



Fontenay-aux-Roses, le 29 novembre 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00172

Objet : EDF – REP – Tous Paliers – Analyse du retour d'expérience des inspections sur le déploiement du plan d'action ventilation (PAV) et des dispositions prises par EDF pour pérenniser les réglages aérauliques issus du PAV.

Réf. : [1] Saisine ASN – CODEP-DCN-2024-031797 du 12 juin 2024.
[2] Avis IRSN – 2014-00356 du 29 septembre 2014.
[3] Avis IRSN – 2019-00042 du 1^{er} mars 2019.
[4] Avis IRSN – 2018-00193 du 13 juillet 2018.
[5] Avis IRSN – 2021-00177 du 3 novembre 2021.
[6] Lettre ASN – CODEP-DCN-2014-053522 du 26 novembre 2014.

Conformément à la saisine en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné le retour d'expérience du déploiement, sur l'ensemble des réacteurs en exploitation, du plan d'action ventilation (PAV), qui vise à s'assurer de la conformité des performances aérauliques des systèmes de ventilation importants pour la sûreté, ainsi que de la suffisance des dispositions prises par EDF pour pérenniser ces performances.

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

Les systèmes de ventilation sont des systèmes dits « supports » qui permettent d'une part le conditionnement thermique des locaux abritant les équipements importants pour la sûreté (EIP), d'autre part le confinement dynamique des locaux le nécessitant. Les essais de démarrage des réacteurs ont permis de régler, pour chaque local, le taux de renouvellement d'air issu des études thermiques et aérauliques réalisées en cohérence avec le rapport de sûreté (RDS) en vigueur.

Dans le cadre de la préparation de la réunion du groupe permanent d'experts consacrée à l'examen du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs à eau sous pression du parc nucléaire durant la période 2003-2005, il a été mis en évidence que la surveillance des systèmes de ventilation n'avait pas été réalisée en adéquation avec leur importance dans la démonstration de sûreté. Dans ce contexte, EDF a entrepris de réaliser un état des lieux des performances aérauliques de certains systèmes de ventilation sur l'ensemble des réacteurs du parc. En parallèle à cette affaire, EDF a mis en place les référentiels « Grands chauds » (évolutions des températures de l'air extérieur et de la source froide à considérer dans la démonstration de sûreté), « Grands froids » (évolutions des températures de l'air extérieur) et « Explosion » (reprises des calculs de concentration d'hydrogène dans les locaux à risque et identification du débit minimum). Afin de tenir compte de ces nouveaux référentiels, EDF a

décidé, fin 2010, de mettre en place un plan d'action ventilation (PAV) en vue des prochaines visites décennales (VD) de chaque palier (VD4 pour les réacteurs de 900 MWe, VD3 pour les réacteurs de 1300 MWe et VD2 pour les réacteurs de 1450 MWe).

L'objectif principal du PAV est donc de s'assurer que les débits de ventilation sont conformes aux débits retenus dans les études de sûreté « Grands froids », « Grands chauds » et « Explosion » et d'engager si besoins les modifications appropriées tout en respectant les exigences de confinement dynamique¹ existantes.

1.2. PRÉSENTATION DU PAV ET CONTOUR DE L'EXPERTISE

Le PAV comporte quatre lots :

- **le lot 1 « Études thermiques »** a permis d'identifier les débits de conception et de définir les débits requis au titre de la sûreté² au regard des scénarios des référentiels « Grands chauds », « Grands froids » et « Explosion » ;
- **le lot 2 « Campagne d'essais de performances des systèmes de ventilation sur des réacteurs pilotes »** a permis, pour un réacteur pilote de chaque palier, à l'issue d'une phase de diagnostic et de remise en état, de réaliser un état des lieux des performances aérauliques en réalisant une campagne de mesure sur les systèmes de ventilation ;
- **le lot 3 « Analyse des mesures du lot 2 et identification des besoins de modification »** a permis d'identifier les modifications matérielles nécessaires sur le réacteur pilote en comparant les débits mesurés (lot 2) et les débits requis au titre de la sûreté (lot 1) ;
- **le lot 4 « Généralisation aux autres réacteurs »** prévoit, pour chaque réacteur, à l'issue d'une phase de diagnostic et de remises en état, de régler les systèmes de ventilation du PAV conformément aux débits cibles établis dans le cadre du lot 1 et de s'assurer de leur maintien dans le temps.

