

Fontenay-aux-Roses, le 25 octobre 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00158

Objet : EDF – REP – Tous paliers – Prise en compte du retour d'expérience d'exploitation – Insuffisance du programme de maintenance préventive du groupe froid du système de ventilation (DUV) du groupe électrogène d'ultime secours (DUS).

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

Conformément à la saisine en référence, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a analysé l'événement significatif pour la sûreté (ESS) relatif à l'indisponibilité du groupe frigorifique du DUV participant au refroidissement de certains locaux du bâtiment HDU abritant le groupe électrogène à moteur Diesel d'ultime secours (DUS) du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Gravelines, déclaré en juillet 2020. Les multiples défaillances constatées sur ce groupe frigorifique ont conduit l'IRSN à examiner le programme de maintenance préventive, ainsi que les conditions de réalisation des essais périodiques (EP) du DUV.

1. ENJEUX DE SÛRETÉ

À la suite des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) conduites après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi, en réponse à une prescription technique de l'ASN, EDF a mis en place, pour chaque réacteur du parc nucléaire en exploitation, un groupe électrogène à moteur Diesel, dit « diesel d'ultime secours » (DUS), en complément des alimentations électriques de secours existantes. Le DUS permet notamment l'alimentation électrique des systèmes et composants appartenant au noyau dur¹ en cas de perte des autres alimentations électriques. À cet égard, la disponibilité du DUS est requise par les spécifications techniques d'exploitation (STE) dès sa mise en exploitation qui peut avoir lieu avant la quatrième visite décennale de chaque réacteur.

Par ailleurs, pour les réacteurs de 900 MWe, à partir de la quatrième visite décennale, le DUS est aussi valorisé dans la démonstration de sûreté pour le nouveau domaine complémentaire² (NDC) et en accident grave (AG).

¹ À la suite de l'accident de Fukushima, une réévaluation de la résistance des installations nucléaires françaises aux événements naturels extrêmes a été réalisée. Un plan d'actions a été engagé avec la création d'un concept de « noyau dur ». Celui-ci consiste à doter chaque installation d'équipements « ultimes », permettant de gérer une situation accidentelle de perte totale des alimentations électriques et de la source froide consécutive à une agression extrême de type séisme, inondation, vent extrême, foudre, grêle ou tornade.

² Le domaine complémentaire est constitué de situations pour lesquelles EDF a défini des dispositions complémentaires qui permettent de ramener à un niveau acceptable les conséquences d'autres initiateurs que ceux pris en compte dans le dimensionnement. Les initiateurs retenus, issus des études probabilistes de sûreté, sont ceux présentant un risque de fusion du cœur.

Le système DUV assure la ventilation, le chauffage et la climatisation des locaux du bâtiment HDU abritant le DUS. Une centrale de traitement d'air (CTA) à débit d'air constant assure la ventilation et le conditionnement thermique des locaux électriques du DUS. Pour ces derniers, le contrôle de la température des locaux est réalisé grâce à différents niveaux de chauffage ou de refroidissement de l'air circulant dans les batteries chaudes ou froides.

Le groupe frigorifique du DUV participe au conditionnement thermique du bâtiment HDU en produisant l'eau glacée qui alimente la batterie froide de la centrale de traitement d'air. Il est conçu pour garantir une température inférieure à 40 °C dans les locaux abritant les batteries et les armoires d'alimentation électrique et de contrôle-commande indispensables au fonctionnement du DUS, ainsi que pour maintenir une température des « locaux CTA³ et incendie » inférieure à 49 °C⁴ (50 °C lorsque le DUS est en service). Un dysfonctionnement du système de ventilation DUV pourrait donc conduire à une indisponibilité du DUS.

2. PRÉSENTATION DE L'ESS

Le groupe frigorifique du DUV est muni de deux compresseurs à piston poly-étagés destinés à extraire les calories de l'eau au travers d'un évaporateur et de quatre condenseurs à air refroidissant le fluide frigorigène, l'air circulant au travers des condenseurs de manière forcée par l'action de deux ventilateurs. Le fonctionnement de ce matériel (mise en service, régulation de puissance et mise à l'arrêt) est asservi à quatre sondes de température disposées sur le circuit d'extraction de l'air des locaux climatisés.

