

**GROUPE PERMANENT D'EXPERTS
POUR LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES**

**AVIS RELATIF AU BILAN DE LA PHASE GÉNÉRIQUE DU
QUATRIÈME REEXAMEN PÉRIODIQUE DES RÉACTEURS DE
1300 MWE D'EDF**

Réunion tenue à Montrouge et en visioconférence les 29 et 30 avril 2025

I

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), notifiée par la lettre référencée CODEP-DCN-2025-023413 du 8 avril 2025, le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) s'est réuni les 29 et 30 avril 2025, avec la participation de membres du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GP ESPN), pour examiner le bilan de la phase générique du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, sur la base, d'une part de l'ensemble des instructions et expertises qui ont été menées par l'ASN et l'IRSN de 2020 à 2024, d'autre part des réunions de ces groupes permanents consacrées aux thématiques suivantes :

- les études des accidents sans fusion du cœur et la piscine d'entreposage du combustible ;
- la capacité des installations à résister aux agressions d'origine interne ou externe ;
- la gestion des accidents avec fusion du cœur ;
- les équipements sous pression nucléaires.

II

Le groupe permanent a examiné le caractère suffisant, du point de vue de la sûreté et au regard des objectifs définis lors de la phase d'orientation du réexamen par la lettre de l'ASN référencée CODEP-DCN-2019-009228 du 11 décembre 2019, des dispositions identifiées à l'issue de la phase générique du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, compte tenu :

- des études réalisées par EDF ;
- des engagements pris par EDF ;
- des éléments que les services instructeurs de l'ASNR proposent de prescrire.

Les projets de prescriptions et de demandes proposés par les services instructeurs de l'ASNR figurent dans le projet de rapport transmis au groupe permanent. En accord avec l'ASNR, le groupe permanent ne se prononce pas sur les demandes proposées.

III

Conformité des installations et maîtrise du vieillissement

La conformité des installations et la maîtrise de leur vieillissement ont fait l'objet d'un avis du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires en 2018 et d'avis du groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires en 2018 et en décembre 2024.

Le groupe permanent rappelle que la conformité des installations aux règles qui leur sont applicables est essentielle à leur sûreté. Elle repose sur les actions de contrôle mises en œuvre au cours de la construction et de l'exploitation des installations et fait l'objet d'une vérification lors des réexamens périodiques, dont elle constitue un objectif majeur. La maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence participe à cette action de maintien de la conformité.

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, EDF a prévu de mettre en œuvre un programme de vérification de la conformité des installations qui vise notamment à s'assurer de la bonne application des programmes de maintenance préventive existants. EDF a par ailleurs prévu des visites de terrain réalisées par des équipes pluridisciplinaires dans certains locaux comportant des systèmes importants pour la sûreté nécessaires en situation accidentelle pour l'atteinte et le maintien des installations dans un état sûr. Le quatrième réexamen périodique a également été l'occasion de réanalyser la conformité de certains matériels ou de certains systèmes au regard de leurs exigences de sûreté. À ce titre, EDF a en particulier vérifié :

- la capacité des groupes électrogènes de secours à fournir la puissance électrique requise, dans les situations de température extérieure élevée considérées dans la démonstration de sûreté ;
- la fiabilité de la fonction de recirculation de l'eau en cas d'accident de perte de réfrigérant primaire. EDF s'est engagée à améliorer la fiabilité de cette fonction en réduisant le volume de débris susceptibles d'être transportés par l'eau et donc les risques de colmatage qu'ils induisent. A cet égard, le groupe permanent relève qu'un dossier justifiant la suffisance des dispositions prévues est en cours d'examen par l'ASNR.

Pour compléter les actions prévues pour vérifier le maintien de la conformité des installations après une quarantaine d'années de fonctionnement, EDF s'est engagée à réaliser des essais particuliers sur des équipements importants pour la sûreté.

