



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 9 juillet 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00127

Objet : Réacteurs électronucléaires – Palier N4 – Instruction portant sur les risques liés aux « grands chauds » dans le cadre du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe.

Réf : Lettre ASN CODEP-DCN-2020-045164 du 30 novembre 2020.

Lors des vagues de chaleur de 2003 puis de 2006, les températures extérieures observées sur les sites sur lesquels sont implantés les réacteurs électronucléaires du parc en exploitation d'Électricité de France (EDF) ont été bien supérieures à celles retenues à la conception de ces réacteurs. EDF a alors élaboré un référentiel « grands chauds » qui établit une démarche visant à assurer la protection des installations pour des températures extérieures susceptibles d'être atteintes à l'horizon 2030, en tenant compte du réchauffement climatique. Ce référentiel définit, pour différents scénarios de fonctionnement (normal, incidentel, accidentel), les conditions extérieures à retenir dans les études thermiques afin d'évaluer les températures atteintes dans les locaux abritant des matériels importants pour la sûreté (EIPS). EDF vérifie ensuite que ces températures sont inférieures aux températures acceptables (Td/Tr)¹ pour le fonctionnement des matériels. Si tel n'est pas le cas, EDF effectue une analyse complémentaire qui conclut soit au « dédouanement » du matériel en dépassement, soit au besoin de modification.

Par sa lettre citée en référence, l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les conclusions d'EDF relatives à la déclinaison du référentiel « grands chauds » sur les réacteurs du palier N4 dans le cadre de leur deuxième réexamen périodique. En particulier, l'ASN souhaite que l'IRSN examine :

- le caractère acceptable des « dédouanements » de matériels proposés par EDF ;
- la suffisance des marges entre la température calculée dans les locaux et la température admissible des matériels à fort enjeu de sûreté qu'ils abritent ;
- certaines modifications « grands chauds » ayant un impact notable sur les résultats des études thermiques ou présentant un caractère inédit sur les réacteurs du parc en fonctionnement.

¹ La température de disponibilité des matériels (Td) est la température maximale acceptable par le matériel en régime permanent. Jusqu'à l'atteinte de cette température, les performances du matériel sont maintenues. La température exceptionnelle de tenue des matériels (Tr) est la température maximale acceptable par le matériel pour un fonctionnement limité à quelques centaines d'heures par an. Le fonctionnement du matériel entre sa Td et sa Tr a un impact possible sur sa durée de vie. Pour la majorité des matériels, la Tr est prise égale à la Td.

MEMBRE DE
ETSON

L'IRSN présente ci-après les conclusions de son expertise sur les points susmentionnés, tenant compte des engagements pris par EDF au cours de l'expertise.

1. MATERIELS FAISANT L'OBJET D'UN « DEDOUANEMENT »

EDF a transmis, pour la majorité des matériels voyant leur température admissible dépassée à l'issue des études thermiques, des éléments qui permettent de conclure au caractère acceptable de leur dédouanement, **ce qui est satisfaisant.**

Pour les autres matériels, EDF s'est engagé à apporter des compléments de justification et, pour le cas particulier des batteries Ni-Cd, à étudier leur remplacement. **L'IRSN estime les engagements d'EDF sur le sujet satisfaisants.**

2. MATERIELS A FORT ENJEU DE SURETE ET A FAIBLE « MARGE »

L'IRSN relève que de nombreux matériels, notamment de sauvegarde, présentent de faibles marges entre leurs températures maximales admissibles et la température atteinte dans les locaux les abritant. Cela constitue une fragilité de la démonstration de la protection des installations contre les « grands chauds » du palier N4, le caractère suffisant des conservatismes retenus dans les études thermiques pour couvrir les incertitudes existantes par ailleurs (associées aux données d'entrée, aux modélisations, au logiciel utilisé par EDF pour les études) étant difficile à apprécier. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.**

3. MODIFICATIONS MATERIELLES « GRANDS CHAUDS »

3.1. MODIFICATION PNPP 4513 « BRUMISATION DES BATIMENTS DIESELS »

Afin de respecter les températures admissibles des matériels importants pour la sûreté localisés dans le hall diesel et les locaux électriques des bâtiments diesels, EDF prévoit d'installer, sur les réacteurs du palier N4, un système de brumisation qui permet la pulvérisation, dans les flux d'air entrant dans ces locaux, de fines gouttelettes d'eau provenant d'une bache installée sur le toit des bâtiments diesels.