Dans le cadre des derniers réexamens de sûreté décennaux, VD3-1300 [2], VD4-900 [3], VD2-N4 [4], l'IRSN a examiné la définition des critères de débits de sûreté et les modifications matérielles et documentaires nécessaires pour y parvenir (lots 1 à 3 du PAV). Compte-tenu des enjeux associés en termes de conformité aux nouveaux référentiels « Grands chauds », « Grands froids » et « Explosion » et de l'ampleur du déploiement du lot 4 du PAV (sur de nombreux systèmes et sur l'ensemble des réacteurs en fonctionnement), **l'ASN a mené une campagne d'inspections sur le déploiement du PAV sur l'ensemble des centrales du parc nucléaires en exploitation**. Par le courrier en référence [1], l'ASN sollicite également l'avis de l'IRSN relatif au retour d'expérience de ces inspections.

2. ANALYSE DU DÉPLOIEMENT DU LOT 4 DU PAV

2.1. PÉRIMÈTRE DU PAV

Les systèmes de ventilation³ concernés par le lot 4 du PAV sont les systèmes de ventilation importants pour la sûreté, assurant le conditionnement thermique et/ou le confinement dynamique des bâtiments des îlots nucléaire et conventionnel. Ils sont, en moyenne, au nombre de 12 par réacteur. Parmi les systèmes de ventilation importants pour la sûreté, EDF a exclu, à l'issue du lot 2 du PAV, les systèmes présents dans le

¹ Le confinement dynamique des matières radioactives est assuré par le maintien d'une dépression globale de l'installation par rapport à l'atmosphère extérieure et un assainissement de l'air avant son rejet.

² Les débits requis de sûreté retenus par EDF correspondent aux plus faibles valeurs des débits permettant de démontrer le respect des températures admissibles dans les locaux pour les matériels valorisés dans la démonstration de sûreté.

³ Les systèmes de ventilation se composent généralement d'une centrale de traitement d'air comprenant des filtres, des batteries de conditionnement thermique, un ventilateur de soufflage, un ventilateur d'extraction et de réseaux de distribution et d'extraction de l'air comportant des gaines, des registres de réglage du débit, des bouches de ventilation.

bâtiment réacteur au motif qu'ils n'étaient pas concernés par les évolutions des référentiels « Grands Chauds », « Grands Froids » et « Explosion ». Au cours de l'expertise, EDF a indiqué que ces systèmes faisaient l'objet d'une attention particulière, car leur disponibilité contribue directement aux objectifs de production. En effet, une élévation anormale de la température du bâtiment réacteur conduit rapidement au repli du réacteur au titre des spécifications techniques d'exploitation. Toutefois, pour ce qui concerne le système de ventilation du puit de cuve, la surveillance en exploitation des performances de ce système ne permet pas de s'assurer qu'en cas de perte ou d'arrêt des ventilateurs, la ventilation naturelle de ce système sera suffisamment efficace pour garantir, en situation accidentelle, la disponibilité des chambres neutroniques intermédiaires (CNI). **À ce titre, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF réalise, pour l'ensemble des réacteurs nucléaires du parc en exploitation, un état des lieux (diagnostic mécanique) de ce système de ventilation naturelle et, en cas de constats de dégradation ayant un impact sur ses performances, engage les réparations nécessaires et établisse un programme de maintenance préventive adapté. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 présentée en annexe 1.**

2.2. REX DE LA PHASE DE DIAGNOSTIC DU LOT 4 DU PAV

La phase diagnostic comprend deux étapes permettant d'identifier les remises en état nécessaires pour les réglages et/ou la pérennisation du PAV.

Le diagnostic « mécanique » permet de contrôler, par système et par réacteur, l'état des matériels en amont de la phase de reprise des réglages, ainsi que l'état de l'instrumentation et du repérage des matériels nécessaires à la pérennisation des réglages. Pour certains systèmes, le nombre de constats réalisés peut être très important (plus de 200 constats pour les systèmes les plus complexes).