Par ailleurs, EDF a mis en place, depuis le troisième réexamen périodique, une démarche de maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence des matériels. Cette démarche repose sur une analyse générique du vieillissement et de ses conséquences, sur une veille régulière et sur une déclinaison locale spécifique à chaque installation, notamment lors de sa visite décennale.

Pour justifier la résistance des cuves de réacteur, EDF a réalisé des études de résistance à la rupture brutale en tenant compte de l'évolution des caractéristiques des matériaux et effectuera des contrôles pour s'assurer de l'absence de défaut préjudiciable dans la zone de cœur des cuves lors de la visite décennale de chaque réacteur. Le groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires a considéré dans son avis de décembre 2024 que les études réalisées permettent de justifier l'absence de risque de rupture brutale dans la zone de cœur des cuves des réacteurs de 1300 MWe pendant la période de dix ans après la quatrième visite décennale. Le dossier relatif à la cuve du réacteur 1 de Penly doit toutefois faire l'objet de compléments avant la visite décennale de ce réacteur prévue en 2031, pour tenir compte de certains résultats issus de son programme de suivi de l'irradiation différents de l'attendu.

La démarche mise en œuvre par EDF pour justifier le comportement des équipements des circuits primaire et secondaires (dossiers de référence réglementaires) est satisfaisante. En particulier, la démarche d'évaluation des zones sensibles à la rupture brutale est adaptée aux enjeux.

EDF poursuit ses études sur le vieillissement thermique des produits moulés du circuit primaire principal dans le cadre du réexamen. Des calculs sont en cours pour confirmer la justification mécanique d'un coude du réacteur 2 de Paluel pour la période de dix ans après sa quatrième visite décennale.

Le groupe permanent rappelle en outre qu'EDF poursuit la mise en œuvre de son plan d'action relatif aux circuits auxiliaires du circuit primaire principal concernés par le phénomène de corrosion sous contrainte décelé en 2021.

EDF a réévalué la performance de la troisième barrière de confinement des réacteurs de 1300 MWe. Le groupe permanent considère que la surveillance des enceintes de confinement et de leur comportement est satisfaisante. Elle nécessite certains compléments, notamment en ce qui concerne la double enveloppe des systèmes d'injection de sécurité (RIS) et d'aspersion d'eau dans l'enceinte (EAS). Cependant, la justification de la performance du confinement en situation d'accident grave doit être complétée.

Ainsi, s'agissant des joints du tampon d'accès des matériels, le groupe permanent considère que la justification de leur étanchéité en situation d'accident grave est fondamentale pour le respect des objectifs du réexamen. De plus, s'agissant de l'enceinte de confinement et de ses systèmes associés, le groupe permanent considère qu'EDF doit réexaminer la performance du confinement en situation d'accident grave. Dans ce cadre, EDF devra notamment poursuivre les actions de caractérisation du comportement des revêtements d'étanchéité de la paroi interne de l'enceinte de confinement.

Enfin, en cas de détection d'un écart de conformité, EDF s'est engagée à privilégier la remise en conformité plutôt que la justification du maintien en l'état. En particulier, EDF a prévu de résorber au plus tard lors de la quatrième visite décennale de chaque réacteur les écarts ayant un impact sur la sûreté et la protection de l'environnement qui auront été identifiés préalablement à cette visite décennale, ce que le groupe permanent juge satisfaisant. Les écarts détectés au cours de la visite décennale seront corrigés dès que possible, en tenant compte de leur importance.

En conclusion, le groupe permanent estime que le programme d'EDF pour vérifier la conformité de ses installations dans le cadre de leur quatrième réexamen périodique, complété par les prescriptions présentées dans le projet de rapport, est satisfaisant. La déclinaison de ce programme pour chaque installation devra faire l'objet d'une attention particulière de la part d'EDF.

Le groupe permanent considère que le programme de contrôle et les vérifications prévus par EDF, complétés par le respect des prescriptions présentées dans le projet de rapport, devraient permettre d'atteindre les objectifs visés pour le réexamen.