L'IRSN a analysé la suffisance et les potentiels risques de régression sur la sûreté associés à la mise en œuvre de cette modification. L'impact de la modification sur les règles générales d'exploitation lors de son exploitation est en cours d'analyse dans un autre cadre.

Dans le cadre de la modification de brumisation, EDF s'est fixé comme objectif de respecter la température exceptionnelle de tenue des matériels (T_r) des équipements situés dans les bâtiments diesels, mais il a en réalité dimensionné le système de brumisation de manière à pouvoir respecter, dans les situations de redimensionnement du référentiel « grands chauds », les températures de disponibilité (T_d) des matériels localisés dans le hall et dans les locaux électriques des bâtiments diesels des réacteurs des sites de Civaux et de Chooz. Toutefois, EDF a omis dans son analyse de considérer les matériels présents dans le sous-sol du hall diesel et notamment ceux associés à l'intégration de la modification de brumisation, ainsi que dans le local des ventilateurs d'extraction DVD². In fine, les études montrent que, dans ces locaux, la T_r est respectée et cela avec parfois de très faibles marges, mais que la T_d ne peut pas être respectée compte tenu du dimensionnement actuel du système de brumisation.

² DVD : Ventilation et chauffage des bâtiments diesels.

L'IRSN considère que le fait qu'EDF ne se fixe pas pour objectif de respecter la Td des équipements nécessaires au bon fonctionnement des diesels dans les situations de redimensionnement du référentiel « grands chauds » n'est pas acceptable au regard de la durée de fonctionnement de ces équipements dans ces situations qui peuvent durer 10 jours, de leur sensibilité aux températures élevées, et des conséquences potentielles de leur défaillance. Par conséquent, en complément de l'engagement pris par EDF de conforter les estimations des températures dans les sous-sols et les locaux d'extraction DVD par la réalisation d'essais sur les deux sites, l'IRSN considère qu'EDF doit rechercher et mettre en œuvre des dispositions qui permettent de respecter la Td des équipements pour ces locaux dans les situations de redimensionnement du référentiel « grands chauds » ou, si cela n'est industriellement pas possible, de maintenir des marges suffisantes vis-à-vis de leur Tr. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

Le cas des halls diesels et les locaux électriques, pour lesquels le système de brumisation permet de respecter la Td des matériels présents dans ces locaux dans les situations de redimensionnement « grands chauds », est évoqué plus loin.

Par ailleurs, sur les réacteurs du site de Chooz, après vidange de la bache assurant l'alimentation du système de brumisation sur une durée de l'ordre de 24 heures, les températures atteintes dans les halls diesels dans un des scénarios de redimensionnement, d'une durée de 10 jours, ne permettent pas le respect de la Tr des équipements nécessaires au fonctionnement des diesels. Ainsi, EDF a prévu sur ces réacteurs une réalimentation en eau du système de brumisation par le système JPV³. Une telle réalimentation n'est pas requise selon EDF sur les réacteurs du site de Civaux. Or, pour ce même scénario sur ce site, l'IRSN note que la température sera proche de la Tr, ce qui ne permet pas de considérer que les diesels resteraient disponibles. À cet égard, EDF a montré que la valorisation de la brumisation sur les 10 jours du scénario permettrait de respecter la Td des matériels situés dans les locaux électriques et les halls diesels. Pour l'IRSN, à l'instar de ce qui a été mis en place pour les réacteurs du site de Chooz, EDF doit prévoir un moyen de réalimentation en eau du système de brumisation pour les réacteurs du site de Civaux, pouvant fonctionner pendant 10 jours et en situation de manque de tension externe, considérée dans le scénario pénalisant. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe.**