Le diagnostic « aéraulique » des systèmes de ventilation permet de faire un point initial, avant la réalisation des remises en état, de l'équilibrage du réseau aéraulique par rapport aux débits cibles estimés dans le cadre des études thermo-aérauliques du PAV. En préalable à ce diagnostic, EDF établi un « plan de mesurage » suivant une méthodologie (selon un guide type) bien précise afin de disposer de mesures de débits fiables et reproductibles. Des inspections réalisées sur le PAV, il ressort que les enjeux liés à la détermination des points de mesures (outils utilisés, localisation et nombre de points de mesure, calcul de l'incertitude associée) sont maîtrisés par l'ensemble des exploitants tant du point de vue de la traçabilité des écarts (ex. modifications des caractéristiques géométriques du point de mesure, de l'incertitude de la mesure) que de la surveillance associée.

En revanche, les inspections ont révélé que la durée de l'acquisition des mesures de débit pouvait être variable (durée choisie de façon arbitraire ou en fonction de la stabilité de l'écoulement). D'après EDF, les mesures de débit relèvent du geste professionnel des intervenants qu'il forme, accompagne et surveille pour s'assurer que les règles de l'art sont bien connues et appliquées sur le terrain. **Pour l'IRSN, ces actions ne sont pas suffisantes pour garantir des mesures fiables, précises et reproductibles par tous les intervenants dans le temps. L'IRSN estime donc que le guide type d'EDF devrait intégrer des éléments sur le caractère adaptatif des durées d'acquisition des mesures de débit en fonction de la stabilité de l'écoulement du fluide durant la mesure.**

2.3. REX DE LA PHASE DE RÉGLAGE DU LOT 4 DU PAV

La phase de réglage consiste à procéder à une campagne d'équilibrage de chaque système afin de garantir, dans chaque local, que les débits cibles estimés dans les études thermiques « Grands froids », « Grands chauds » et « Explosion » sont respectés. Ainsi, EDF a défini, pour chaque local, une plage de réglage pour les débits soufflés et extraits dont les bornes minimale et maximale ont été définies pour garantir des températures ambiantes compatibles avec la disponibilité des matériels, ainsi que des taux de renouvellement d'air suffisants pour mitiger le risque explosion pour les locaux concernés. Parmi ces plages de réglage, seules quelques-unes d'entre elles font l'objet d'un requis au titre de la sûreté. Il s'agit, pour les locaux abritant des matériels EIPS, des bornes minimales et/ou maximales des débits soufflés pour les locaux sans exigence de confinement dynamique et des bornes minimales et/ou maximales des débits soufflés et extraits pour les locaux disposant également d'une exigence de confinement dynamique. EDF n'a pas affecté de requis de sûreté pour les débits extraits des locaux

sans exigence de confinement dynamique en raison du code de calcul utilisé qui modélise uniquement les débits soufflés. Il estime également que la perméabilité à l'air des locaux concoure au conditionnement thermique global des locaux. L'IRSN considère cependant que cette approche n'est pas suffisamment réaliste puisqu'il existe naturellement des mouvements d'air entre des locaux disposant d'exigences climatiques différentes. De plus, l'étanchéité toute relative des locaux est susceptible d'avoir un impact sur le « balayage » de la ventilation de ces derniers. Ainsi, pour les zones non balayées par le flux d'air de la ventilation (appelées « zones mortes »), la température pourrait dépasser les seuils de disponibilité des matériels importants pour la sûreté. **Aussi, dans le cadre de l'expertise, EDF propose d'examiner, en 2025, la performance du conditionnement thermique de quelques locaux disposant d'écart significatifs entre les débits soufflés et les débits extraits. L'IRSN estime que cette proposition est satisfaisante, car elle permettra d'évaluer l'existence de « zones mortes » dans les locaux concernés. En fonction des résultats obtenus, EDF devra se positionner sur la nécessité d'étendre cet examen à d'autres locaux.**

Contrairement à une installation neuve dont le réglage est généralement réalisé en réglant les débits en commençant par les branches les plus résistives, les intervenants ont procédé à des réglages itératifs local par local en tenant compte des contraintes d'exploitation. Or certains circuits de ventilation sont complexes à équilibrer en raison de leur isométrie (longueurs et nombres de ramifications, présences de singularités, etc.) et des exigences de confinement dynamique des locaux qu'ils ventilent. Ainsi, le REX des inspections montre que les « débits locaux⁴ » sont fréquemment en écart par rapport aux plages de réglages cibles estimés par les études thermo-aérauliques du PAV. Toutefois, même si ces écarts sont nombreux, l'IRSN a constaté qu'ils étaient tous tracés et justifiés de la façon suivante :