Amélioration de la prise en compte des agressions

La prise en compte de certaines agressions a fait l'objet d'un avis du groupe permanent en juillet 2024.

Le groupe permanent précise qu'il n'a pas pu procéder, sauf exceptions, à l'examen des modifications prévues par EDF lorsque les dispositions de protection existantes sont jugées insuffisantes. En effet, ces modifications n'ont pas été définies suffisamment tôt par EDF pour permettre leur examen.

Le quatrième réexamen périodique a été l'occasion de s'assurer de la prise en compte des niveaux de référence publiés en 2014 et en 2021 par l'association WENRA, et d'examiner la sensibilité des études d'agression des réacteurs de 1300 MWe aux délais avant la première intervention des opérateurs retenus dans les études du réacteur EPR de Flamanville.

EDF a intégré, dans ses études d'agression, l'évaluation des conséquences de défaillance d'équipements, soit en montrant que ces conséquences sont acceptables, soit en renforçant si nécessaire les dispositions de conception et d'exploitation. Le groupe permanent considère que cette démarche constitue une amélioration notable par rapport aux précédents réexamens périodiques et permet d'accroître la robustesse des installations.

EDF a réévalué, pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, les caractéristiques des agressions naturelles considérées ainsi que les dispositions prévues pour y faire face. Pour l'inondation d'origine externe, cette réévaluation concerne actuellement les sites de Paluel, Cattenom et Saint-Alban, qui sont les premiers concernés par ce quatrième réexamen périodique.

Le groupe permanent considère que les niveaux réévalués des aléas dont il disposait lors de son examen, sont acceptables.

Pour les agressions climatiques, EDF met en place une veille quinquennale ayant pour objectif de détecter les éventuelles évolutions de tendance et une surveillance en continu de l'atteinte de critères déclenchant une analyse approfondie, afin de vérifier la robustesse des installations entre deux réexamens.

Pour la maîtrise des risques liés aux températures extérieures élevées, le groupe permanent estime que les études thermiques effectuées par EDF sont acceptables en l'état des outils de calcul utilisés. A cet égard, le groupe permanent note avec satisfaction qu'EDF a engagé des actions pour améliorer la représentativité physique des études thermiques. Par ailleurs, pour les situations de perte totale des alimentations électriques et de perte de la source froide, EDF a transmis une analyse qualitative qui doit être complétée.

Pour la maîtrise des risques liés à l'incendie, le groupe permanent estime que les études effectuées par EDF sont satisfaisantes et que des modifications d'amélioration de la sûreté des installations ont été identifiées. A cet égard, le groupe permanent souligne qu'EDF prévoit d'intégrer les entreposages transitoires de matières combustibles dans ces études. Le groupe permanent rappelle que la maîtrise de ces risques repose particulièrement sur la rigueur d'exploitation sur le terrain.

Pour la maîtrise des risques liés à l'explosion, le groupe permanent relève avec satisfaction qu'EDF a élargi le périmètre de ses études, dans la mesure où elle a étudié leurs conséquences et a considéré que les fuites des tuyauteries de fluides hydrogénés pouvaient survenir, non seulement au droit des singularités, mais également en portion courante. EDF s'est engagée à justifier que le périmètre des cibles de sûreté retenues dans ses études des risques liés aux explosions permet d'assurer le repli et le maintien dans un état sûr des réacteurs, ce que le groupe permanent juge satisfaisant.

Pour la maîtrise des risques liés aux inondations internes et aux ruptures de tuyauterie à haute énergie, le groupe permanent relève que des compléments d'études restent attendus, notamment pour garantir la cohérence de la démonstration apportée avec l'état réel des installations. Par ailleurs, EDF s'est engagée à mener une analyse afin d'identifier les vannes présentant le plus d'enjeux pour la sûreté et à définir les exigences à leur imposer.