Pour les locaux électriques des bâtiments diesels des réacteurs des sites de Civaux et de Chooz, ainsi que pour les halls diesels des réacteurs du site de Civaux, EDF considère que les rampes de brumisation ne sont pas requises dans les situations de redimensionnement du référentiel « grands chauds » car non nécessaires au respect de la Tr des équipements présents dans ces locaux. Pour l'IRSN, la Td des équipements nécessaires au bon fonctionnement des diesels doit être respectée dans les situations de redimensionnement et tous les matériels permettant d'atteindre cet objectif doivent être classés et bénéficier d'exigences de surveillance en exploitation adéquates. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 4 en annexe.**

L'approche retenue pour le dimensionnement du système de brumisation repose d'une part sur un modèle analytique permettant de déterminer la température et l'humidité de l'air en aval de la brumisation, dont les résultats sont confortés par des essais sur maquettes, et d'autre part sur des calculs permettant de déterminer la température maximale atteinte dans les locaux.

Lors de l'expertise, l'IRSN a estimé que les essais réalisés sur maquettes et les essais de requalification actuellement prévus par EDF n'étaient pas suffisants pour valider la performance du système de brumisation dans l'ensemble des situations du référentiel « grands chauds » qui le requièrent. **Sur ce point, EDF s'est engagé à réaliser des essais et des mesures complémentaires sur les deux sites de Chooz et de Civaux afin de mieux apprécier la performance réelle de la brumisation dans les configurations de fonctionnement proches de celles du référentiel « grands chauds » (température extérieure élevée, fonctionnement des diesels), ce qui est satisfaisant.** Ces essais permettront en outre de mieux apprécier les incertitudes liées aux études thermiques.

³ JPV : Protection incendie diesels. L'eau provenant du système JPV ne transite pas par la bache de stockage d'eau installée sur le toit du bâtiment dans le cadre de la modification PNPP 4513.

En ce qui concerne les risques de régression pour la sûreté associés à la mise en service de la brumisation, l'IRSN souligne le risque associé à une humidité qui pourrait être trop importante dans les locaux du bâtiment diesel et ainsi remettre en cause la disponibilité des équipements, en particulier des équipements électriques. Bien que l'IRSN estime satisfaisante la mise en œuvre par EDF d'une démarche spécifique pour prendre en compte ce risque dans le dimensionnement de la modification, cette dernière n'apparaît pas suffisante pour conclure à l'absence de risque. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 5 en annexe.**

Vis-à-vis des risques associés à la présence d'eau dans les gaines de ventilation et aux possibles aspersion des équipements présents dans les locaux du bâtiment diesel qui pourraient résulter de la mise en service de la brumisation, EDF s'est engagé à mettre en œuvre les dispositions de protection complémentaires des équipements qui pourraient s'avérer nécessaires. **Cet engagement d'EDF est satisfaisant.**

Pour ce qui concerne les risques de régression pour la sûreté en cas d'agressions, induits par l'implantation de la modification, les éléments fournis vis-à-vis du séisme, de la tornade ainsi que de la tenue de la toiture, n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN. Pour ce qui concerne les « grands vents », EDF doit encore vérifier que la bâche n'est pas susceptible de devenir un projectile pouvant impacter des EIPS situés à l'extérieur des bâtiments. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 6.** De plus, EDF s'est engagé à démontrer l'absence de conséquence en termes d'inondation interne d'une vidange rapide de la bâche située en toiture du bâtiment diesel, **ce qui est satisfaisant.**

Enfin, l'analyse des risques associés à la mise en œuvre de la modification n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN, EDF s'étant notamment engagé à ne réaliser la modification en arrêt de tranche que sur un seul diesel à la fois afin de tenir compte des risques de mode commun.

3.2. MODIFICATION PNPP 4977 « CONDITIONNEMENT THERMIQUE DE LA PINCE VAPEUR »

Afin d'assurer des températures dans les locaux de la pince vapeur du palier N4 compatibles avec les températures admissibles des matériels qui y sont abrités, EDF prévoit de créer des ouvertures latérales en partie basse du bâtiment ainsi qu'en toiture afin de permettre une ventilation naturelle de ces locaux.

L'IRSN considère que la mise en œuvre de cette modification, qui permet d'assurer de manière passive une ventilation de la pince vapeur, constitue une amélioration notable de la sûreté des réacteurs du palier N4.