- **si l'écart concerne un requis de sûreté**, l'écart est traité par les services d'ingénierie d'EDF en charge des études thermiques qui peuvent imposer, si les marges thermiques sont inexistantes ou trop faibles, de reprendre les réglages pour respecter les débits requis au titre de la sûreté (en mettant en œuvre, dans l'attente des réglages ad hoc, des mesures compensatoires) ;
- **si l'écart n'affecte pas un requis de sûreté**, le débit mesuré est accepté en l'état, sans plus de justification.

2.4. PROBLÉMATIQUES TECHNIQUES GÉNÉRIQUES RELEVÉES LORS DES INSPECTIONS PAV

Les inspections relatives au PAV ont permis de déceler des problématiques techniques génériques communes à plusieurs réacteurs.

L'IRSN a ainsi constaté que certains débits requis au titre de la sûreté, comme ceux de la ventilation des halls diesels (DVD) et de certaines stations de pompage (DVP), n'étaient pas mesurés faute de moyens de mesure suffisamment précis. Sur ce point, EDF a indiqué que, pour les réacteurs des paliers P4 et P'4 localisés sur des sites en « Bord de Rivière », les nouveaux ventilateurs équipés d'anneaux piézométriques installés dans le cadre des modifications « VD3 » permettront de disposer d'une mesure fiable du débit. EDF a prévu de modifier le chapitre IX des règles générales d'exploitation (RGE) pour intégrer des essais de performance pour ces ventilateurs. En revanche, pour les sites situés en « Bord de Mer » et ceux du palier N4, EDF poursuit des études R&D. À cet égard, **l'IRSN rappelle en annexe 2, l'observation formulée dans l'avis [5] concernant les réacteurs du palier N4 et estime qu'elle devrait être étendue dans le cadre de l'expertise sur le PAV pour les systèmes DVD et DVP, aux réacteurs des paliers P4 et P'4.**

D'autre part, pour les réacteurs de 1300 MWe, l'IRSN a noté que pour le système DVH, assurant le conditionnement thermique des locaux des pompes de charge et de la pompe de test RCV en cas de défaillance de la ventilation générale du BAN (circuit DVN) ou en cas d'injection de sécurité, les réglages réalisés dans le cadre du PAV n'avaient pas été réalisés dans les conditions représentatives de son fonctionnement en situation

⁴ Les « débits locaux » sont les débits requis dans chaque local pour assurer des conditions d'ambiance climatiques garantissant la disponibilité des matériels qui s'y trouvent.

accidentelle. En effet, le système DVN, qui conditionne en fonctionnement normal les locaux des pompes de charge, était toujours en fonctionnement lors des réglages des débits du système DVH. Or le fonctionnement simultané de ces deux systèmes a un effet favorable sur le débit d'extraction DVH⁵. Dans le cadre de l'instruction du dossier d'amendement (DA) VD3 1300 MWe, en réponse à une demande de l'ASN [6], EDF a ajouté, en condition préalable à la réalisation des essais périodiques et aux réglages issus du PAV, l'ouverture des portes des locaux des pompes de charge sans apporter la preuve de la représentativité de ces conditions d'essais eu égard au fonctionnement accidentel de ce système. Cependant, dans cette situation, les portes doivent être fermées au titre de la sectorisation incendie et, par ailleurs, leur manœuvrabilité n'est pas acquise compte tenu de la conception du système DVH. L'IRSN rappelle en outre que certaines actions demandées par les règles de conduite nécessitent une intervention du personnel en local, des difficultés à manœuvrer des portes pourraient conduire à un retard d'exécution de la procédure et ainsi aggraver la situation.