L'installation du groupe frigorifique du DUV sur le réacteur n° 3 de Gravelines s'est achevée en mai 2018 et les essais associés à sa mise en service ont été effectués avec succès en novembre 2019. Le DUS ayant été mis en service le 20 décembre 2019, la disponibilité du groupe frigorifique du DUV était dès lors requise par les STE. Entre début juin 2020 et mi-juillet 2020, pour réussir la toute première réalisation de l'essai périodique⁵ (EP) permettant de vérifier le fonctionnement des automatismes associés aux thermostats du système DUV (dont les mises en service et à l'arrêt du groupe frigorifique), l'exploitant a dû s'y reprendre à huit fois. Les sept tentatives infructueuses sont dues d'une part à de nombreuses anomalies matériels (relais défectueux, grippages de ventilateurs ou déclenchements intempestifs des compresseurs), d'autre part au mode opératoire de l'EP. Par ailleurs, le dépassement du délai de réparation du groupe frigorifique fixé par les spécifications techniques d'exploitation (STE) à 30 jours, après la première tentative, a conduit l'exploitant à déclarer un ESS. In fine l'exploitant a dû changer trois relais défectueux et remplacer un compresseur.

Après toutes ces interventions et en prenant en compte le retour d'expérience des exploitants de la centrale du Blayais et de Chinon, l'exploitant de Gravelines a modifié la gamme opératoire de l'essai pour disposer d'une charge thermique suffisante dans les locaux climatisés par le groupe frigorifique du DUV et l'EP a pu être réalisé avec succès le 8 août 2020.

3. ANALYSE DE L'IRSN

Le retour d'expérience de cet événement montre que les causes principales des multiples défaillances rencontrées avec le matériel sont dues principalement à des défauts de conception, comme la non-prise en compte de la plage de fonctionnement du groupe frigorifique lors des EP et des contraintes environnementales.

³ Les locaux CTA et Incendie abritent respectivement les matériels de traitement et de conditionnement thermique de l'air et de protection contre le risque incendie du diesel. Dans ces locaux, une température de disponibilité des matériels est à ne pas dépasser, sous peine de dommages sur le matériel.

⁴ Température de disponibilité des matériels à ne pas dépasser, sous peine de dommages sur le matériel.

⁵ Le chapitre IX des règles générales d'exploitation (RGE) prescrit les essais périodiques (nature des essais, critères à respecter, périodicité) à réaliser sur les matériels importants pour la sûreté pour vérifier leur disponibilité.

Par ailleurs, l'IRSN a examiné la suffisance des opérations de maintenance prescrites dans le programme de maintenance du système DUV eu égard aux problématiques rencontrées.

3.1. PRISE EN COMPTE DE LA PLAGE DE FONCTIONNEMENT DU MATÉRIEL

L'une des séquences de l'EP prévoit de simuler une température haute pour commander la mise en service progressive de tous les étages du groupe frigorifique. Or, si l'échange thermique entre l'air conditionné et l'eau glacée est trop faible⁶, cela conduit à abaisser la température du circuit d'eau glacée.

Ainsi, lors des EP réalisés sans charge thermique additionnelle dans les locaux climatisés du HDU, sur le réacteur n° 3 de la centrale de Gravelines, la température de l'eau glacée est descendue jusqu'à 7 °C, bien en dessous de la plage de fonctionnement nominale préconisée par le constructeur du groupe frigorifique qui est comprise entre 14 et 20 °C. Cette sortie de la plage de fonctionnement a conduit à user prématurément les compresseurs. L'un des défauts observés est la présence de fluide frigorigène liquide à l'aspiration du compresseur qui se mélange à l'huile servant à lubrifier les compresseurs, l'évaporateur ne parvenant pas à évaporer la totalité du fluide frigorigène. La situation qui en résulte engendre un risque de casse du compresseur. Ainsi, l'IRSN estime qu'EDF n'a pas pris toutes les dispositions nécessaires pour garantir l'intégrité du matériel testé lors des essais périodiques, tel que le chapitre IX des RGE le prévoit.