Toutefois, EDF n'a pas pris en compte les effets du rayonnement solaire et du vieillissement des matériels pour dimensionner le débit de ventilation naturelle. Sur ces points, EDF s'est engagé à fournir, en septembre 2021, des analyses et des études de sensibilité complémentaires, ce qui est satisfaisant. Par ailleurs, l'IRSN considère qu'EDF doit conforter les résultats de ses études thermiques par la réalisation de mesures de température dans la pince vapeur. **À cet égard, l'IRSN formule la recommandation n° 7 en annexe.**

3.3. MODIFICATION PNPP 4252A « REMPLACEMENT DES GROUPES DEL »

En anticipation du déploiement du référentiel « grands chauds » sur les réacteurs du palier N4 lors de leur deuxième visite décennale et pour se conformer à la réglementation environnementale sur l'utilisation des fluides frigorigènes, EDF a remplacé en 2014 les groupes froids DEL existants, alimentant en eau glacée les systèmes de ventilation DVC⁴, DVL⁵ et DVZ⁶, par des groupes froids délivrant une puissance frigorifique plus importante.

⁴ DVC : Conditionnement de la salle de commande et des locaux annexes.

⁵ DVL : Ventilation des locaux équipements et électroniques des voies A et N du bâtiment électrique (BL).

⁶ DVZ : Ventilation des locaux équipements, électroniques et des entrepôts de la voie B du BL.

L'IRSN a analysé la suffisance de cette modification vis-à-vis du conditionnement thermique des locaux assuré par les systèmes de ventilation desservis. **L'IRSN estime que le caractère suffisant de la modification a été démontré.**

3.4. MODIFICATION PNPP 4130A « REMPLACEMENT DES GROUPES DEG ET DES BATTERIES FROIDES EVR »

Afin d'augmenter la puissance des batteries froides EVR⁷ et la puissance frigorifique des groupes DEG⁸, EDF a remplacé ces équipements sur les réacteurs du site de Chooz et a prévu un remplacement de ces équipements sur les réacteurs du site de Civaux. L'IRSN a analysé la suffisance de cette modification vis-à-vis du conditionnement thermique des locaux assuré par les systèmes de ventilation desservis. **L'IRSN estime que le caractère suffisant de la modification a été démontré.**

3.5. MODIFICATION PNPE 4027 « CONDITIONNEMENT DES LOCAUX ELECTRIQUES DES BATIMENTS DES BASSINS SEC DU SITE DE CIVAUX »

Afin d'assurer des températures dans les locaux électriques des bâtiments des bassins SEC⁹ du site de Civaux compatibles avec les températures admissibles des matériels qui y sont abrités, EDF prévoit d'appliquer un revêtement réfléchissant en toiture et de la peinture blanche sur les murs des bâtiments, permettant ainsi la réduction des effets du rayonnement solaire. L'IRSN a analysé la qualification du revêtement et de la peinture. Il en a conclu qu'elle était acquise mais qu'EDF devait s'assurer du maintien dans le temps des valeurs du coefficient d'absorption, ainsi que de l'émissivité du revêtement et de la peinture. Sur ce point, EDF s'est engagé à réaliser, à l'échéance de mars 2022, l'analyse des éprouvettes laissées en place sur le site de Civaux et à adapter, le cas échéant, l'entretien prévu dans son programme de maintenance, **ce qui est satisfaisant.**

4. CONCLUSION

L'IRSN note que la déclinaison du référentiel « grands chauds » sur les réacteurs du palier N4 dans le cadre de leur deuxième réexamen périodique a conduit EDF à proposer plusieurs modifications qui permettront de renforcer la robustesse de ces réacteurs dans les situations de températures extérieures élevées.

Néanmoins, le caractère suffisant du périmètre des évolutions envisagées est difficile à apprécier au regard du nombre important d'équipements à fort enjeu de sûreté présentant de faibles marges entre leurs températures admissibles et la température atteinte dans les locaux les abritant, ainsi que des incertitudes inhérentes aux études thermiques. Ceci fait l'objet d'une recommandation.