Pour les autres agressions, les méthodes et hypothèses retenues par EDF pour réaliser ses études n'appellent pas de remarque du groupe permanent.

Enfin, EDF a réalisé des études permettant d'apporter un éclairage probabiliste à l'égard de l'atteinte des objectifs du réexamen concernant les agressions associées aux incendies, aux explosions, aux inondations d'origine interne, aux séismes, aux vents extrêmes, à la canicule et aux inondations d'origine externe. Le groupe permanent relève que cet éclairage a permis d'identifier des modifications complémentaires à mettre en œuvre.

Le groupe permanent souligne l'important travail réalisé par EDF pour mettre à jour l'ensemble des études d'agression. Certaines études ont conduit EDF à définir des modifications ; des compléments d'études sont encore nécessaires afin d'apprécier si des dispositions supplémentaires doivent être mises en œuvre. Le groupe permanent considère que l'ensemble de ces modifications, complété par le respect des prescriptions présentées dans le projet de rapport, constituera dans l'ensemble une amélioration notable de la maîtrise des risques liés aux agressions, et devrait permettre d'atteindre les objectifs visés pour le réexamen.

Les études d'accident sans fusion du cœur

Les études d'accident sans fusion du cœur ont fait l'objet d'un avis du groupe permanent en décembre 2024.

EDF a réalisé un important travail de reprise de l'ensemble de ces études (études de dimensionnement, études du domaine complémentaire et études dites justificatives particulières), en appliquant de nouveaux référentiels et en intégrant les enseignements des instructions précédentes, qui permet d'aboutir à un référentiel stabilisé.

Le groupe permanent considère que les modifications prévues par EDF devraient permettre de limiter les conséquences radiologiques, à court, moyen et long terme, des accidents étudiés dans le rapport de sûreté. Les évaluations réalisées conduisent à des conséquences ne nécessitant pas la mise en œuvre de mesures de protection des populations.

Par ailleurs, les études probabilistes de sûreté réalisées pour les événements internes montrent que, compte tenu des modifications qui seront mises en œuvre, les probabilités de fusion du cœur sont acceptables au regard de l'objectif de sûreté fixé pour le réexamen périodique. Toutefois, le groupe permanent considère que l'évaluation du risque de surpression à froid dans les états où le circuit de refroidissement à l'arrêt (RRA) est connecté au circuit primaire ne permet pas son élimination pratique. Il estime qu'EDF devra apporter les modifications nécessaires.

Le groupe permanent estime que les modifications issues de ces études réévaluées devraient permettre l'atteinte des objectifs du réexamen, à savoir l'absence de nécessité de mise en œuvre de mesures de protection des populations pour les situations d'accident sans fusion du cœur et l'amélioration de la prévention des accidents avec fusion du cœur.

La sûreté de la piscine d'entreposage du combustible

La sûreté de la piscine d'entreposage du combustible a fait l'objet d'un avis du groupe permanent en décembre 2024.

À l'issue du déploiement des modifications prévues dans le cadre du quatrième réexamen, la piscine d'entreposage du combustible disposera d'un système de refroidissement complémentaire diversifié (PTRbis), d'un système d'appoint en eau (SEG-ND) et d'une source d'eau ultime.

Le groupe permanent estime que ces moyens, qui appartiennent au « noyau dur », sont de nature à rendre extrêmement improbable le risque de découverture du combustible et devraient permettre, dans la plupart des situations considérées, d'atteindre un état final après accident sans ébullition de la piscine.

De plus, EDF s'est engagée à traiter dans la démonstration de sûreté les situations accidentelles considérées pour le dimensionnement de la piscine d'entreposage du combustible du réacteur EPR de Flamanville, à l'exception d'un nombre limité de situations. Le groupe permanent rappelle que, pour ces nouvelles situations accidentelles introduites dans le rapport de sûreté, l'objectif est l'atteinte d'un refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible sans ébullition. Il note que les modalités de démonstration associées sont en cours de définition.