De ce fait, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF justifie que les conditions de réalisation des mesures de débits lors des essais du système DVH sont représentatives du fonctionnement du seul système DVH en situation accidentelle et s'assure également que les portes sont bien manœuvrables. **Ces points font l'objet de la recommandation n° 2 présentée en annexe.**

3. ANALYSE DE LA SUFFISANCE DES DISPOSITIONS PRISES PAR EDF POUR PÉRENNISER LES RÉGLAGES DU LOT 4 DU PAV

3.1. CONTEXTE

Dans le cadre des réexamens VD3 1300, VD2 N4 et VD4 900, EDF a ajouté un contrôle de performance de tous les systèmes de ventilation importants pour la sûreté qui consiste à vérifier, tous les cinq ans, les « débits globaux »⁶ de chaque ventilateur appartenant au périmètre du PAV. Pour l'IRSN ces contrôles, bien que nécessaires, ne suffisent pas à garantir le maintien dans le temps des débits requis par local. En effet, le retour d'expérience du parc en fonctionnement a mis en évidence que de nombreux phénomènes peuvent conduire à modifier l'équilibre d'un réseau de ventilation, tels que l'encrassement du réseau, la mise en œuvre de modifications non notables, la présence de défauts dans les gaines de ventilation, des inétanchéités au niveau des trémies, des erreurs humaines (mauvaise remise en position des registres après intervention). Or une évolution de la résistivité du réseau de ventilation peut modifier le(s) débit(s) d'un ou plusieurs local(aux) sans remettre en cause de façon systématique les débits globaux des systèmes de ventilation. Ainsi, dans le cadre du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe du palier CPY [3], EDF s'était engagé, en décembre 2018, à compléter les actions de pérennisation en mettant en œuvre, sous cinq ans, un programme de pérennisation des réglages. Il a par ailleurs précisé que ce programme se traduira par un guide national à l'attention des CNPE ayant pour objectif de décrire les changements culturels et les dispositions matérielles à mettre en place à la suite du déploiement du PAV, afin de maintenir les performances aérauliques des systèmes de ventilation conformément à l'attendu.

3.2. ANALYSE DU PROGRAMME NATIONAL DE PÉRENNISATION DES RÉGLAGES

Le programme de pérennisation des réglages d'EDF a pour objectif d'adapter l'organisation, les ressources, les outils et les compétences des exploitants pour pouvoir répondre aux nouvelles exigences de ventilation issues du PAV. Il est transcrit dans un guide national qui comporte sept principes.

⁵ Le circuit DVH ne comprend qu'une extraction mécanique, l'amenée d'air dans les locaux est réalisée via le réseau de soufflage DVN pouvant être à l'arrêt.

⁶ Les « débits globaux » désignent les débits mesurés au soufflage et à l'extraction de chaque système de ventilation dans les différentes configurations requises par la démonstration de sûreté.

Les deux premiers principes portant sur les démarches organisationnelles et humaines à mettre en œuvre montrent qu'EDF a pris conscience de la nécessité de pérenniser les compétences aérauliques acquises lors du déploiement du PAV sur l'ensemble des CNPE. Les inspections ont par ailleurs montré que cette organisation était scrupuleusement suivie par l'ensemble des exploitants.

Le troisième principe porte sur la maîtrise des débits locaux dans les plages de réglage issues du PAV. Il définit notamment les règles et les outils permettant de recenser les critères à respecter tels que les recueils locaux des points de consigne (RLPC) qui établissent, pour chaque point de mesure, les bornes minimale et maximale à respecter. Pour l'IRSN, les RLPC sont capitaux pour clarifier les réglages finaux de ces systèmes d'autant **plus qu'un grand nombre de débits ont été réglés en dehors des plages d'exploitation du PAV (cf. §2.3). Ainsi, l'IRSN estime qu'EDF devrait s'assurer que les RLPC soient autoportants et mis à jour au gré des réglages afin de suivre l'évolution des performances aérauliques et d'évaluer leur conformité.**

Le quatrième principe établit les pratiques à suivre pour maîtriser la configuration des installations et des réglages par la mise en œuvre d'un étiquetage sur les organes de réglage⁷ et des actions périodiques contrôlant leur position.

Le cinquième principe concernant les actions de requalification à réaliser à l'issue d'interventions sur des matériels susceptibles d'influer sur les réglages est traité dans la dernière partie de cet avis au travers de l'analyse du guide de la maintenance et de la requalification (GMR).

