situation incidentelle-accidentelle. La puissance du DUS étant inférieure à celle d'un diesel LHP ou LHQ, la CIA prescrit des délestages de la voie A secourue, adaptés à l'état du réacteur au moment de l'entrée en situation H3. À cet égard, pour un réacteur initialement en puissance, il est demandé de réalimenter par le DUS notamment la motopompe ASG² et les vannes GCTa³, afin d'assurer le refroidissement du circuit primaire, ainsi que la pompe de charge, dans le but de disposer d'un appoint en eau au circuit primaire.

¹ GUS : ensemble de quatre groupes électrogènes modulaires. À ce jour, les TAC sont en cours de remplacement par des GUS.

² ASG : système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur (GV).

³ GCTa : système de décharge à l'atmosphère.

1. ÉVÉNEMENTS SURVENUS À PENLY EN 2020 ET 2021

Le 2 septembre 2020, alors que le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Penly est en puissance, le DUS est retiré de l'exploitation pour la réalisation de plusieurs travaux au niveaux des tableaux électriques de moyenne et basse tension. L'une des interventions prévues concerne l'armoire de contrôle-commande du DUS. La consignation de l'alimentation électrique de cette armoire provoque le basculement de la consigne de vitesse du DUS sur sa valeur minimale. Le DUS est remis en exploitation à l'issue d'une requalification par un essai à vide du moteur Diesel⁴, sans que ce basculement ne soit identifié, ni la consigne de vitesse du DUS corrigée. Le 29 octobre, lors d'un EP RGE IX⁵ à charge partielle du DUS, dont la périodicité est de 6 mois, la fréquence du moteur est détectée hors de la plage des valeurs admissibles. La disponibilité du DUS n'est retrouvée que le 23 novembre 2020.

Par ailleurs, le 16 juin 2021, sur cette même centrale nucléaire, alors que le réacteur n° 1 est en puissance, un tableau électrique de basse tension nécessite d'être mis hors tension dans le cadre du programme d'EP RGE IX. La consignation de ce tableau provoque, elle aussi, le basculement de la consigne de vitesse du DUS sur la valeur minimale. Dès la fin de l'EP, le DUS est remis en exploitation, sans que la consigne de vitesse ne soit corrigée. Le 12 août, lors d'un EP RGE IX à charge partielle du DUS, la fréquence du moteur est détectée hors de la plage des valeurs admissibles. La consigne de vitesse du DUS est corrigée rapidement, mais d'autres défaillances, au niveau des auxiliaires du DUS, ne permettent pas de procéder à la requalification du DUS avant le 8 septembre 2021.

En cas de sollicitation du DUS en situation H3 alors que la consigne de vitesse de ce dernier est sur sa valeur minimale, la fréquence du moteur serait trop faible pour assurer le bon fonctionnement des utilisateurs du DUS.

2. ÉVÉNEMENT SURVENU À NOGENT EN 2021

Le 14 avril 2021, alors que le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Nogent est en puissance, le moteur Diesel du DUS ne se réarme pas à l'issue d'un EP RGE IX à pleine puissance, de périodicité « cycle ». Le DUS est déclaré indisponible. Début mai 2021, un serrage est repris au niveau du dispositif de déclenchement par survitesse mécanique, sans que les jeux ne soient contrôlés en fin d'intervention. Le 11 mai 2021, le DUS est requalifié par un essai à vide du moteur Diesel.

Un EP RGE IX à charge partielle et un essai à vide sont effectués, le premier en juin et le second en juillet, sans constat particulier. En revanche, le 31 août 2021, lors d'un nouvel essai à vide, le moteur du DUS déclenche par survitesse mécanique.

Les 22 et 23 septembre, la valeur de déclenchement du moteur par survitesse mécanique est enfin vérifiée et déclarée non conforme. Selon le constructeur, l'écart avait été provoqué par le resserrage effectué début mai. La disponibilité du DUS est retrouvée le 24 septembre 2021, après une nouvelle intervention de réglage du dispositif de déclenchement par survitesse mécanique.

En cas de sollicitation du DUS en situation H3, une valeur trop basse de déclenchement de ce dernier par survitesse mécanique provoquerait le déclenchement du DUS de manière intempestive.

⁴ Les essais « à vide » sont des essais périodiques non-RGE effectués mensuellement au titre de la maintenance préventive, notamment pour refaire le film d'huile ; le démarrage du diesel à vide est suivi d'un fonctionnement à vide de très courte durée, sans que les paramètres de fonctionnement du DUS ne soient contrôlés.

⁵ EP RGE IX : essai périodique (EP) prescrit par le chapitre IX des règles générales d'exploitation (RGE) dont le but est de contrôler les paramètres de fonctionnement du DUS. La réalisation des EP RGE IX permet de garantir que les performances du DUS sont maintenues dans le temps.

3. ANALYSE PROBABILISTE – RÉSULTATS ET ENSEIGNEMENTS

En utilisant ses propres modèles EPS de niveau 1⁶, l'IRSN a estimé l'accroissement du risque de fusion du cœur, induit d'une part par la fréquence trop faible du moteur de l'un ou l'autre des deux DUS de la centrale nucléaire de Penly, d'une durée cumulée de 168 jours, et d'autre part par la valeur trop faible de déclenchement par survitesse mécanique du DUS du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Nogent, présente pendant 160 jours. **Dans les deux cas, l'accroissement du risque de fusion du cœur induit est supérieur au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur⁷.**

Pour un réacteur de 1300 MWe fonctionnant en puissance alors que son DUS est indisponible, le surcroît de risque de fusion du cœur est induit notamment par un incident de réseau généralisé ou une perte des lignes électriques externes. L'échec de l'ilotage et la défaillance des deux sources électriques internes provoqueraient l'entrée en situation H3. Le découverture du combustible surviendrait par perte du refroidissement du circuit primaire, du fait de l'impossibilité de régler la vitesse des turbopompes ASG⁸, cumulée à la perte de la motopompe ASG voie A étant donnée la défaillance en fonctionnement du DUS (le délai dont dispose l'opérateur pour mettre en œuvre la TAC (ou le GUS) est trop court pour que cette parade puisse être valorisée en redondance).

Les deux ESS déclarés par l'exploitant de la centrale nucléaire de Penly mettent en évidence que toute remise sous tension de l'armoire de contrôle-commande du DUS, pouvant intervenir lors des activités de maintenance ou même des EP RGE IX, doit être accompagnée d'un réglage de la consigne de vitesse du moteur, afin que le DUS puisse assurer ses fonctions. Le risque que cette action manuelle soit oubliée est non négligeable car, parmi les lignes de défense considérées les plus efficaces pour prévenir ou détecter rapidement un oubli, aucune ne s'applique à ce cas de figure. À cet égard, l'IRSN note qu'EDF s'est engagé à traiter rapidement et de manière pérenne ce problème générique, *via* une mise à jour du logiciel de contrôle-commande des DUS des réacteurs de 1300 MWe. **Ce point ne soulève plus de commentaire de la part de l'IRSN.**

Par ailleurs, les ESS déclarés par les exploitants des centrales nucléaires de Penly et de Nogent en 2020 et en 2021 mettent en évidence l'insuffisance de la requalification fonctionnelle du DUS, pour s'assurer que ce dernier est apte à remplir ses fonctions, et du programme d'EP RGE IX, pour garantir que les performances du DUS sont maintenues dans le temps.

En effet, la requalification fonctionnelle du DUS s'est appuyée sur des essais à vide, alors que ce type d'essai, non-RGE, de très courte durée, effectué notamment pour refaire le film d'huile, ne permet pas de contrôler les paramètres de fonctionnement du DUS et donc de vérifier la capacité du DUS à assurer ses fonctions. Lors de l'expertise, EDF s'est engagé à compléter à l'échéance de l'été 2024 le guide méthodologique de requalification par des préconisations relatives au DUS. Néanmoins, EDF n'a donné aucune visibilité sur ses intentions de recourir, ou non, pour requalifier le DUS après une intervention, à des essais du DUS en charge effectués selon les modalités prescrites par les RGE IX, les seuls permettant de contrôler les paramètres de fonctionnement du

⁶ EPS : études probabilistes de sûreté. Les EPS de niveau 1 permettent d'estimer la fréquence annuelle de fusion du cœur d'un réacteur.

⁷ L'analyse probabiliste apporte des éléments chiffrés qui permettent de mieux appréhender la gravité des événements. Elle aide ainsi à hiérarchiser les priorités dans le traitement des événements, à évaluer la pertinence des actions de retour d'expérience et l'efficacité des mesures correctives. Elle permet également de relativiser l'importance de certains incidents ou de mettre en évidence des situations qui auraient pu ne pas être identifiées à risque. Un événement est dit « précurseur » lorsque son occurrence sur un réacteur induit un accroissement du risque de fusion du cœur supérieur à 10^{-6} par rapport à la valeur de référence. Parmi ces événements, les événements pour lesquels le surcroît de risque est supérieur à 10^{-4} font l'objet d'une attention particulière : l'exploitant définit un traitement spécifique et des délais de mise en œuvre des mesures correctives.

⁸ Chaque réacteur de 1300 MWe est équipé de deux motopompes ASG (une motopompe voie A et une motopompe voie B) et de deux turbopompes. L'impossibilité de régler la vitesse des deux turbopompes ASG pourrait être due notamment à la perte des moyens d'alimentation électrique des mesures de niveau GV, à savoir le turboalternateur LLS et le groupe électrogène LLS.

DUS et donc de s'assurer que ce dernier est apte à remplir ses fonctions. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.**

Enfin, EDF a indiqué avoir pris plusieurs engagements dans le cadre d'une affaire qui se déroule en parallèle de la présente expertise, dont l'objectif est d'éradiquer les risques de départ de feu observés sur les DUS des réacteurs de 1300 MWe, expliqués notamment par la présence d'huile en partie basse du moteur à la suite de la réalisation des essais à vide, non suivis d'une montée en charge du moteur. Tout d'abord, EDF s'est engagé à modifier le chapitre IX des RGE pour que, tous les 6 mois, le relevé des paramètres de fonctionnement du DUS soit effectué à 100 % Pn (et non plus à charge partielle)⁹ et pour que la durée de fonctionnement du DUS en préalable à ce relevé soit plus adaptée. De plus, EDF s'est engagé à démarrer et monter en puissance le DUS sur le banc de charge jusqu'à 100 % Pn tous les 3 mois : une fois pour le contrôle des paramètres au titre des RGE IX, la fois suivante pour favoriser l'élimination d'huile accumulée en partie basse du moteur lors des essais consécutifs à vide¹⁰. **L'IRSN estime que ces engagements d'EDF apportent une plus-value pour la sûreté.** Néanmoins, compte tenu du fait qu'une indisponibilité de trois mois du DUS suffit pour induire un impact important sur la sûreté, il apparaît nécessaire de valoriser au titre du chapitre IX des RGE les essais trimestriels à pleine puissance, proposés par EDF au titre de la maintenance préventive, pour contrôler le bon fonctionnement du DUS, et ce sans attendre l'intégration, dans le cadre du RP4 1300¹¹, d'exigences en exploitation renforcées du DUS liées au rôle accru de ce dernier dans la démonstration sûreté. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

⁹ EDF a précisé que seul le relevé des paramètres de fonctionnement du DUS à puissance nominale permet de garantir l'absence d'évolution caractéristique de la dégradation du matériel.

¹⁰ Sur une période de 3 mois, EDF propose donc d'effectuer deux essais consécutifs à vide et un essai en charge (RGE IX ou non-RGE).

¹¹ RP4 1300 : quatrième réexamen périodique de sûreté des réacteurs de 1300 MWe.

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2023-00170 DU 23 NOVEMBRE 2023

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF préconise la réalisation d'essais du DUS en charge, effectués selon les modalités prescrites par le chapitre IX des RGE, pour le requalifier fonctionnellement après une intervention sur ce dernier.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que, pour les réacteurs de 1300 MWe à l'état technique VD2 ou VD3, EDF réalise un essai périodique trimestriel du DUS en charge à 100 % Pn pendant au moins deux heures, au titre du chapitre IX des RGE, permettant de contrôler les paramètres de fonctionnement du DUS, à l'occasion de l'essai non-RGE du DUS en charge, proposé par EDF au titre de la maintenance préventive.