En ce qui concerne la modification de brumisation des bâtiments diesels, l'IRSN considère que des compléments substantiels sont encore nécessaires de la part d'EDF pour justifier le caractère suffisant de la modification ainsi que l'absence de régression associée à son exploitation. Ceci fait l'objet de recommandations. À cet égard, l'IRSN souligne que les résultats des essais qu'EDF s'est engagé à réaliser sur les sites de Chooz et de Civaux constitueront également des éléments d'appréciation des marges disponibles vis-à-vis de la température et de l'humidité maximales admissibles pour les équipements présents dans les locaux électriques, le hall diesel et son sous-sol ainsi que les locaux abritant les ventilateurs d'extraction DVD.

⁷ EVR : Ventilation continue du bâtiment réacteur et du puits de cuve.

⁸ DEG : Distribution et de production d'eau glacée.

⁹ SEC : Eau brute secourue.

Enfin, l'IRSN considère que les remplacements des groupes froids DEL, DEG et des batteries froides EVR, la mise en place de revêtement et de peinture au niveau des locaux électriques des bassins SEC du site de Civaux ainsi que d'une ventilation naturelle de la pince vapeur constituent des améliorations notables de la sûreté des réacteurs du palier N4 en période de températures extérieures élevées.

La performance attendue de la ventilation naturelle de la pince vapeur doit toutefois être confortée par la réalisation de mesures sur site. Ceci fait l'objet d'une recommandation.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2021-00127 DU 9 JUILLET 2021

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF réviser dans les meilleurs délais les études thermiques des réacteurs du palier N4, dans l'objectif d'apprécier les marges existantes sur la tenue en température des équipements importants pour la sûreté.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que, pour les locaux des ventilateurs d'extraction DVD et les sous-sols des halls diesels des réacteurs des sites de Chooz et de Civaux, EDF recherche et mette en œuvre des dispositions permettant de respecter, dans les situations de redimensionnement du référentiel « grands chauds », la Td des équipements qu'ils abritent ou à défaut de garantir une marge suffisante par rapport à leur Tr.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande qu'EDF mette en place des dispositions permettant d'assurer la disponibilité de la brumisation des locaux des bâtiments diesels des réacteurs du site de Civaux sur une durée minimale de 10 jours, afin de respecter la Td des EIPS pour le scénario pénalisant en redimensionnement du référentiel « grands chauds ». L'ajout d'un raccordement du système JPV sur le site de Civaux, à l'instar de ce qu'EDF a prévu sur le site de Chooz, est notamment à examiner.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande que les matériels du système de brumisation (y compris son système d'appoint en eau) soient classés de sûreté et bénéficient d'exigences de surveillance en exploitation adéquates (en particulier au titre des chapitres 3 et 9 des règles générales d'exploitation) afin que la Td des matériels nécessaires au bon fonctionnement des diesels des réacteurs du palier N4, situés dans les halls diesels et les locaux électriques, soit respectée dans les situations de redimensionnement du référentiel « grands chauds ».

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande qu'EDF démontre la disponibilité des matériels présents dans les locaux des bâtiments diesels des réacteurs du palier N4 pour des conditions d'humidité notablement supérieures au critère RCC-E de 70 % d'humidité relative sur une durée représentative des conditions de fonctionnement de la brumisation pour les situations du référentiel « grands chauds ». Cette démonstration devra s'appuyer sur des essais représentatifs.

Recommandation n° 6

L'IRSN recommande qu'EDF justifie que la bâche implantée en toiture du bâtiment diesel des réacteurs du palier N4 dans le cadre de la modification de brumisation n'est pas susceptible d'être un projectile en cas de « grands vents » pouvant aggraver des EIPS situés à l'extérieur des bâtiments.

Recommandation n° 7

Afin de démontrer le caractère suffisant de la modification PNPP 4977 relative au conditionnement thermique de la pince vapeur des réacteurs du palier N4, l'IRSN recommande qu'EDF complète le programme d'études qu'il s'est engagé à réaliser par la réalisation, en période de température extérieure élevée, de mesures de température au plus près des matériels classés de sûreté. Les résultats des études devront être confortés par les mesures ainsi relevées.