Le sixième principe établit les points clés du maintien en conditions opérationnelles des installations par la mise en œuvre d'un programme patrimonial local de pérennisation des réglages, de programmes locaux de maintenance préventive (PLMP) et prévoit de modifier les pratiques et les consignes d'exploitation locales.

En effet, le lot 4 du PAV a permis de montrer que d'une part le maintien dans le temps des réglages est conditionné par une évolution des pratiques de maintenance actuelles des systèmes de ventilation, d'autre part des remises en conformité sont nécessaires pour atteindre les performances aérauliques escomptées du PAV. Les programmes de base de la maintenance préventive (PBMP) actuels ne sont donc pas suffisants. EDF prévoit de les compléter dans un premier temps par des PLMP et à long terme, de mettre à jour les PBMP nationaux des matériels de ventilation au regard des défauts concernant **les évolutions normales et attendues du matériel (définies au §2.2)** après avoir capitalisé quelques années de REX dans les nouvelles conditions d'exploitation. **L'IRSN estime qu'une attention particulière sur la poursuite de ces actions devrait être portée afin de garantir dans le temps le maintien des réglages aérauliques.**

Par ailleurs, lors des inspections sur le déploiement du PAV, l'IRSN a constaté que les pertes de charge relevées en préalable aux réglages du PAV une fois les remises en état réalisées⁸ pouvaient être nettement inférieures aux critères prescrits par les essais périodiques qui sont des critères historiques établis lors de la conception des circuits de ventilation. Or, avec le temps, les systèmes de ventilation vont s'encrasser et il n'est à ce jour pas garanti que la surveillance actuelle d'EDF relative aux pertes de charge maximales de ces matériels sensibles à l'encrassement soit en adéquation avec les réglages. EDF n'ayant pas identifié d'action dans le cadre du programme de pérennisation des réglages, il s'est engagé, dans le cadre de l'expertise, à réaliser des essais sur deux réacteurs (un de 900 MWe et un de 1300 MWe) d'ici mi-2026 pour étudier la sensibilité de l'équilibrage aéraulique des systèmes de ventilation concernés par le PAV en fonction de l'encrassement des filtres et des batteries. En sus, EDF a lancé un programme de collecte de données pour analyser l'adéquation entre les seuils d'encrassement et les critères de débit de sûreté. Les conclusions de ces deux démarches conduiront EDF à se réinterroger sur les valeurs des critères de perte de charge maximale des matériels sensibles à l'encrassement et

⁷ Pour les registres de réglage, EDF met en place une étiquette qui définit sous la forme d'un index collé sur le registre la position de référence du réglage, permettant ainsi de surveiller sa position.

⁸ En effet, dans le cadre de la phase de diagnostic du lot 4 du PAV, un nombre important de préconisations de remises en état portait sur le remplacement des filtres ou le nettoyage des batteries chaudes et froides.

à engager les modifications nécessaires dans les documents d'exploitation (RGE, RLPC, Essais périodiques).

L'IRSN considère que ces démarches semblent efficaces pour garantir le respect des débits requis de sûreté eu égard à l'encrassement des matériels de ventilation sensibles à l'encrassement. Toutefois, **l'IRSN remarque que ce programme n'est pas décliné sur les paliers CP0 et N4. Or, au vu des conceptions différentes des systèmes de ventilation entre les paliers, l'IRSN considère que les conclusions de ce programme ne leur seront pas transposables. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe 1.**

Enfin, le dernier principe consiste à évaluer l'efficacité du programme de pérennisation de façon qualitative (au travers notamment d'un auto-positionnement périodique des métiers au regard des attentes du programme) et de façon quantitative via l'analyse des résultats des essais périodiques du chapitre IX des RGE (contrôlant les performances des débits globaux) et des essais périodiques ne relevant pas des RGE (contrôlant les débits de ventilation soufflés et extraits dans les locaux).