EDF a par ailleurs réévalué les risques associés aux incendies, aux explosions, aux inondations d'origine interne et aux collisions et chutes de charge survenant dans le bâtiment du combustible. Ces études ont conduit à la définition de modifications des installations pour prévenir les risques de perte, par mode commun, des moyens de refroidissement ou d'injection d'eau dans la piscine.

EDF a examiné les conséquences de la chute d'un aéronef représentatif de l'aviation générale sur le bâtiment du combustible. EDF conclut que la chute d'un tel aéronef n'entraîne pas de situation qui pourrait conduire à la fusion des assemblages combustibles qui y sont entreposés. Le groupe permanent note que cette étude est en cours d'analyse par l'ASNR.

Le quatrième réexamen périodique a enfin été l'occasion d'apporter un éclairage probabiliste qui a permis d'identifier des modifications complémentaires à mettre en œuvre.

Le groupe permanent considère que l'ensemble des modifications prévues constitueront des améliorations majeures de la sûreté des piscines d'entreposage du combustible. Les résultats des études et les modifications prévues par EDF, complétés par le respect des prescriptions présentées dans le projet de rapport, devraient permettre de répondre aux objectifs visés pour le réexamen.

La limitation des conséquences des accidents avec fusion du cœur

L'objectif d'amélioration retenu pour le domaine des accidents avec fusion du cœur concerne la limitation des conséquences des accidents. La limitation de ces conséquences a fait l'objet d'un avis du groupe permanent en novembre 2024.

Pour répondre à cet objectif, EDF a défini des améliorations afin :

- d'évacuer la puissance résiduelle, sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir le dispositif de décompression et de filtration de l'enceinte de confinement du bâtiment du réacteur. Cette absence d'éventage permet de limiter les rejets hors de l'enceinte de confinement ;
- d'éviter le risque de percement du béton du radier du bâtiment du réacteur par le corium.

Par ailleurs, EDF prévoit des dispositions de gestion des eaux contaminées.

Les évaluations des conséquences radiologiques des accidents avec fusion du cœur, réalisées en tenant compte de ces améliorations, montrent que de tels accidents nécessiteraient des mesures de protection des populations limitées dans l'espace et dans le temps. Le groupe permanent relève qu'elles seraient moins importantes que celles évaluées dans le cadre du troisième réexamen périodique et estime que la mise en œuvre de dispositions de protection du radier du réacteur et d'une stratégie de gestion d'un accident grave ne nécessitant pas d'ouvrir le dispositif de décompression et de filtration constitue un progrès majeur.

L'éclairage probabiliste confirme l'intérêt des modifications prévues pour réduire le risque de rejets dans l'environnement en cas d'accident ayant conduit à la fusion du cœur.

Le groupe permanent souligne le travail très important réalisé par EDF concernant la limitation des conséquences des accidents avec fusion du cœur et l'ampleur du programme de modifications associé. Ce programme, complété par le respect des prescriptions présentées dans le projet de rapport, permettra des avancées majeures en matière de sûreté et devrait permettre de répondre aux objectifs visés pour le réexamen.

La capacité des intervenants à réaliser les actions prévues en situation d'accident

EDF prévoit de vérifier la capacité des intervenants à accéder aux locaux et à y réaliser les actions requises dans la démonstration de sûreté nucléaire en cas d'accident, d'accident grave ou d'agression.

La capacité réelle des intervenants à réaliser les actions requises dans ces situations fait intervenir la préparation individuelle des diverses catégories d'intervenants et la préparation organisationnelle, en termes de capacité de coordination et de co-activité des équipes concernées. Aussi, le groupe permanent estime que la vérification prévue par EDF doit tenir compte notamment :

- des dimensions individuelle et collective des interventions,
- des conditions d'intervention dans les situations concernées,
- des capacités de résilience des équipes et de l'organisation.