Au cours de l'expertise, EDF a modifié, pour les paliers CPO, CPY et N4, les gammes d'essais périodiques afin de garantir lors des essais de fonctionnement du groupe frigorifique, le respect de sa plage de fonctionnement nominale à l'aide d'une charge thermique additionnelle (via le CTA) et en précisant que l'EP doit être réalisé en période estivale. Enfin, pour les paliers P4 et P'4, EDF a indiqué que des actions similaires seront réalisés d'ici mi-2024. **L'IRSN estime ces mesures satisfaisantes et que ces dispositions pourraient être mentionnées également dans la règle d'essais périodique du système DUV pour en assurer la pérennité.**

3.2. PRISE EN COMPTE DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES DES VENTILATEURS

D'après l'exploitant de Gravelines, la cause du grippage des ventilateurs du groupe frigorifique est due à la corrosion des roulements mécaniques des ventilateurs. Ces derniers, étant situés en toiture du bâtiment HDU, sont exposés à un environnement salin favorisant les phénomènes de corrosion. Toutefois, au cours de l'expertise, EDF a indiqué que cette problématique était présente sur l'ensemble du parc (un quart des ventilateurs ont fait l'objet de grippage depuis le début des mises en service). En effet, le grippage de ces ventilateurs est provoqué par une infiltration d'eau dans le moteur par le joint de l'arbre moteur. Or cette eau ne peut être évacuée par le trou de purge celui-ci n'étant pas correctement positionné car les moteurs, conçus pour fonctionner horizontalement, ont été installés verticalement. Cette eau stagnante tend donc à corroder les roulements mécaniques. À cet égard, EDF a précisé que, pour l'ensemble des réacteurs du parc nucléaire, d'une part les ventilateurs seraient remplacés par des ventilateurs munis d'un capot pare-pluie permettant d'éviter les infiltrations dans le moteur, d'autre part les moteurs seront remplacés par des moteurs conçus pour fonctionner verticalement. De plus, en l'attente de cette modification, EDF a renforcé son programme de maintenance préventive en y intégrant notamment les préconisations du fabricant qui consistent à mettre en service mensuellement les ventilateurs afin d'éviter leur grippage.

Lors de l'instruction, EDF a également indiqué que ces roulements étaient graissés « à vie »⁷ et qu'il n'est pas fait état de blocage à répétition. Par ailleurs, en cas de blocage EDF précise qu'un simple déblocage manuel réactif

⁶ L'échange thermique dépend de la température de l'air en amont des batteries froides qui, selon le mode de fonctionnement de la ventilation, peut être soit un mélange d'air neuf venant de l'extérieur et d'air recyclé, soit uniquement de l'air neuf.

⁷ La périodicité de la visite complète des ventilateurs (remplacement du roulement et du joint de l'arbre du moteurs (ou du moteur) est de 6 ou 8 cycles selon le palier.

est suffisant et que, le cas échéant, des contrôles notamment de la puissance électrique absorbées des moteurs permettent de confirmer la disponibilité des ventilateurs. **L'IRSN n'a pas de remarque sur ces mesures.**