Concernant les mesures de débits par sondage des « débits locaux », les services centraux d'EDF ont confié la définition du périmètre et la fréquence des contrôles aux exploitants. Lors des inspections portant sur le PAV, ces derniers n'avaient pas encore défini les modalités de réalisation de ces essais d'évaluation (fréquence et identification des points à contrôler). **L'IRSN considère que ces essais d'évaluation, bien que ne relevant pas des RGE, sont essentiels pour attester du bon équilibrage des systèmes de ventilation** car, comme le montre le retour d'expérience, **même si les performances aérauliques des débits globaux sont conformes, les débits unitaires peuvent être majoritairement en écart par rapport aux requis de sûreté.** Dans le cadre de l'expertise, les services centraux d'EDF ont indiqué qu'ils accompagnaient les exploitants dans l'élaboration de ces essais sans pour autant leur imposer une trame à court terme pour que les exploitants puissent l'adapter de manière réactive en fonction de leur besoin (signaux faibles, modifications). Ils étudient également la possibilité de rédiger des trames types pour chaque palier à moyen termes (fin 2026). **Pour l'IRSN, afin de disposer d'une image représentative de l'équilibrage aéraulique des systèmes de ventilation de façon homogène sur tous les réacteurs, les entités nationales d'EDF devraient, en fonction de la complexité du réseau de ventilation, établir un plan de mesurage permettant de vérifier le maintien dans le temps des réglages aérauliques à l'échelle des locaux.**

3.3. ANALYSE DU GUIDE DE LA MAINTENANCE ET DE LA REQUALIFICATION (GMR)

Afin de maîtriser l'impact des activités d'exploitation et de maintenance sur les performances aérauliques, EDF prévoit qu'avant toute intervention, les intervenants analysent son impact sur les réglages des systèmes de ventilation et, le cas échéant, réalisent une analyse de suffisance (ADS) et les actions de requalification intrinsèque et/ou fonctionnelle adaptées. Celles-ci sont définies par l'exploitant qui peut s'appuyer sur les préconisations des requalifications intrinsèques et fonctionnelles recensées dans le guide de la maintenance et de la requalification (GMR). En décembre 2015, le GMR comportait pour le domaine « Ventilation », uniquement les fiches techniques « Ventilateurs (et centrales de traitement de l'air) » et « Filtre / Piège à iode ». En novembre 2020, EDF a mis à jour le GMR en ajoutant les préconisations pour la requalification des autres matériels de ventilation (batteries chaude, froide, registres, etc.). Ainsi, l'IRSN a analysé le retour d'expérience relatif à la requalification fonctionnelle des matériels de ventilation après intervention depuis la parution de ces fiches techniques.

Tout d'abord, l'IRSN estime que ce guide est exhaustif et constitue un document de référence pour la requalification des matériels. **Toutefois, à la suite du PAV, l'IRSN considère qu'EDF devrait préconiser pour toute requalification impliquant une mesure de débit, de contrôler le respect des réglages consignés dans le RLPC concerné. Le cas échéant, EDF devrait justifier l'acceptabilité de l'écart et mettre à jour le RLPC, afin que ce recueil dispose d'informations fiables relatives à l'équilibrage du système de ventilation concerné.**

L'IRSN a également analysé les événements significatifs pour la sûreté (ESS) dus à des requalifications insuffisantes sur des matériels de ventilation depuis la parution des fiches dans le GMR. Près d'une vingtaine d'événements ont été recensés durant les cinq dernières années. Dans la plupart des cas, la cause était liée soit

à l'absence de prise en compte des préconisations du GMR ou à la méconnaissance du personnel en charge de la requalification. Concernant ce point, l'IRSN a par exemple relevé qu'EDF a déclaré, entre 2020 et 2023, onze ESS relatif à une inversion du sens de rotation des ventilateurs⁹. Si les actions préconisées par le GMR pour identifier le sens de rotation du ventilateur pourraient sembler suffisantes, elles nécessitent néanmoins de maîtriser le fonctionnement des différents types de ventilateurs (centrifuge et hélicoïdal). L'IRSN souligne par ailleurs que pour au moins sept de ces ESS, seules des mesures de débit ont permis de détecter les inversions de rotation des ventilateurs. Bien qu'EDF indique que les mesures de débit ne permettent pas de déceler systématiquement toutes les inversions de rotation pour les ventilateurs centrifuges, l'IRSN estime a contrario qu'elles permettraient d'en détecter la plupart, car le débit mesuré serait nettement inférieur au débit attendu. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 4 en annexe 1.**

4. CONCLUSION

Le PAV et son programme de pérennisation constituent une avancée majeure pour garantir des taux de renouvellement d'air conformes aux exigences des nouveaux référentiels « Grands Chauds », « Grands Froids » et « Explosion ».

La réalisation d'une vingtaine d'inspections sur le déploiement du PAV sur l'ensemble des sites a permis de contrôler le déploiement du lot 4 du PAV sur l'ensemble des CNPE et d'identifier des points remarquables ou des problématiques à approfondir.

Concernant l'aptitude des systèmes à assurer leur mission à la suite du déploiement du PAV, le REX des inspections montre que les réglages du PAV pour les débits globaux sont généralement atteints. Toutefois, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF :

- réalise a minima un diagnostic mécanique du système de ventilation naturelle situé à l'intérieur du BR non surveillé en exploitation et exclu du PAV à la suite du lot 2 (objet de la recommandation n° 1) ;
- justifie la représentativité des conditions de réglages et de mesures des débits en fonctionnement accidentel pour le système DVH des réacteurs des paliers P4 et P'4 (objet de la recommandation n° 2).

S'agissant des dispositions prises par EDF pour pérenniser les réglages du lot 4 du PAV, l'IRSN souligne la mise en œuvre des démarches de pérennisation visant à la fois les matériels et les compétences humaines. Toutefois, l'IRSN considère qu'EDF doit compléter son référentiel de maintenance concernant :

- la surveillance des pertes de charge des matériels sensibles à l'encrassement (objet de la recommandation n° 3).
- les actions de requalification préconisées dans le guide de la maintenance et de la requalification (objet de la recommandation n° 4).

⁹ Certaines interventions sur l'alimentation électrique du ventilateur peuvent conduire à une inversion de phases et donc du sens de rotation du ventilateur

Enfin, l'IRSN souligne que, pour assurer le conditionnement thermique des locaux, le respect des performances aérauliques de la ventilation est nécessaire mais non suffisant : les matériels de conditionnement thermique assurant la régulation de la température de l'air soufflé tels que les batteries chaudes, froides et les groupes froids sont également nécessaires et leur performance thermique doit faire l'objet d'une surveillance adaptée.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2024-00172 DU 29 NOVEMBRE 2024

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF réalise, pour l'ensemble des réacteurs nucléaires du parc en exploitation, un état des lieux (diagnostic mécanique) des matériels du système de ventilation EVR (EVC pour le palier CPY, RRMb pour le palier CPO) impliqués dans la ventilation naturelle du puits de cuve et, le cas échéant, engage les réparations nécessaires et établisse un programme de maintenance préventive ad hoc.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande, pour les paliers P4 et P'4, qu'EDF justifie que les conditions de réalisation des mesures de débits du système DVH lors des réglages du PAV (DVN en fonctionnement et portes des locaux des pompes de charge RCV ouvertes) permettent de garantir l'atteinte des performances aérauliques de ce système dans les conditions accidentelles les plus pénalisantes susceptibles d'être rencontrées (DVN à l'arrêt, portes fermées). Par ailleurs, EDF devra démontrer que la manœuvrabilité des portes des locaux des pompes de charges et de test RCV permet au personnel d'intervenir dans les conditions prévues par les procédures de conduite incidentelle-accidentelle.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF redéfinisse, pour les réacteurs des paliers CPO et N4, les critères de perte de charge maximale des matériels sensibles à l'encrassement (seuils et fréquences de surveillance), au titre du chapitre IX des RGE ou des PBMP, tels que les filtres et les batteries chaudes et froides afin que ces derniers permettent de garantir, dans le temps, le respect des exigences de sûreté.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'EDF complète le GMR, en préconisant la réalisation d'une mesure de débit systématique pour requalifier les ventilateurs centrifuges après toute intervention sur leur alimentation électrique susceptible d'inverser le sens de rotation du ventilateur.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2024-00172 DU 29 NOVEMBRE 2024

Rappel de l'observation de l'avis IRSN 2021-00177 du 3 novembre 2021 [5]

Compte tenu de la fonction de sûreté associée aux ventilateurs DEL, DVD et DVP, l'IRSN estime qu'EDF devrait décliner dès que possible la méthode de mesure de débit retenue afin de vérifier, au travers des essais périodiques, la performance de ces ventilateurs.