La prise en compte des facteurs organisationnels et humains, à laquelle ces vérifications contribuent, est un élément fondamental de l'efficacité de ces actions.

IV

Les améliorations de la sûreté définies lors du réexamen périodique devront être déclinées sur chaque installation en vue de la poursuite de son fonctionnement.

Le groupe permanent estime que ce déploiement doit être réalisé au plus tôt en tenant compte de l'ampleur des travaux, du nombre d'installations concernées, des capacités industrielles des fournisseurs et des prestataires d'EDF et de la capacité des équipes sur le terrain à intégrer les modifications apportées aux installations. Dans ce cadre, le groupe permanent rappelle l'importance de la mise à jour documentaire à réaliser dans les installations et de la nécessaire formation associée des intervenants, mais aussi de l'entraînement et de l'aguerrissement des équipes qui contribuent à l'augmentation de leur résilience.

Le groupe permanent considère qu'EDF devrait, au fil des réexamens périodiques de réacteur, réaliser une évaluation des dispositions organisationnelles retenues pour la réalisation des modifications et les adapter le cas échéant en fonction des particularités de site.

Le groupe permanent note que l'ASN demande à EDF de réaliser les modifications apportant le plus de bénéfices pour la sûreté dès la visite décennale de chaque réacteur. Les autres améliorations devront être réalisées au plus tard lors du quatrième arrêt programmé pour maintenance et renouvellement du combustible suivant la visite décennale.

V

En conclusion, le groupe permanent souligne les objectifs particulièrement ambitieux assignés au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe et l'importance du travail effectué par EDF dans le cadre de la phase générique pour y répondre. Il relève également l'importance des dispositions d'ores et déjà prévues, qui constituent des améliorations significatives de la sûreté.

Le déploiement complet du « noyau dur » qui sera finalisé lors du quatrième réexamen périodique permettra de limiter le risque de fusion du cœur en cas de situation extrême, de limiter les conséquences d'un accident grave et de réduire le risque de découlement des combustibles entreposés dans la piscine. Ce déploiement constitue une avancée majeure pour la sûreté.

***In fine*, les dispositions prévues par EDF, complétées par le respect des prescriptions présentées dans le projet de rapport et moyennant la prise en compte du présent avis, devraient permettre d'atteindre les objectifs du réexamen et de rapprocher le niveau de sûreté des réacteurs de 1300 MWe de celui des réacteurs de troisième génération de type EPR.**

Le groupe permanent relève que certaines justifications restent à apporter notamment dans le cadre de la phase de réexamen spécifique de chaque réacteur.

Le groupe permanent considère enfin qu'EDF doit veiller tout particulièrement à la qualité de la réalisation des modifications des installations, de la mise à jour de la documentation, et de la formation pour tenir compte de l'ensemble des évolutions introduites lors de ce quatrième réexamen périodique.

Membres du GPR ayant participé à la rédaction de l'avis

M. CHARLES Président
M. SIDANER Vice-président

M. BELLESSA
M. BIGOT
M. CORNU
Mme DEGEYE
M. DEVOS
M. FRANCARD
M. FRESON
M. LORINO
M. MARIGNAC
M. MBONJO
M. MENAGE
M. MIRAUCOURT
M. NEDELEC
M. NICAISE
Mme PICHEREAU
M. RAMBACH
M. RAYMOND
M. ROCHWERGER
M. SEKRI
M. SEVESTRE
M. TASSET
Mme TOMBUYES
M. VINCKE
M. VITTON

Membres du GPESPN ayant participé à la rédaction de l'avis

M. BALAHY
M. BILLON
M. BUISINE
M. CASSAGNES
M. CHALLOT
M. CHAMPIGNY
M. COUPLET
M. GIRAUD
M. GONDARD
M. LOISEAU
M. LONGIN
M. MARIGNAC
M. NEDELEC
M. PERRIN
M. PITOISET
M. PLANTEVIN
M. ROUSSEL