3.3. ABSENCE DE DÉCLINAISON DES PRÉCONISATIONS DE MAINTENANCE DU FOURNISSEUR DU GROUPE FRIGORIFIQUE DU DUV

Le fournisseur de la ventilation DUV a émis vers EDF un guide d'exploitation et d'entretien (GEE) du groupe frigorifique du DUV qui a été approuvé par EDF. Ce GEE précise les différentes actions à réaliser pour garantir le bon fonctionnement des groupes frigorifiques DUV mais également leur durée de vie, lors des visites de contrôle mensuelles, trimestrielles, semestrielles et annuelles. Il demande notamment un démarrage mensuel des compresseurs des groupes frigorifiques. Or les actions de maintenance mentionnées dans le programme de base de maintenance préventive du DUV ne suivent pas les préconisations du GEE, mais consistent uniquement à réaliser des actes relatifs à la réglementation environnementale (absence de fuite de fluide frigorigène) et à celle des équipements sous pression. À titre de comparaison, pour le groupe frigorifique DEL⁸ des paliers P4 et P'4, d'une technologie similaire au DUV, il est prévu plus d'une quinzaine d'actions de maintenance préventive à une fréquence au moins annuelle, tels que le contrôle des paramètres de fonctionnement du groupe, le contrôle du système de régulation en puissance, l'analyse de l'huile des compresseurs, l'étanchéité des clapets, l'efficacité des évaporateurs, le contrôle de l'état de propreté du condenseur et le contrôle de fonctionnement des ventilateurs. Par ailleurs, aucun essai périodique spécifique au groupe frigorifique du DUV et aux équipements le composant n'est prévu en dehors de son suivi en exploitation. À plus ou moins long terme, faute d'avoir bénéficié d'un programme de maintenance préventive suffisant, les groupes frigorifiques risquent d'être affectés par des problèmes mécaniques tels que des grippages de ventilateur ou une casse de compresseur comme cela a été observé sur la centrale de Gravelines. **Ainsi, l'IRSN estime que le programme de maintenance préventive des groupes frigorifiques du DUV des réacteurs du palier CPY, mais également, le cas échéant, celui des autres paliers, devait être complété.**

Dans le cadre de la présente expertise, EDF a indiqué qu'après de nombreux fortuits (un quart des compresseurs sur l'ensemble du parc ont déjà été remplacés depuis le début des mises en service), **une fiche d'amendement au programme de maintenance préventive a été rédigée pour intégrer certaines préconisations du GEE.** De plus, EDF a identifié que les démarrages trop fréquents et brefs des compresseurs liés à un dispositif de tirage au vide permanent sont de nature à user prématurément les compresseurs. Ainsi, dans le cadre d'une noria en cours, jusqu'en 2025 pour les paliers CPY et N4 et 2026 les réacteurs de 1300 MWe, EDF remplace les compresseurs sans la fonction « tirage au vide » et les moto-ventilateurs sur l'ensemble du parc, en intégrant une solution technique visant à supprimer les démarrages brefs des compresseurs. Dans l'attente de son déploiement complet, il est préconisé aux exploitants de réaliser mensuellement une mise en marche forcée des compresseurs en les faisant fonctionner suffisamment longtemps pour prévenir une éventuelle casse de ces derniers⁹.

Enfin, EDF indique que, même en situation de grands chauds et en considérant, de façon pénalisante, la perte d'un ventilateur du condenseur qui conduirait à perdre la capacité du circuit frigorifique associé, les températures maximales admissibles dans les locaux électriques du DUS ne seraient pas atteintes. En effet, lorsqu'un des deux compresseurs du groupe froid est indisponible les capacités de conditionnement des locaux du DUS sont suffisantes, ce qui permet à EDF de considérer que le DUV reste disponible. **Sur la base de ces éléments, l'IRSN estime que ces actions de maintenance préventives et curatives sont satisfaisantes. Toutefois, l'IRSN considère que les préconisations du GEE auraient dû être prises en compte dès la création du programme de maintenance préventive du DUV.**

⁸ DEL : circuit de production d'eau glacée alimentant les batteries froides du circuit de ventilation de la salle de commande.

⁹ Ces mises en marche forcées seront réalisées après la génération d'une charge thermique artificielle afin de respecter la plage de fonctionnement du groupe frigorifique.

4. CONCLUSION

Concernant l'ensemble des écarts mis en évidence sur le système de ventilation (DUV) des locaux du diesel d'ultime secours (DUS), l'IRSN considère qu'EDF a traité de manière satisfaisante les anomalies détectées et que les référentiels de maintenance et ceux relatifs aux essais périodiques ont été mis à jour de manière pertinente. Toutefois, l'IRSN considère que la survenue de ces écarts a mis en exergue une appropriation insuffisante par EDF de ses nouveaux matériels. En effet, la prise en compte des préconisations du constructeur dans le programme de maintenance préventive, dès son établissement, aurait permis d'éviter la dégradation de matériels importants pour la sûreté. De manière plus générale, l'IRSN considère donc qu'EDF doit être plus vigilant et rigoureux dans l'établissement des programmes de maintenance préventive des nouveaux matériels, ainsi que dans la définition des conditions de réalisation des essais périodiques.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté