Problèmes et risques du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cattenom

Bilan après 40 ans d'exploitation

Étude réalisée pour Greenpeace Luxembourg

Oda Becker, physicienne diplômée

15 octobre 2026

Table des matières

1 Introduction 5
2 Quatrième réexamen périodique de sûreté (RPS) 7
2.1 Délai de mise en œuvre des mesures requises 8
3 L'évaluation complémentaire de sûreté 8
3.1 Plan d'action national 9
4 Protection insuffisante contre les risques naturels 10
4.1 Séismes 10
4.2 Inondation externe 12
4.3 Événements météorologiques extrêmes 14
5 Défaillance de l'alimentation en électricité ou en eau de refroidissement 17
5.1 Source froide ultime (SFU) 17
5.2 Groupes électrogènes diesel pour l'alimentation électrique de secours (DUS) 17
6 Maîtrise des accidents graves 18
6.1 Mesures prévues en cas d'accident de fusion du cœur 19
6.2 Noyau dur 20
6.3 Force d'intervention nucléaire rapide (FARN) 20
6.4 Traitement des eaux contaminées 21
6.5 Entreposage des éléments combustibles 22
7 Risque lié aux attentats terroristes et au sabotage 23
7.1 Crash aérien ciblé 23
7.2 Nouvelles menaces 25
7.3 Mesures de sécurité 27
8 Vieillissement et limites des mesures correctives 27
8.1 Gestion du vieillissement 28
8.2 Non-conformités de l'installation 30
8.3 Apparition inattendue de corrosion sous contrainte 31
8.4 Lacunes dans les contrôles périodiques 33
8.5 Problèmes liés aux sous-traitants/prestataires externes 34
8.6 Lacunes dans l'analyse des événements 35
8.7 État des bâtiments 36
9 Obsolescence de la conception et limites de la mise à niveau 38
9.1 Lacunes de conception et limites techniques de la mise à niveau 38
9.2 Limites économiques et juridiques des mises à niveau 40
9.3 Perte progressive des connaissances relatives à la conception et à l'exploitation des installations 41

10 Conclusion 41
Bibliographie 42
Annexe 45
Événements liés à la sûreté 45
Événements liés à la sûreté sismique 50

1 Introduction

Contexte et objectif

La centrale nucléaire française de Cattenom est située dans la région Grand Est, dans le département de la Moselle, à environ 7 km au nord de Thionville, sur les rives de la Moselle. La centrale de Cattenom se trouve à proximité immédiate des frontières avec le Luxembourg et l'Allemagne. Environ 1,5 million de personnes vivent dans un rayon de 50 km autour du site. En raison de cette situation frontalière, l'évaluation de la sûreté de la centrale revêt également une importance transfrontalière particulière.

La centrale nucléaire de Cattenom dispose de quatre réacteurs à eau pressurisée (REP) d'une puissance électrique nette de 1 300 MWe chacun. La construction de l'unité 1 a débuté le 29 octobre 1979. La mise en service commerciale a eu lieu le 1er avril 1987 ; les trois autres unités ont été mises en service jusqu'en 1992. L'exploitant et propriétaire de la centrale est la société publique française d'électricité Électricité de France (EDF).

Les quatre réacteurs du site de Cattenom font partie des 20 réacteurs français de la classe des 1 300 MWe, exploités sur huit sites. Ces réacteurs sont classés dans les deux séries P4 et P'4. La conception initiale des réacteurs P4 repose sur une technologie développée par Westinghouse. Framatome en a développé une variante française, désignée sous le nom de série P'4. Au total, douze réacteurs de cette série ont été construits, dont quatre sur le site de Cattenom. Par rapport à la série P4, la série P'4 présente une conception plus complexe, qui a notamment été développée dans le but de réduire les coûts de construction et d'exploitation.

La première criticité du réacteur 1 a eu lieu le 24 octobre 1986 et le premier raccordement au réseau le 13 novembre 1986. Le réacteur approche ainsi de la fin de sa durée de vie prévue de 40 ans. Le quatrième réexamen périodique de sûreté ou, plus précisément, la quatrième visite décennale (VD4) associée au réacteur 1 est prévue pour début 2027. Le réacteur sera à cette occasion arrêté pendant environ six mois ; pendant cette période, des contrôles approfondis, des mesures de maintenance ainsi que des mises à niveau seront effectués. À l'issue de l'examen spécifique à l'installation, EDF présentera un rapport sur les conclusions du réexamen. Ce rapport fera l'objet d'une enquête publique.

Objectif de l'étude

L'objectif de la présente étude est d'examiner les risques, les lacunes et les questions en suspens en matière de sûreté liés à la poursuite de l'exploitation du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cattenom, dans la perspective de la quatrième visite décennale.

La question centrale est de savoir dans quelle mesure les mises à niveau et les mesures de sûreté prévues dans le cadre de la VD4 sont de nature à répondre aux exigences actuelles en matière de sûreté nucléaire. Il s'agit notamment d'examiner dans quelle mesure l'installation continue de satisfaire aux exigences de sûreté applicables en ce qui concerne sa conception technique, ses systèmes liés à la sûreté ainsi que sa résistance aux aléas externes.

Une attention particulière est accordée à l'évaluation du vieillissement de l'installation. En raison de l'âge avancé de l'installation, tant les processus de dégradation liés au vieillissement que la fiabilité à long terme des composants et systèmes liés à la sûreté revêtent une importance particulière. Outre les mécanismes de vieillissement connus, les mécanismes de détérioration récemment identifiés et les nouvelles connaissances en matière de sûreté sont également pris en compte.

Objet de l'étude

L'étude examine tout d'abord les mesures essentielles qui ont été identifiées à la suite des tests de résistance européens menés après l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi en 2011 et qui ont été jugées nécessaires ou pertinentes sur le plan de la sûreté pour les centrales nucléaires françaises. L'accent est mis notamment sur l'analyse de la protection de l'installation contre les événements externes. Cela inclut aussi bien les aléas naturels, tels que les séismes, les inondations ou les phénomènes météorologiques extrêmes, que les menaces anthropiques, c'est-à-dire d'origine humaine, comme les attentats terroristes potentiels.

Par ailleurs, les événements pertinents en matière de sûreté et les nouvelles connaissances sont pris en compte. Cela concerne notamment la corrosion sous contrainte constatée ces dernières années, qui a affecté des systèmes de tuyauterie critiques pour la sûreté sur différents réacteurs français.

Un autre axe d'étude porte sur les événements, incidents et constatations liés à la sûreté qui se sont produits au cours des dix dernières années sur le site ou au réacteur 1. Ceux-ci sont analysés sous l'angle de leur pertinence en matière de sûreté et de l'existence éventuelle de liens systématiques. Une attention particulière est accordée aux dommages et défauts liés au vieillissement, ainsi qu'aux indices de faiblesses potentielles dans les domaines de la maintenance, de la surveillance et de la gestion de la sûreté.

Outre la sûreté technique, la culture de sûreté est donc également prise en compte. L'objectif est de déterminer si les événements récurrents, les défauts constatés ou les écarts révèlent des déficiences systématiques allant au-delà des simples constatations techniques ponctuelles.

Base de données et approche méthodologique

L'étude s'appuie notamment sur des études et analyses publiées concernant la centrale nucléaire de Cattenom, ainsi que sur des documents et avis émanant des autorités de contrôle et des instances techniques françaises compétentes. Les publications de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) revêtent une importance particulière. Il s'agit notamment de rapports d'inspections (inopinées), d'évaluations techniques de sûreté ainsi que de publications relatives aux événements soumis à déclaration et aux écarts constatés.

L'étude adopte délibérément une approche globale. L'objectif n'est pas de procéder à une analyse technique détaillée et exhaustive des différents composants ou systèmes de sûreté, mais de dresser une évaluation synthétique des principales questions de sûreté qui se posent dans la perspective de la poursuite de l'exploitation du réacteur 1 et de la quatrième révision décennale à venir.

L'accent est donc mis sur une vue d'ensemble des aspects techniques, liés au vieillissement et organisationnels. La synthèse des connaissances disponibles vise à dresser un tableau aussi complet que possible de l'état actuel de la sûreté du réacteur n° 1 ainsi que des risques majeurs liés à la poursuite de son exploitation.

La présente étude a été réalisée à la demande de Greenpeace Luxembourg.

2 Quatrième réexamen périodique de sûreté (RPS)

La durée d'exploitation autorisée des centrales nucléaires françaises n'est pas limitée dans le temps. Toutefois, des réexamens périodiques de sûreté (RPS ; visites décennales, VD) sont obligatoires tous les dix ans pour permettre la poursuite de l'exploitation. Le quatrième RPS des réacteurs de 1 300 MWe revêt une importance particulière, car leur conception initiale reposait sur une durée d'exploitation de 40 ans. Une poursuite de l'exploitation au-delà de cette période nécessite une réévaluation des hypothèses de conception ou le remplacement de composants.

Les réacteurs de 1 300 MWe sont exploités aux côtés de réacteurs de troisième génération, dont la conception répond à des exigences de sûreté plus élevées. L'un des objectifs du quatrième RPS consiste à aligner leur niveau de sûreté sur l'état actuel de la technique. Le réacteur EPR de Flamanville 3, qui appartient à la troisième génération de réacteurs, sert ici de référence.

L'ASN a élaboré, en collaboration avec l'IRSN, un guide publié en 2017 sur la conception des réacteurs à eau sous pression, qui traite de la prévention des incidents et des accidents ainsi que de la limitation de leurs conséquences. Bien que ce guide s'applique principalement aux nouveaux réacteurs, ses recommandations peuvent également servir de référence pour apporter des améliorations aux installations existantes, notamment dans le cadre des réexamens périodiques de sûreté. Le Groupe permanent demande donc à EDF d'exposer comment les recommandations seront prises en compte et, le cas échéant, de préciser quelles recommandations ne seront pas mises en œuvre, en motivant ses choix. (GPR 2019) EDF devrait donc également justifier, pour Cattenom, les recommandations qui ne sont pas suivies.

Afin de tirer parti de la standardisation des réacteurs, EDF mène le quatrième RPS en deux phases :

- Phase générique : elle porte sur des questions communes à l'ensemble des réacteurs de 1 300 MWe. Cela permet de regrouper les études relatives à la maîtrise du vieillissement, à la conformité des installations, à la réévaluation de la sûreté ainsi qu'à la conception d'éventuelles mises à niveau.

- Phase spécifique à chaque installation : elle concerne les différents réacteurs et devrait se dérouler entre 2027 et 2035. Elle tiendra compte des particularités de chaque installation et de son site.

En France, une enquête publique est prévue pour chaque réexamen de sûreté spécifique à une installation. Conformément à l'article L. 593-19 du Code de l'environnement, EDF doit présenter un rapport exposant les conclusions du RPS. Pour Cattenom 1 ainsi que Paluel 1 et 2, qui font partie des premiers réacteurs à faire l'objet du quatrième RPS, ce rapport doit être remis au plus tard le 26 octobre 2027.

EDF a présenté les objectifs du quatrième RPS des réacteurs de 1 300 MWe dans un dossier daté du 11 juillet 2017. L'ASN a rendu son avis à ce sujet et a complété ses exigences par courrier du 11 décembre 2019. EDF a ensuite mené les études générales pour l'ensemble des réacteurs de 1 300 MWe et a identifié des mesures complémentaires dont la mise en œuvre est prévue pour chaque réacteur. L'ASNR a examiné ces études et a publié ses conclusions le 1er juillet 2025. À cette occasion, elle a prescrit des mesures complémentaires nécessaires pour atteindre les objectifs de sûreté fixés. (ASNR 2025)

2.1 Délai de mise en œuvre des mesures requises

Les mesures de modernisation nécessaires pour satisfaire aux exigences de l'ASNR en vue de la prolongation de la durée d'exploitation ne seront pas entièrement mises en œuvre pendant les périodes d'arrêt de la VD4 (ci-après dénommée « VD4 »). Deux délais sont prévus pour la mise en œuvre des mesures : soit pendant la quatrième inspection décennale (VD4) du réacteur concerné, soit pendant le quatrième arrêt programmé pour maintenance et renouvellement des assemblages combustibles (W&B) suivant cette inspection. (ASNR 2025)

En outre, il est également possible (en cas de difficultés particulières) de demander à l'ASNR un report de la correction des non-conformités. Il est donc difficile d'estimer à partir de quand Cattenom disposera effectivement du niveau de sûreté prévu pour une prolongation de la durée d'exploitation.

Dans LE DOCUMENT DE L'OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT (2024a), il est recommandé que l'ASNR prenne des mesures pour garantir que les mises à niveau nécessaires à l'amélioration de la sûreté des réacteurs de 1 300 MWe soient réalisées avant le début de l'exploitation à long terme.

Compte tenu des risques existants, la poursuite de l'exploitation de Cattenom 1 au-delà de 40 ans – si tant est qu'elle soit autorisée – ne devrait être autorisée qu'une fois que toutes les mesures de mise à niveau nécessaires auront été mises en œuvre.

3 L'évaluation complémentaire de sûreté

À la suite de l'accident catastrophique de Fukushima en mars 2011, le gouvernement français a lancé une procédure d'évaluations complémentaires de sûreté (ECS) visant à contrôler les centrales nucléaires françaises, conformément à ce qu'exigeait également les « tests de résistance [stress tests] de l'UE » demandé par le Conseil européen (ASN 2011a). Le test de résistance de l'UE porte sur trois domaines de sûreté : les phénomènes naturels (séismes, inondations, événements météorologiques extrêmes), les défaillances de l'alimentation électrique et du système d'évacuation de la chaleur, ainsi que les mesures et procédures en cas d'accidents graves.[1]

Le test de résistance a montré que les centrales nucléaires françaises présentent des lacunes considérables. La protection contre les catastrophes naturelles n'est pas suffisante. Dans les conditions les plus défavorables, des scénarios tels que la défaillance de la source froide ou la perte de l'alimentation électrique pourraient conduire à une fusion du cœur en l'espace de quelques heures. Voici quelques exemples de ces lacunes :

- L'étude probabiliste de sûreté (EPS) ne tient compte ni des séismes ni des accidents liés à la piscine de désactivation.
- Chaque site ne dispose que d'un seul groupe électrogène diesel de secours, qui n'est toutefois pas conçu pour résister aux séismes.
- Les systèmes de détection d'incendie et les installations d'extinction fixes ne disposent pas d'une alimentation électrique de secours assurée par des équipements résistants aux séismes ;

[1] Le test de résistance ne portait que sur une sélection d'événements déclencheurs potentiels (essentiellement des catastrophes naturelles) et sur les conséquences possibles d'un tel événement. Les questions relatives aux attentats terroristes (y compris les crashs d'avions ciblés) et aux cyberattaques n'ont pas été abordées dans ce cadre.

- La protection contre les inondations présente des lacunes considérables ;
- Les phénomènes naturels extrêmes (neige, grêle, foudre et rafales de vent) ne sont pas pris en compte de manière adéquate ;
- Aucun des réacteurs ne dispose d'un source froide alternative ;
- la piscine de désactivation des éléments combustibles usés présente des parois de faible épaisseur.

3.1 Plan d'action national

Les lacunes identifiées doivent être comblées dans le cadre d'un *plan d'action national* (PAN). En décembre 2012, l'ASNR a publié un plan d'action pour la France. Ce plan d'action comprenait, d'une part, des études et, d'autre part, la mise en œuvre de modifications sur les installations. Il a fait l'objet d'un examen par les pairs de l'ENSREG ([2]). L'équipe d'examen par les pairs de l'ENSREG estime que les mesures du Plan d'action national sont appropriées. Elle souligne toutefois que la prise en compte et la mise en œuvre de ces points devraient intervenir dans les plus brefs délais – indépendamment des réexamens périodiques de sûreté (RPS), qui servent habituellement en France de base à l'introduction de nouvelles normes de sûreté. (ENSREG 2015) Cette recommandation n'a toutefois pas été suivie. Après les mises à jour du plan d'action national en 2014 et 2017, le rapport final a été publié en 2020.

Sur la base du test de résistance de la centrale nucléaire de Cattenom, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASNR) a rendu deux décisions. La décision n° 2012-DC-0277 du 26 juin 2012 impose à l'exploitant de la centrale nucléaire de Cattenom des mesures assorties de délais de mise en œuvre. Parallèlement, l'ASNR a, par la lettre CODEP-DCN-2012-020754 du 26 juin 2012, formulé des exigences applicables à toutes les centrales nucléaires françaises. L'une des principales dispositions concerne la mise en œuvre d'un « noyau dur » (Hardened Safety Core - HSC).

L'ASNR a expliqué : « Afin de tenir compte à la fois des contraintes techniques liées à ces grands projets et de la nécessité de mettre en œuvre le plus rapidement possible les améliorations requises après Fukushima, la mise en œuvre a été planifiée en trois phases (ASN 2014) :

- Phase 1 (2012-2015) : mise en œuvre de mesures provisoires ou mobiles
- Phase 2 (2015-2020) : mise en œuvre de mesures techniques et organisationnelles permanentes,
- Phase 3 (à partir de 2019) : complète la phase 2, en vue d'une poursuite de l'exploitation au-delà de 40 ans.

La mise en œuvre concrète des mesures liées à Fukushima a révélé des lacunes : l'objectif d'une inspection réalisée en 2022 était de vérifier la bonne intégration des modifications organisationnelles et techniques issues des phases 1 et 2 du programme de mise à niveau mis en place après l'accident de Fukushima, ainsi que la mise en œuvre des mesures. Il est apparu que la documentation relative à la gestion des équipements d'urgence locaux sur le site de Cattenom n'avait pas été entièrement adaptée aux modifications ; en outre, des améliorations sont nécessaires en ce qui concerne l'applicabilité de certaines procédures d'intervention et les systèmes d'identification des équipements. Enfin, les inspecteurs ont constaté un manque de rigueur lors du contrôle de la pompe mobile à moteur.

[2] Groupe des régulateurs européens de sûreté nucléaire

Les chapitres suivants traitent des principales faiblesses identifiées lors du test de résistance et des mesures correctives prévues.

4 Protection insuffisante contre les risques naturels

4.1 Séismes

Exigences relatives aux analyses sismiques

Le test de résistance de 2011 a révélé que la France n'évaluait pas le séisme de référence selon l'état actuel de la science et de la technique, mais s'appuyait exclusivement sur une approche déterministe. (EDF 2011) La réglementation française sur laquelle repose la conception sismique de la centrale nucléaire de Cattenom n'exigeait pas d'analyse systématique des incertitudes. La procédure prévoyait, quel que soit le site, une majoration d'un degré d'intensité par rapport au séisme historique le plus puissant.

Selon EDF (2011), le séisme historique le plus élevé (Séisme maximal historiquement vraisemblable - SMHV) dans la zone sismique et tectonique « Ardennes-Bassin de Paris » a atteint, pour Cattenom, une intensité de VI sur l'échelle MSK. L'accélération horizontale maximale au sol du séisme de référence est de PGA = 0,12 g. Pour les installations de type P'4, un spectre sismique de référence uniforme, basé sur un spectre de la NRC américaine, a été utilisé. L'accélération horizontale maximale au sol est alors de PGA = 0,15 g.

Analyses probabilistes de l'aléa sismique

L'ENSREG (2012) a recommandé la réalisation d'une analyse probabiliste de l'aléa sismique (PSHA). Le plan national de 2020 a précisé que, dans le cadre des réexamens périodiques de sûreté (RPS) en cours, des études probabilistes devaient être menées pour compléter l'analyse de l'aléa sismique. (ASN 2020a)

En complément des procédures déterministes, des méthodes probabilistes ont été développées et intégrées dans les référentiels. L'AIEA, la WENRA ainsi que l'ASNR se basent sur des événements présentant une probabilité de dépassement de 10^{-4} par an. Les valeurs issues d'une analyse probabiliste des risques sismiques (PSHA) ont été déterminées dans le cadre du troisième RPS à l'aide d'une approche considérée aujourd'hui comme obsolète.

Selon PISTNER et al. (2018), il n'est pas possible, sans études spécifiques au site, d'évaluer de manière définitive si la sûreté requise face à un séisme de référence présentant une probabilité de dépassement de 10^{-4} par an est garantie, compte tenu de toutes les incertitudes et des influences spécifiques au site.

L'OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT (2024) recommande de définir des séismes de référence présentant des fréquences de dépassement ne dépassant pas 10^{-4} par an, sur la base d'analyses de risque spécifiques au site et d'une méthodologie PSHA actualisée. Les courbes de risque devraient être calculées jusqu'à des probabilités de dépassement de 10^{-6} par an, afin de permettre des analyses pour les conditions d'extension de la conception (Design Extension Conditions, DEC) ainsi qu'une prise en compte appropriée des aléas sismiques dans l'analyse de sûreté probabiliste (PSA). Si les réévaluations devaient aboutir à des valeurs plus élevées pour les séismes de référence, des mises à niveau appropriées des systèmes, structures et composants (SSC) importants pour la sûreté seraient nécessaires.

Protection des systèmes contre les séismes

Outre l'insuffisance des analyses sismiques probabilistes, la conception des réacteurs de 1 300 MWe présentait plusieurs faiblesses en matière de protection contre le séisme de référence,notamment au niveau du système d'extinction d'incendie (ASN 2011a). Au cours des dernières années, des lacunes importantes ont en outre été constatées en matière de sécurité sismique de divers composants dans des centrales nucléaires françaises, notamment à la centrale de Cattenom (voir annexe). On ne peut donc pas exclure que d'autres composants ou systèmes présentent également des lacunes. Afin d'identifier et de corriger des défaillances comparables en matière de protection sismique, un examen approfondi de l'ensemble des systèmes de sécurité serait nécessaire.

Cette évaluation générale s'applique à l'ensemble des réacteurs de 1 300 MWe et concerne en particulier le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cattenom. Lors d'une inspection effectuée le 17 mai 2022, il a été constaté que la résistance sismique d'une cuve, justifiée sur le papier, ne pouvait pas être considérée comme garantie sans réserve, compte tenu de la présence de deux écrous non serrés au niveau des ancrages situés à la base de la cuve. Selon l'ASNR, ce constat soulève des questions quant au maintien à long terme de conditions qui avaient été jugées conformes à la réglementation à un moment donné.[3]

Conception sismique du noyau dur

En ce qui concerne les lacunes existantes en matière de conception face aux actions externes, il est fait référence à la mise à niveau prévue du « noyau dur ». Celle-ci n'a pas encore été mise en œuvre, mais l'ASNR a accordé un nouveau délai pour sa réalisation. L'ASNR (2025) exige que l'exploitant procède, au plus tard lors du quatrième arrêt programmé pour le rechargement et le réchauffage (W&B) après la VD4, aux renforcements nécessaires des systèmes, structures et composants afin de garantir la résistance du noyau dur face au risque sismique défini. [RP4-1300-AGR-C]

Le noyau dur doit être conçu de manière à être distinct des installations existantes et à être protégé contre des influences externes plus importantes. Le noyau dur doit résister à des séismes ayant une période de retour de 20 000 ans (probabilité de dépassement de 5×10^{-5} par an).

L'AGENCE FÉDÉRALE ALLEMANDE POUR L'ENVIRONNEMENT (2024) recommande d'examiner si les marges de sécurité résultant de la conception du noyau dur pour des séismes d'une période de retour de 20 000 ans sont suffisantes et conformes aux exigences des niveaux de référence de la WENRA pour les conditions d'extension de la conception (Design Extension Conditions, DEC) (WENRA 2021).

L'IRSN (2023) souligne que le noyau dur doit être conçu de manière à garantir un haut niveau de confiance dans son bon fonctionnement. Les soudures réalisées lors de la fabrication des composants de l'équipement et de leur montage sur site constituent des points critiques susceptibles de compromettre le bon fonctionnement de l'équipement après un séisme extrême. L'IRSN recommande donc de contrôler l'ensemble des soudures des nouveaux composants du noyau dur afin de s'assurer qu'elles présentent une grande robustesse face aux aléas pertinents. Compte tenu de l'expérience d'exploitation acquise à ce jour, il convient également de procéder à un contrôle de l'ensemble des soudures des composants existants du noyau dur.

---

[3] ASNR : INSSN-STR-2022-0802

4.2 Inondation externe

Exigences en matière de protection contre les crues

Au moment du test de résistance de 2011, les exigences relatives à la conception des centrales nucléaires françaises en matière de protection contre les inondations étaient définies dans la règle RFS 1.2.e datant de 1984. La méthodologie appliquée en France pour l'évaluation des inondations externes reposait sur une approche déterministe. Elle se basait sur l'événement historique le plus intense survenu au cours d'une période d'observation donnée – généralement 100 ou 1 000 ans – et était complétée par des marges de sécurité. Aucune analyse probabiliste n'a été réalisée.

L'ASNR a publié en 2013 une nouvelle directive relative à l'évaluation du risque d'inondations externes (ASN 2013). Celle-ci a été élaborée en réponse à l'inondation de la centrale nucléaire du Blayais en 1999, qui avait mis en évidence des lacunes importantes dans la détermination des niveaux d'eau potentiels et des risques d'inondations externes. La directive a introduit des événements supplémentaires dont il faut tenir compte. Il s'agit notamment de l'influence des vents violents sur les niveaux de crue des cours d'eau, de la montée du niveau de la nappe phréatique, des pluies torrentielles et des précipitations persistantes, de la défaillance des composants de l'installation en contact avec l'eau, ainsi que de la survenue d'un raz-de-marée. Pour les épisodes pluvieux, on se base sur un épisode pluvieux centennal, combiné à un niveau d'eau moyen du cours d'eau. Pour les précipitations persistantes, on superpose la précipitation moyenne sur 24 heures à un niveau de crue centennal.

La réglementation française en matière de protection contre les inondations externes ne répond pas entièrement aux exigences de la WENRA (2014 ; 2021). Si la pratique française prend en compte tous les phénomènes et processus essentiels, certains d'entre eux ne sont toutefois évalués qu'à l'aide de périodes de retour nettement plus courtes que celles prévues par la WENRA. Alors que, selon la WENRA, une période de retour de 10 000 ans est en principe requise pour les événements pertinents, les précipitations locales et les vagues, par exemple, ne sont prises en compte qu'avec une période de retour de 100 ans, et les vagues dues au vent avec une période de retour de 1 000 ans.

La directive n° 13 de l'ASNR a été élaborée entre 2005 et 2012 et doit désormais être considérée comme obsolète. Elle ne tient pas compte des documents pertinents de la WENRA datant de 2014/2015, qui ont été élaborés à la suite de l'accident de Fukushima. La directive n° 13 relative à la protection contre les inondations externes ne prend en compte que l'élévation du niveau de la mer comme changement lié au changement climatique. Or, les pluies torrentielles représentent un risque considérable et croissant d'inondations externes.

L'AGENCE FÉDÉRALE ALLEMANDE POUR L'ENVIRONNEMENT (2024) recommande donc de mettre à jour la directive ASNR n° 13 relative à la protection contre les inondations externes et de prendre systématiquement en compte les documents pertinents de la WENRA élaborés à la suite de l'accident de Fukushima (WENRA 2021 ; 2020c). Dans la mesure du possible, les phénomènes pris en compte devraient être déterminés à l'aide d'analyses scientifiques plutôt que par des avis d'experts. Pour les événements de crue pertinents, il convient de retenir des probabilités de dépassement de (10^{-4}). En outre, les événements météorologiques extrêmes résultant du changement climatique devraient être pris en compte de manière appropriée. Cela concerne en particulier les épisodes de fortes pluies locales.

Analyse probabiliste de la protection contre les crues

L'inondation survenue en 1999 à la centrale nucléaire française de Blayais a montré que le risque d'inondations externes n'avait pas été correctement évalué et que des analyses probabilistes faisaient défaut. Les inondations graves étant rares, des analyses probabilistes sont nécessaires pour évaluer de manière adéquate les risques potentiels d'inondation. L'AGENCE FÉDÉRALE ALLEMANDE POUR L'ENVIRONNEMENT (2024) recommande donc de réaliser une analyse probabiliste de sûreté (APS) exhaustive pour les inondations externes, conformément aux recommandations de la WENRA (WENRA 2014 ; 2021 et WENRA 2020c).

Renforcement de la protection contre les crues

Sur la base de cette réévaluation, l'ASNR a exigé un renforcement de la protection contre les crues. Une protection adéquate contre les crues revêtait une importance particulière, car les analyses de l'IRSN réalisées dans le cadre du test de résistance ont montré que, peu après le dépassement du niveau d'eau déterminant pour la crue de référence (DBF), des « effets de seuil » – c'est-à-dire des détériorations soudaines de la situation de sûreté – peuvent se produire. Les travaux de réaménagement visant à garantir des marges de sécurité suffisantes en cas d'inondation devaient être achevés à Cattenom au plus tard le 31 décembre 2015.

Selon le plan d'action national de 2020, les modifications correspondantes ont été réalisées sur tous les sites concernés. (ASN 2020a) Le risque d'inondation augmente toutefois en raison du changement climatique, qui peut provoquer des crues fluviales.

Modifications dans le cadre du 4e RPS

Dans le cadre du 4e RPS, EDF prévoit de vérifier la résilience des réacteurs de 1 300 MWe face aux inondations externes, mais uniquement sur la base des aléas décrits dans la directive ASNR n° 13. EDF souligne que cette vérification a déjà été effectuée pour les sites de Cattenom et de Paluel dans le cadre du 3e RPS et que les études correspondantes ne doivent donc pas être réalisées à nouveau. Cette approche n'est toutefois pas suffisante pour garantir un niveau de sûreté élevé. Les études devraient être actualisées. Cela est d'autant plus important que la directive ASNR n° 13, sur laquelle reposaient les évaluations antérieures, ne correspond plus à l'état actuel de la science et de la technique.

Protection du site (protection contre les inondations par opposition à la protection contre le terrorisme)

La protection du site contre les inondations externes repose principalement sur un système de protection volumétrique périphérique. À Cattenom, des dispositifs de protection bas et très rapprochés assurent une protection contre une vague d'eau pouvant atteindre 35 cm de hauteur.

Une glissière de sécurité en béton avait été installée sur le site dans le cadre des mesures de sécurité contre les véhicules percuteurs. Cette glissière étant imperméable, elle aurait pu, en cas d'inondation externe, entraîner une élévation considérable du niveau de l'eau au-delà des 35 cm prévus. Entre-temps, la glissière de sécurité a été remplacée par des blocs de béton, ce qui a permis de résoudre le problème. Cet écart a fait l'objet d'un rapport d'événement lié à la sûreté daté du 11 juin 2026 : l'absence d'une analyse d'impact préalable à l'installation des dispositifs de protection contre les effractions a conduit à une contradiction concernant le risque d'inondations externes sur le site de Cattenom.[4]

[4] ASNR : INSSN-STR-2026-0956

Les mesures de protection volumétrique doivent faire l'objet d'une inspection et d'un entretien approfondis. À cet effet, l'étanchéité du bâtiment ainsi que celle des murs, des sols, des joints, des passages de câbles, des puits collecteurs et des systèmes de drainage doivent être contrôlées et entretenues, dans la mesure où elles sont pertinentes pour des scénarios d'inondation potentiels. Au plus tard dans le cadre du 4e RPS, les exigences relatives à la surveillance et à l'entretien de la protection volumétrique visant à garantir la protection contre les inondations devraient être réglementées de manière exhaustive. Compte tenu de l'événement susmentionné ayant une incidence sur la sûreté, des formations régulières sur la protection contre les inondations devraient également être organisées.

Protection du noyau dur contre les inondations externes

Il ressort des documents généraux d'EDF relatifs à la protection du noyau dur contre les inondations externes qu'EDF part du principe que la protection volumétrique mise en place à la suite du test de résistance offre des marges de sécurité suffisantes et répond ainsi également aux exigences de protection renforcées pour le noyau dur. L'IRSN (2012) a évalué la méthodologie appliquée par EDF pour déterminer la protection nécessaire du noyau dur contre les inondations externes et a souligné plusieurs lacunes à cet égard. L'ASNR (2025) n'a pas exigé d'études ou de mesures supplémentaires en matière de protection contre les inondations.

L'OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT (2024) recommande de suivre la recommandation de l'IRSN (2012) concernant la protection des installations du noyau dur contre les inondations externes. EDF devrait notamment vérifier s'il est nécessaire d'augmenter les marges de sécurité relatives à la protection des installations du noyau dur contre les inondations. La disponibilité des installations du noyau dur étant cruciale, celles-ci devraient faire l'objet d'une vérification pendant la phase VD4 et le personnel devrait suivre des formations adaptées. En outre, un contrôle régulier des installations du noyau dur devrait être mis en place.

4.3 Événements météorologiques extrêmes

Réglementations

Au moment du test de résistance de 2011, les normes nationales en vigueur à l'époque de la construction des différentes séries de réacteurs (c'est-à-dire dans les années 1970 et 1980) constituaient le fondement réglementaire des évaluations de sûreté relatives aux événements météorologiques extrêmes. Aujourd'hui, celles-ci ne suffisent plus pour évaluer de tels événements. Les niveaux de référence de sûreté de la WENRA (WENRA 2014 ; 2021) constituent une base européenne commune pour la prise en compte des aléas externes. Les exigences réglementaires relatives à l'évaluation des aléas naturels en France ne sont pas entièrement conformes aux niveaux de référence et aux lignes directrices de la WENRA. Sur la base des informations disponibles, il n'est pas clair si les événements météorologiques extrêmes présentant une probabilité d'occurrence de 10^{-4} par an ont déjà été déterminés avec une certitude suffisante ou si cela est prévu pour le 4e réexamen de la sûreté (RPS).

Tendances des phénomènes météorologiques extrêmes

En raison de la hausse de la température moyenne mondiale, le changement climatique modifie la gravité et la fréquence des phénomènes météorologiques tels que les températures extrêmes, les épisodes de fortes pluies et les vents violents. L'un des défis posés par le changement climatique réside dans le fait que les observations antérieures et les modèles de prévision perdent en fiabilité à mesure que le climat évolue et que les conditions deviennent

plus extrêmes. Les évaluations de sûreté en cas de prolongation de la durée d'exploitation doivent tenir compte de cette évolution.

Les études pertinentes prévoient une tendance à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes. Les inondations, sécheresses et tempêtes extrêmes, autrefois rares, se produisent de plus en plus souvent et rendent inefficaces les mesures de protection conçues par l'industrie. Les risques liés au climat pour les centrales nucléaires ne seront ni linéaires ni prévisibles.

Les risques météorologiques et climatiques extrêmes peuvent affecter directement une centrale nucléaire ; leurs effets indirects peuvent également être graves s'ils limitent l'accès à la centrale ou perturbent le réseau électrique (par exemple, des coupures dues à des arbres tombés).

Froid extrême

Les 1er et 2 juin 2023, les études de risque spécifiques relatives au « froid extrême », qui avaient été soumises dans le cadre du quatrième RPS, ont été examinées. Des informations complémentaires sont attendues concernant les modifications prévues au niveau de la source froide ultime, notamment en ce qui concerne les mesures prévues pour la centrale nucléaire de Cattenom afin de faire face à la formation de cristaux de glace (frasil) dans la Moselle. Il est constaté que de le frasil se forme dans la Moselle et pourrait éventuellement nuire au système de filtration fine avant que le prélèvement d'eau ne soit basculé vers le lac du Mirgenbach ; ce dernier n'est pas sujet à la formation de frasil et sert de point de prélèvement d'eau classé en matière de sûreté pour le site.

Les inspecteurs ont en outre constaté que deux essais périodiques – visant à établir et à surveiller la configuration « froid extrême » de l'installation – avaient été déclarés comme menés à bien, alors qu'ils n'avaient pas été entièrement réalisés.[5]

Pluies torrentielles

La directive (obsolète) n° 13 de l'ASN relative à la protection contre les crues externes ne prend en compte que l'élévation du niveau de la mer comme facteur en augmentation en raison du changement climatique. Or, les épisodes de fortes pluies représentent un risque considérable et croissant en matière de crues externes. En raison du changement climatique, on observe de plus en plus fréquemment, dans l'hémisphère nord, des conditions météorologiques persistantes pendant les mois d'été. La persistance de certaines conditions météorologiques peut entraîner des conséquences extrêmes. L'été 2016 a montré qu'une seule configuration météorologique peut déclencher à la fois des précipitations localement intenses accompagnées de crues soudaines et des précipitations régionales entraînant des débordements de cours d'eau. De nombreuses localités ont été touchées de manière totalement inattendue par ces inondations. Des inondations se sont produites presque simultanément en France et dans les pays du Benelux. Cet événement a montré qu'une seule et même situation météorologique pouvait à la fois provoquer des épisodes de fortes pluies localisées accompagnées de crues soudaines et des précipitations à grande échelle (BECKER et al. 2020). La problématique de la combinaison des événements d'inondation n'est pas suffisamment prise en compte ni par EDF ni par l'ASNR. Bien que la conjonction d'une forte pluie centenaire pendant une période de 60 minutes et d'un engorgement des évacuations d'eaux pluviales du réseau d'assainissement puisse entraîner l'inondation de bâtiments essentiels à la sûreté de l'installation, aucune mesure de mise à niveau n'est actuellement prévue pour éviter une telle inondation des zones de sûreté critiques. Au lieu de cela, il est prévu dans un premier temps de réaliser uniquement une

[5] ASNR : INSSN-DCN-2023-0282

analyse de probabilité concernant la survenue d'une telle situation. (OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT 2024)

Études d'impact sur l'exploitation normale

En été, les vagues de chaleur et les faibles niveaux d'eau qui en résultent peuvent obliger à réduire la puissance de certaines installations. En raison des faibles niveaux d'eau de la Moselle et de la Meuse, des réacteurs ont dû être arrêtés à Cattenom.[6]

L'ASNR (2025) exige que soit décrite la vulnérabilité des installations face au changement climatique, notamment en ce qui concerne les rejets thermiques et l'utilisation des ressources en eau. À cet effet, l'exploitant doit rassembler les données actuelles disponibles sur les évolutions hydroclimatiques, en particulier concernant les basses eaux et les températures maximales des cours d'eau. [RP4-1300-INC-B]

L'ASNR nuance cette exigence : en l'absence de changements notables, l'exploitant peut réutiliser les connaissances existantes sur l'environnement, qui doivent figurer dans la description des aspects pertinents de l'état de l'environnement. L'exploitant doit présenter des mesures visant à réduire les impacts environnementaux.

Risques liés aux températures extérieures

En ce qui concerne les risques liés aux températures extérieures, l'ASNR (2025) exige que, au plus tard lors de la VD4, les températures extrêmes associées à une vague de chaleur soient prises en compte ; celles-ci sont définies à l'aide des critères suivants : une fréquence de dépassement annuelle de10^{-2}, tenant compte de l'évolution climatique jusqu'au prochain RPS. Cette évolution climatique tient compte des tendances climatiques applicables à une région pertinente pour le site concerné et des valeurs limites issues des données empiriques pertinentes pour ce site. (RP4-1300-AGR-A)

Il reste à voir si cette exigence sera suffisante pour les dix prochaines années, compte tenu de la vague de chaleur extrême de 2026.

Évaluation des aléas et combinaisons d'aléas

Les types de risques mentionnés dans les différents documents définissant les objectifs du 4e RPS se limitent à un nombre relativement restreint de risques. Cela vaut en particulier pour les risques météorologiques, parmi lesquels ne figurent que les températures extrêmes, les vents violents, les tornades, la neige, la grêle et la foudre. Il est rarement fait référence aux combinaisons de risques. Cela soulève des doutes quant à savoir si tous les risques naturels et d'origine humaine, ainsi que les combinaisons de risques susceptibles d'avoir un impact sur le site de Cattenom, ont été identifiés de manière exhaustive, et si un criblage des risques a été effectué conformément aux niveaux de référence TU2 et TU3 de la WENRA (WENRA 2021). L'OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT (2024) recommande d'exiger, pour le 4e RPS, la preuve que tous les dangers et combinaisons de dangers pertinents pour le site de Cattenom ont été identifiés grâce à une sélection des dangers exhaustive et spécifique au site. DECKER & BRINKMAN (2017) fournissent des informations détaillées sur les combinaisons de dangers.

---

[6] Cattenom arrête un réacteur en raison d'un faible niveau d'eau, 04/08/2026 https://www.tagesschau.de/inland/regional/saarland/sr-cattenom-schaltet-reaktor-wegen-niedrigem-wasserstand-ab-102.html

5 Défaillance de l'alimentation en électricité ou en eau de refroidissement

5.1 Source froide ultime (SFU)

Le test de résistance a mis en évidence que la principale source froide, la Moselle, présentait déjà des lacunes lors du séisme de référence et dans le cas d'une inondation supposée. De manière générale, les pompes et les conduites d'alimentation en eau provenant de la Moselle ne font l'objet d'aucune classification de sûreté.

La centrale nucléaire de Cattenom dispose d'un grand réservoir d'eau (le lac du Mirgenbach, un lac de barrage artificiel) qui sert de source froide de secours. La sécurité de l'évacuation de la chaleur de la centrale nucléaire de Cattenom dépend de manière décisive de la source froide que constitue le lac du Mirgenbach. (MAJER 2012).

En raison des lacunes existantes au niveau de la source froide ultime (SFU) et de l'absence de SFU alternative, l'ASNR a exigé des modifications visant à installer des équipements techniques de secours pour une évacuation de longue durée de la chaleur du réacteur et de la piscine de désactivation des éléments combustibles en cas de défaillance de la source froide ultime (SFU). Ces dispositifs doivent satisfaire aux exigences du « noyau dur » (ECS-16). (ASN 2020a)

Le 20 mai 2025, une inspection sur le thème « Modifications après Fukushima » a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom, qui s'est principalement concentrée sur les nouvelles sources d'eau de secours. Conformément à la prescription technique [ECS-16], le site de Cattenom a été équipé en 2024 d'une source froide ultime permanente. Celle-ci utilise l'eau du lac du Mirgenbach, acheminée via une conduite existante et un nouveau réseau d'alimentation comprenant des installations de pompage et de filtration. Cela vise à garantir, en cas de défaillance du système d'alimentation en eau de secours (SFU) ou de coupure totale de courant, l'alimentation en eau de la piscine de stockage des éléments combustibles ainsi que du réservoir d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG). La mise en service de cette dernière alimentation en eau nécessite, en cas d'accident, l'utilisation de moyens mobiles, principalement des tuyaux, pour chaque réacteur. Les contrôles aléatoires ont révélé que les travaux visant à remédier à certains écarts n'étaient pas encore achevés et que les sources d'eau de secours à Cattenom n'étaient donc pas encore entièrement opérationnelles.[7]

Comme indiqué précédemment, il n'est pas encore certain que le basculement vers le lac du Mirgenbach soit fiable en cas de froid extrême.

5.2 Groupes électrogènes diesel pour l'alimentation électrique de secours (DUS)

Le plan d'action national prévoyait l'installation, d'ici au 31 décembre 2018, d'une alimentation électrique supplémentaire sur chaque site de réacteur afin de disposer d'une source d'alimentation de secours fiable en cas de défaillance de l'alimentation électrique externe. Celle-ci doit être capable d'alimenter les systèmes et composants du « Hardened Safety Core » en cas de défaillance des autres alimentations électriques externes et internes (ECS-18.II). EDF a construit, pour chacun des 56 réacteurs en service, un bâtiment de type « bunker » abritant un groupe électrogène diesel de secours (diesel d'ultime secours - DUS). Malgré les délais de

[7] ASNR : INSSN-STR-2025-0922

mise en œuvre déjà généreusement fixés par l'ASNR, des retards ont continué de s'accumuler dans la réalisation des mises à niveau nécessaires – et ce, malgré des faiblesses considérables et les risques qui en découlent. (ASN 2020a)

Le 28 janvier 2021, une inspection visant à vérifier la conformité des diesels d'ultime secours (DUS) a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom. Ceux-ci avaient été mis en service entre décembre 2019 et septembre 2020, après plusieurs reports. Le contrôle aléatoire a révélé que l'intégration des DUS dans la documentation d'exploitation ne répondait pas encore pleinement aux attentes. De plus, les inspecteurs ont constaté de nombreuses irrégularités sur les quatre DUS de la centrale nucléaire de Cattenom. Pour une partie d'entre eux, des ordres de travail avaient été émis, dont certains n'avaient toujours pas été exécutés bien qu'ils aient été passés il y a plus d'un an. Les procès-verbaux des essais périodiques à pleine charge ont fait état d'un résultat « non satisfaisant » pour le groupe électrogène diesel de secours du réacteur n° 4 en janvier 2021, en raison d'une fuite d'huile au niveau du couvercle supérieur. Une fuite similaire avait provoqué un incendie sur le groupe électrogène diesel de secours de l'unité n° 2 de Flamanville en juin 2022.

6 Maîtrise des accidents graves

Au moment de la conception des réacteurs de 1 300 MWe à Cattenom, au début des années 1970, les exigences de sûreté applicables aux centrales nucléaires étaient nettement moins strictes qu'aujourd'hui. Les enseignements tirés des accidents de Three Mile Island (1979), Tchernobyl (1986) et Fukushima (2011), ainsi que celles tirées des attentats du 11 septembre 2001, qui ont conduit à un renforcement considérable des exigences de sûreté, n'avaient pas encore pu être prises en compte lors de la conception initiale. C'est pourquoi la centrale nucléaire de Cattenom présente des lacunes par rapport aux exigences de sûreté actuelles.

Le test de résistance a mis en évidence de nombreuses lacunes dans la gestion des accidents graves. Ainsi, on n'avait par exemple pas envisagé qu'un événement externe extrême puisse déclencher un accident grave. De ce fait, de nombreux équipements destinés à la maîtrise des accidents graves n'étaient pas conçus pour résister aux séismes. Cela concernait aussi bien les systèmes de dépressurisation filtrée (systèmes U5) que les équipements mobiles. (ASN 2011a)

En réaction à l'accident de Fukushima, la directive de l'UE relative à la sûreté nucléaire a été formulée par la directive 2014/87/Euratom. (UE 2014) Conformément à l'article 8 bis, les centrales nucléaires ayant obtenu un permis de construction depuis 2014 sont soumises à l'objectif fondamental de sûreté consistant à prévenir les accidents et à limiter les conséquences des accidents graves. Il s'agit notamment d'éviter les situations suivantes :

a) des rejets précoces de substances radioactives qui nécessiteraient des mesures d'urgence à l'extérieur du site, pour la mise en œuvre desquelles le temps disponible serait insuffisant ;
b) des rejets importants de substances radioactives qui nécessiteraient des mesures de protection ne pouvant être limitées ni dans l'espace ni dans le temps.

Conformément à l'article 8 bis, paragraphe 2, point b), de la directive, les centrales nucléaires existantes telles que celle de Cattenom doivent faire l'objet d'améliorations de sûreté raisonnablement réalisables afin d'atteindre cet objectif de sûreté.

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique de sûreté (RPS), des systèmes supplémentaires sont prévus pour la maîtrise des accidents de fusion du cœur, ainsi que pour le refroidissement de l'enceinte de confinement et l'évacuation de la chaleur résiduelle.

6.1 Mesures prévues en cas d'accident de fusion du cœur

Le réacteur européen à eau pressurisée (EPR) dispose d'un récupérateur de corium destiné à retenir et à stabiliser le corium, qui vise à empêcher la défaillance de l'enceinte de confinement en cas d'accident grave. Une mise à niveau des réacteurs de Cattenom avec un récupérateur de corium inspiré de l'EPR n'est pas possible en raison de l'espace limité disponible sous la cuve du réacteur. EDF prévoit donc des mesures alternatives pour maîtriser les accidents de fusion du cœur. Celles-ci reposent toutefois sur plusieurs hypothèses, notamment celle selon laquelle le corium se répandrait sur une grande surface et pourrait être refroidi efficacement par inondation par le haut après s'être réparti sur la dalle de fond de l'enceinte de confinement. Le projet de l'OCDE/AEN « Réduction des incertitudes relatives aux accidents graves» (ROSAU)[8] examine l'efficacité de ce système de récupération du corium. Les travaux de recherche ne sont pas encore terminés. (AGENCE FÉDÉRALE DE L'ENVIRONNEMENT 2024a)

L'AGENCE FÉDÉRALE ALLEMANDE POUR L'ENVIRONNEMENT (2024a) recommande d'exiger, avant l'autorisation de l'exploitation à long terme, une validation expérimentale complète ainsi que la démonstration de la transposabilité à Cattenom.

Selon l'ASNR (2025), les systèmes suivants doivent être installés pour maîtriser les accidents de fusion du cœur :

- Un dispositif de stabilisation du corium après que celui-ci s'est répandu sur la dalle de fond du bâtiment du réacteur et a été inondé passivement d'eau. Il doit permettre de contrer une perte d'intégrité de l'enceinte de confinement résultant d'une fusion de la dalle de fond (RP4-1300-AG-A).

- Un nouveau système de sûreté renforcé destiné au refroidissement de l'enceinte de confinement et du corium (EAS-ND), qui permet l'évacuation de la chaleur résiduelle sans recourir au système de dépressurisation filtrée (RP4-1300-AG-B).

Ces deux dispositifs sont prévus depuis une décision de l'ASNR du 21 janvier 2014 et doivent être mis en œuvre au plus tard dans le cadre de la VD4.

Le système de filtration U5 sert à la dépressurisation filtrée de l'enceinte de confinement en cas d'accident grave, lorsque la pression à l'intérieur de celle-ci augmente de manière excessive. Les systèmes de dépressurisation filtrée installés n'étaient toutefois pas conçus pour résister aux séismes. Bien que cette vulnérabilité soit connue depuis 2011, le système de filtration U5 ne doit être renforcé, conformément à la VD4, qu'à l'occasion du quatrième arrêt programmé de W&B, de manière à rester opérationnel même après un séisme de forte magnitude (SMS) (RP4-1300-AG-C).

6.2 Noyau dur

En raison de lacunes de conception des réacteurs de 1 300 MW en matière de redondance, de diversité, de séparation physique et d'interventions manuelles requises de la part du personnel, des dangers internes et externes peuvent entraîner des événements dépassant les bases de conception. Afin de pallier ces faiblesses, il est prévu de mettre en place un « noyau dur » (Hardened Safety Core - HSC) reposant sur des mesures techniques et organisationnelles robustes. Celui-ci doit garantir que le cœur du réacteur et la piscine de désactivation puissent

8 https://oecd-nea.org/jcms/pl_103985/nea-concludes-two-severe-accident-research-projects-plans-further-activities

être refroidis pendant au moins 24 heures. Le noyau dur, qui résulte des situations extrêmes examinées lors des tests de résistance, doit contribuer à prévenir les accidents entraînant une fusion du cœur ou à en limiter l'évolution, à contenir les rejets radioactifs de grande ampleur et à permettre à l'exploitant d'assumer ses responsabilités en matière de gestion des urgences. (ECS-1)

Quinze ans après l'accident de Fukushima, le noyau dur, qui est appelé à jouer un rôle important tant dans la prévention des accidents avec fusion du cœur que dans l'atténuation de leurs conséquences, n'est pas encore entièrement mis en œuvre.

L'ASNR (2025) exige que l'exploitant mette en œuvre toutes les mesures restantes du noyau dur au plus tard lors du quatrième arrêt programmé pour maintenance et renouvellement du combustible après la VD4. [RP4-1300-ND-C] Cela devrait être le cas en 2032.

Deux autres mesures pertinentes liées au noyau dur ne devront être mises en œuvre que plus tard.

- Au plus tard lors de la VD4, l'exploitant doit mettre en œuvre la modification de l'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur et prendre les dispositions nécessaires pour pouvoir remplir à nouveau le réservoir d'eau correspondant à partir de la nouvelle source d'eau de secours. Au plus tard lors du quatrième arrêt programmé pour maintenance et renouvellement du combustible après la VD4, les équipements permettant, en état « noyau dur », l'évacuation de la puissance résiduelle via le circuit secondaire devront faire partie intégrante du noyau dur. [RP4-1300-ND-A]
- Au plus tard lors de la VD4, l'exploitant doit installer un nouveau dispositif d'injection d'urgence pour les joints des pompes de refroidissement primaires. Au plus tard lors du quatrième arrêt programmé pour la maintenance et le renouvellement du combustible après la VD4, ce dispositif doit faire partie intégrante du noyau dur. [RP4-1300-ND-B]

De plus, il n'est pas garanti que le noyau dur, une fois mis en œuvre, réponde, en interaction avec les structures, systèmes et composants (SSC) existants, aux exigences appropriées en matière de résilience face aux dangers extrêmes et à leurs conséquences. Les SSC du noyau dur ne sont pas indépendants des SSC existants. Il n'est donc pas garanti que le noyau dur assure effectivement la protection attendue contre les événements extrêmes. (AGENCE FÉDÉRALE DE L'ENVIRONNEMENT 2024)

6.3 Force d'intervention nucléaire rapide (FARN)

En cas d'accidents durant plus de 24 heures, la force d'intervention nucléaire rapide (FARN) doit être mobilisée. Elle met à disposition des équipements mobiles tels que des groupes électrogènes diesel de secours et des sources d'eau supplémentaires. Sa mission consiste à intervenir dans les 24 heures, à soutenir en permanence les équipes d'intervention sur place et, le cas échéant, à prendre le relais des équipes de quart qui ont déjà commencé à mettre en œuvre les mesures d'urgence sur le site concerné. La FARN se compose d'un centre de commandement et de quatre centres régionaux situés sur les sites des centrales nucléaires de Bugey, Civaux, Dampierre et Paluel.

La mise en œuvre pratique des mesures a toutefois révélé des lacunes. Lors d'une inspection en 2022, les inspecteurs ont constaté que les boulons des brides au niveau des points de raccordement du FARN étaient recouverts d'une couche de rouille et que d'autres zones de ces points de raccordement présentaient également des traces visibles de rouille. Ils ont par ailleurs critiqué le fait qu'une vanne importante située au point de raccordement du FARN dans le

bâtiment de stockage des assemblages combustibles du réacteur n° 4 était fermée pour des raisons d'exploitation. L'ASNR a exprimé des doutes quant à la possibilité de garantir, en cas de besoin et dans les conditions données, le temps d'ouverture et l'accessibilité requis.[9]

Le succès des mesures dépend de la capacité des équipes d'intervention à agir rapidement et de manière ciblée. À ce jour, EDF n'a pas suffisamment démontré que cela pouvait être garanti.

L'exploitant dispose d'un délai allant jusqu'au 31 décembre 2028 pour démontrer que les équipes d'intervention sont en mesure d'atteindre les sites prévus et d'y mettre en œuvre les mesures requises, dans le cadre de la démonstration de la sûreté nucléaire pour une situation de noyau dur, afin d'empêcher une fusion du cœur et d'en limiter les conséquences. D'ici là, l'exploitant doit définir les modifications éventuellement nécessaires et présenter un calendrier correspondant. [RP4-1300-FOH-A]

Des lacunes en matière de gestion de crise ont été constatées à la centrale nucléaire de Cattenom : une inspection inopinée sur le thème « Organisation et gestion de crise », réalisée le 4 juillet 2019, avait pour but de vérifier le bon état et la disponibilité des équipements utilisés lors du déclenchement d'un plan d'urgence interne (PUI – *Plan d'Urgence Interne*). Il a été constaté que les collaborateurs chargés de mettre à disposition les équipements ne faisaient pas partie des personnes désignées à cet effet. De plus, l'inspection a mis en évidence des incohérences au niveau de la formation. Dans l'ensemble, les inspecteurs ont conclu qu'il n'était pas garanti de manière fiable que tous les collaborateurs prévus en cas d'incident puissent être rassemblés dans un délai relativement court afin de rendre les centres de commandement du PUI opérationnels en moins d'une heure.[10]

Indépendamment du fait que la faisabilité des mesures prévues par le noyau dur et la FARN n'a pas encore été pleinement démontrée, celles-ci ne peuvent servir à compenser les lacunes de conception existantes des systèmes de sûreté au niveau de sûreté 3 (maîtrise des accidents de conception) ni constituer une preuve équivalente du respect des exigences de sûreté qui y sont applicables. En particulier, elles ne peuvent se substituer aux systèmes de sûreté requis à ce niveau de sûreté, qui doivent être suffisamment redondants, diversifiés et séparés géographiquement, et qui ont pour but de maîtriser les accidents de conception et d'empêcher une détérioration du cœur.

6.4 Traitement des eaux contaminées

À la suite des enseignements tirés de l'accident de Fukushima, il convenait d'élaborer des mesures pour la gestion des eaux contaminées. Une étude de faisabilité portant sur la mise en place ou la rénovation d'une barrière géotechnique (confinement) ou sur la mise en œuvre de mesures techniques équivalentes devait être réalisée d'ici 2012. L'objectif était d'empêcher, en cas d'accident grave, le passage de la contamination radioactive dans les eaux souterraines. (ECS-27-1) Selon le plan national d'action de 2020, EDF est parvenue à la conclusion qu'une barrière géotechnique n'était pas réalisable à un coût économiquement raisonnable. (ASN 2020a)

L'ASNR (2025) a de nouveau défini, dans le cadre du 4e RPS, des exigences relatives à la gestion des eaux contaminées en cas d'accident de fusion du cœur. Selon ces exigences, EDF doit prendre, au plus tard lors de la VD4, des mesures visant à limiter les fuites d'eau contaminée provenant du bâtiment réacteur et du bâtiment des installations auxiliaires. Au plus tard après le quatrième arrêt programmé pour maintenance et renouvellement du combustible

[9] ASNR : INSSN-STR-2022-0798
[10] ASNR : INSSN-STR-2019-0711

suivant la VD4, l'exploitant doit en outre disposer des moyens nécessaires pour réduire la contamination de l'eau dans le bâtiment réacteur à la suite d'un accident de fusion du cœur. [RP4-1300-AG-D]

6.5 Entreposage des éléments combustibles

Le test de résistance a révélé de nombreuses lacunes concernant les éléments combustibles dans la piscine d'entreposage. Dans un premier temps, quelques mesures limitées ont été mises en œuvre :

- Installation d'un système d'instrumentation étendu pour la surveillance de la température et du niveau de l'eau dans la piscine de désactivation, ainsi que des conditions radiologiques dans le hall du bâtiment des éléments combustibles (ECS-20).
- Renforcement des mesures visant à empêcher une vidange rapide et involontaire des bassins d'entreposage des éléments combustibles (ECS-22).

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique de sûreté (RPS), EDF prévoit la mise en place d'un système (« PTR bis ») reposant en partie sur des équipements mobiles. Celui-ci doit assurer le refroidissement de la piscine à long terme et garantir ainsi un état sans ébullition.

Le système diversifié d'alimentation en eau et de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible ne doit être pleinement mis en œuvre qu'à l'occasion du quatrième arrêt programmé pour le rechargement et le refroidissement après la VD4. Lors de la VD4, l'exploitant mettra d'abord en service tous les composants installés de manière permanente du système d'alimentation en eau de la piscine d'entreposage. [RP4-1300-PISC-A]

Il convient de noter que, de par sa conception, la piscine de désactivation de l'EPR peut être refroidie par trois circuits distincts et indépendants les uns des autres. De plus, la piscine de désactivation de l'EPR est située à l'intérieur de l'enceinte de confinement.

L'ASNR a jugé insuffisante l'étendue de l'étude présentée par EDF concernant les scénarios d'accident possibles dans la piscine de désactivation. Bien qu'elle ait exigé des études complémentaires, l'ASNR a toutefois déjà limité l'ampleur des mises à niveau requises en stipulant que celles-ci devaient être « proportionnées ».

Dans le cadre du quatrième RPS, l'ASNR (2025) a exigé des études supplémentaires sur les accidents concernant la piscine d'entreposage du combustible. Au plus tard lors du quatrième arrêt programmé pour le déchargement et le réassemblage après la VD4, l'exploitant devra traiter les situations suivantes dans un chapitre distinct du rapport de sûreté :

- les situations entraînant une perte partielle ou totale du refroidissement de l'eau ;
- les situations résultant d'une rupture de conduite dans une section isolable reliée à la piscine de stockage du combustible ;
- les situations concernant à la fois la piscine située dans le bâtiment des assemblages combustibles et celle située dans le bâtiment du réacteur.

L'exploitant doit, le cas échéant, apporter les modifications nécessaires. [RP4-1300-PISC-B]

De même, au plus tard lors du quatrième arrêt programmé pour la maintenance et le renouvellement du combustible après la VD4, l'exploitant doit définir et mettre en œuvre les mesures nécessaires afin de réduire le risque d'événements résultant d'une rupture dans la section commune des systèmes de refroidissement et de refroidissement diversifié de la piscine d'entreposage du combustible. En outre, il doit prévoir des mesures de gestion des accidents

permettant, dans de telles situations, d'atteindre à long terme un état sans ébullition. [RP4-1300-PISC-C]

7 Risque lié aux attentats terroristes et au sabotage

7.1 Crash aérien ciblé

À la suite des attentats terroristes de septembre 2001 à New York, la question de la protection des installations nucléaires contre un crash aérien terroriste ciblé a fait l'objet d'une attention accrue. Dans les concepts de réacteurs plus récents, tels que l'EPR, ces impacts sont pris en compte lors de la conception. (WENRA 2013)

Sur la base d'analyses probabilistes portant sur la fréquence des crashs d'avions, on a retenu, pour la centrale nucléaire de Cattenom, le cas d'un crash d'un petit avion civil d'une masse de 5,7 tonnes. Les impacts liés à un crash d'avion pris en compte pour la centrale nucléaire de Cattenom sont donc nettement inférieurs aux hypothèses retenues pour l'EPR, qui incluent également le crash délibéré d'un avion de ligne.

Le cœur du réacteur de la centrale nucléaire de Cattenom est entouré d'une enceinte de confinement à double paroi[11] . L'épaisseur des parois n'est toutefois que d'environ 90 cm. De plus, les bâtiments importants pour la sûreté sont conçus de manière relativement peu résistante aux impacts mécaniques résultant d'un crash d'avion. De plus, les réservoirs contenant des réserves supplémentaires de fluide de refroidissement ne sont pas redondants et sont situés à l'extérieur de l'enceinte de confinement. Contrairement à ce qui existe à la centrale nucléaire de Cattenom, les réserves de fluide de refroidissement du circuit primaire de l'EPR se trouvent à l'intérieur de l'enceinte de confinement. Les zones protégées comprennent, outre le bâtiment du réacteur, la piscine d'entreposage des assemblages combustibles ainsi que d'autres bâtiments abritant des installations indispensables à la sûreté.

En raison de la protection limitée prévue contre un crash d'avion ciblé, la centrale nucléaire de Cattenom court le risque qu'un tel événement entraîne des dommages considérables aux bâtiments et aux systèmes essentiels à la sûreté. PISTNER et al. (2018) évaluent de manière critique la protection de l'installation dans ce contexte.

En cas de crash d'avion, on ne peut exclure que l'enceinte de confinement soit endommagée, ni que les structures du bâtiment situées en dessous et les composants internes de l'installation subissent des dommages. Si, à la suite de l'événement, les systèmes de refroidissement d'urgence, conçus de manière redondante, venaient également à être endommagés ou à voir leur fonctionnement compromis, un accident de fusion du cœur ne pourrait être exclu. Dans un tel scénario d'accident, la destruction du bâtiment du réacteur rendrait sa fonction de confinement inopérante, ce qui entraînerait des rejets importants et précoces de substances radioactives. Or, selon l'objectif de sûreté formulé dans la directive 2014/87/Euratom, cela doit être pratiquement éliminé.

[11] Les enceintes de confinement des réacteurs de 1 300 MWe de Cattenom sont à double paroi : la paroi intérieure en béton précontraint doit résister à la pression en cas de fuite, tandis que la paroi extérieure en béton armé doit résister aux dangers extérieurs. Dans l'espace situé entre les enveloppes intérieure et extérieure en béton, un système de dépression est mis en place afin de retenir la radioactivité. L'étanchéité de l'enceinte de confinement est contrôlée dans le cadre des contrôles de sûreté périodiques.

Les bâtiments destinés au stockage du combustible usé constituent un « point faible » particulier dans les centrales nucléaires françaises – à l'exception de l'EPR. Les piscines d'entreposage du combustible usé se trouvent dans des bâtiments séparés dont la conception structurelle et la résistance aux impacts extérieurs n'offrent pas une protection suffisante. D'après les informations disponibles, ces bâtiments sont dotés d'une toiture métallique mince et, dans leur partie supérieure, de murs en béton d'épaisseur limitée (30 cm) ; au niveau de la piscine d'entreposage, l'épaisseur des murs est d'environ 0,8 à 1 m. Les bâtiments destinés à l'entreposage du combustible usé dans les centrales nucléaires françaises sont bien visibles et constituent donc des cibles relativement faciles en cas d'attaque aérienne.

Un endommagement du bâtiment abritant la piscine d'entreposage à la suite d'un événement externe grave pourrait compromettre l'intégrité de la piscine et le maintien du refroidissement des éléments combustibles usés. La maîtrise d'un tel scénario dépend essentiellement du maintien des stocks d'eau, de la garantie d'une réalimentation suffisante et de la disponibilité des systèmes et installations nécessaires.

L'importance, sur le plan de la sûreté, d'une perte de refroidissement des piscines d'entreposage des éléments combustibles a été particulièrement mise en évidence par l'accident survenu en mars 2011 à la centrale nucléaire japonaise de Fukushima Daiichi. Pour l'évaluation de tels scénarios, la puissance résiduelle des éléments combustibles stockés, le niveau d'eau dans la piscine, l'évacuation de la chaleur et l'évolution temporelle des températures du combustible sont déterminants. Les éléments combustibles qui ont été déchargés du cœur du réacteur il y a relativement peu de temps revêtent une importance particulière, car ils génèrent davantage de chaleur que les éléments entreposés depuis plus longtemps en raison de leur puissance résiduelle plus élevée.

Si l'eau s'écoule et qu'il n'est pas possible de la renouveler, cela peut entraîner, en l'espace de quelques heures, d'importants rejets radioactifs. Les éléments combustibles qui viennent d'être retirés du réacteur génèrent une quantité de chaleur relativement importante et peuvent atteindre une température de 900 °C en quelques heures.[12] À cette température, la gaine des éléments combustibles, composée de zircaloy, brûlerait au contact de l'air. L'incendie est très intense et ne peut être éteint avec de l'eau. À l'intérieur de la piscine de désactivation, il pourrait se propager aux éléments combustibles plus anciens. De cette manière, l'ensemble du stock de la piscine de désactivation pourrait fondre. (HIPPEL 2016) Dans cette situation, la population devrait être évacuée dans les plus brefs délais.

Il n'existe aucune étude sur les conséquences d'un crash d'avion délibéré sur une installation nucléaire française (bâtiment réacteur ou bâtiment de la piscine de désactivation). Il est toutefois possible de tirer certaines conclusions d'études menées dans d'autres pays – comme l'Allemagne –, ainsi que de formuler des réflexions générales sur les répercussions possibles d'un tel crash. Une étude générale commandée par le ministère fédéral allemand de l'Environnement (BMU) a montré que même un petit avion de ligne (par exemple un Airbus A320) causerait de graves dommages au bâtiment du réacteur – dont l'épaisseur des murs est comprise entre 0,6 et 1 mètre. (BMU 2002) EDF a également étudié les conséquences d'un crash d'un avion de ligne sur le bâtiment abritant les éléments combustibles usés. Selon EDF, cela n'entraînerait pas le dénoyage des éléments combustibles dans la piscine de désactivation. Cette affirmation ne peut être ni étayée par les études disponibles sur les crashs d'avions, ni justifiée au regard des hypothèses sur lesquelles repose l'étude (par exemple concernant le type d'avion).

[12] La situation la plus dangereuse survient lors du remplacement des éléments combustibles, lorsque la totalité du combustible doit être transférée du cœur du réacteur vers la piscine de désactivation.

Il convient également de tenir compte du risque croissant lié aux effets du vieillissement : une étude a examiné, à l'aide de simulations numériques, l'influence du vieillissement sur les conséquences d'un impact d'un avion militaire sur une centrale nucléaire. Les résultats montrent que le vieillissement d'une installation augmente sa vulnérabilité face à des perforations étendues ou localisées. Plus les signes d'usure des matériaux sont marqués, plus la résistance résiduelle est faible et plus le risque de perforation de la paroi est élevé. À force d'impact égale, la résistance de l'enceinte de confinement vieillie est réduite d'environ 30 %. (FRANO 2021)

L'évacuation de la chaleur résiduelle du cœur du réacteur et de la piscine de désactivation doit être garantie même en cas de crash d'un avion de ligne. Toutes les améliorations réalisables visant à assurer une protection adéquate devraient être mises en œuvre. Il est recommandé de relever le niveau de protection contre les crashs d'avions à celui de l'EPR. Si cela est jugé irréalisable, il est recommandé de signaler cet écart par rapport au niveau de sûreté de l'EPR et d'évaluer les risques qui en découlent dans un rapport sur les risques. (OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT 2024a)

7.2 Nouvelles menaces

Avec l'attaque de la Russie contre l'Ukraine, des scénarios jusqu'alors jugés peu réalistes se sont concrétisés. En Ukraine, les centrales nucléaires sont pour la première fois devenues la cible directe et indirecte de conflits armés. La Russie a clairement indiqué que les règles internationales interdisant les actes de guerre à proximité des centrales nucléaires ne seraient respectées que tant que tous les acteurs s'y sentiraient liés. Les hostilités sur le site du réacteur, les tirs sur les bâtiments de la centrale ainsi que la destruction délibérée des raccordements au réseau ne font partie ni de la conception ni des analyses de sûreté d'un réacteur nucléaire. (BASE 2022)

À long terme, il est difficile d'exclure totalement les conflits armés. C'est pourquoi les risques supplémentaires doivent être pris en compte de manière appropriée, notamment

- en cas de crash d'un avion militaire transportant des armes ;
- l'utilisation de drones équipés d'explosifs ou d'autres armes.

L'utilisation de drones dans les conflits militaires a connu une croissance fulgurante ces dernières années et continuera d'augmenter dans les années à venir. Par le passé, les drones étaient utilisés à des fins de reconnaissance. Aujourd'hui, ils sont de plus en plus souvent déployés dans le cadre d'opérations de combat. L'Ukraine s'est transformée ces dernières années en un véritable laboratoire de guerre. Les drones dits « kamikazes » sont considérés comme un « tournant décisif » dans la guerre en Ukraine. Le développement fulgurant de la guerre des drones en Ukraine a donné naissance à des centaines de nouveaux systèmes.[13] Des millions de drones sont produits en Ukraine et dans d'autres pays d'Europe à des fins de combat.

L'augmentation massive du nombre et des capacités des drones, ainsi que leur accessibilité, leur facilité d'utilisation et leur faible coût, en feront l'arme de prédilection des futurs terroristes. La capacité d'un petit groupe à mener plusieurs attentats simultanément, à un coût relativement faible et à grande distance, conduira à l'utilisation de drones lors de futurs attentats terroristes.

[13] Les systèmes de moins de 150 kg (classe 1 de l'OTAN) sont les plus répandus en Ukraine et ont le plus grand impact.

Les drones commerciaux configurés ou modifiés pour transporter des explosifs ou des armes sont, à juste titre, considérés comme un problème de sécurité. Les drones sont de plus en plus performants (altitude, précision, portée, vitesse) et sont en même temps faciles à se procurer. En conséquence, les survols d'infrastructures critiques se multiplient. Ces dernières années, la question des risques liés à l'espionnage ou à la sécurité fait l'objet de débats de plus en plus vifs en Europe. En France, il existe des interdictions d'utilisation des drones dans des zones sensibles, dont le non-respect peut entraîner des peines d'emprisonnement et des amendes. Cela ne suffirait toutefois pas à dissuader les groupes terroristes. Il n'existe pas encore de méthode véritablement sûre et exhaustive pour se défendre contre les drones.

Une attaque menée par plusieurs drones (essaim de drones), chargés d'explosifs et/ou de grenades et/ou d'accélérateurs d'incendie, ou équipés de différentes ogives, semble réalisable et efficace. Les assaillants pourraient attaquer la centrale nucléaire, et en particulier le bassin de stockage, successivement ou simultanément à l'aide de plusieurs drones.

Compte tenu de la complexité de la situation après une attaque de drones, on peut douter que l'équipe d'exploitation ou la force d'intervention (FARN) soit en mesure d'assurer un remplissage suffisant du bassin et d'empêcher la fusion du combustible. Globalement, on ne peut exclure que, même si les bassins de stockage n'ont subi aucun dommage, un refroidissement d'urgence suffisant ne puisse être mis en place.

Une fois les importantes mises à niveau relatives au refroidissement des éléments combustibles entreposés mises en œuvre dans le cadre du 4e RPS, le risque d'exposition des éléments combustibles pourra être réduit dans de nombreuses situations d'accident. Ces mises à niveau visent à assurer la réalimentation en fluide de refroidissement en cas de défaillance du système de refroidissement et en cas de vidange accidentelle due à un dysfonctionnement des systèmes de refroidissement existants. Les mesures prévues ne permettent toutefois pas de reconstituer le niveau d'eau de refroidissement en cas de perte d'eau due à une fuite dans la structure du bâtiment à la suite d'une attaque de drone. Le point faible le plus dangereux, à savoir la vulnérabilité des piscines de stockage due à la minceur des parois du bâtiment, persistera encore pendant des décennies pour 56 réacteurs français, selon les prévisions actuelles.

Selon une étude américaine, environ 75 % (10 à 90 %) du césium 137 pourraient être libérés en cas de fusion ou d'incendie des éléments combustibles. (HIPPEL 2016) En fonction des conditions météorologiques, les substances radioactives se dispersent sur une vaste zone ou se déposent sur une bande étroite. Les contaminations potentielles dépendent fortement des conditions météorologiques. À la suite d'un rejet provenant de la centrale nucléaire de Cattenom, le nord-est de la France, le Luxembourg, la quasi-totalité de l'Allemagne ainsi que certaines régions de la République tchèque et de la Pologne courent un risque élevé d'être contaminés à long terme. Les populations, non seulement des régions françaises concernées, mais aussi des pays voisins que sont l'Allemagne et le Luxembourg, devront être relogées à long terme.

Dès l'automne 2014, des drones ont été aperçus au-dessus de plusieurs sites nucléaires français. Ce ne sont pas seulement les survols d'une trentaine de drones en eux-mêmes, mais aussi l'incapacité des responsables de la sécurité à expliquer ou à empêcher ces activités qui ont suscité des inquiétudes.

7.3 Mesures de sécurité

Si les mesures de sécurité peuvent réduire la probabilité d'un accident de fusion du cœur provoqué intentionnellement ou la probabilité de réussite d'un acte de sabotage, elles ne

peuvent en principe pas exclure de tels actes. À l'aube du 12 octobre 2017, un groupe de militants a réussi à pénétrer sans autorisation sur le site de la centrale nucléaire de Cattenom. Même si cette action s'est déroulée sans violence, elle a mis en évidence des lacunes flagrantes dans la protection de l'installation contre les intrusions extérieures ou les attaques terroristes potentielles. Les individus ont été interpellés par les forces de sécurité. L'Autorité de sûreté nucléaire (ASNR) a activé son centre d'urgence à Montrouge après que l'exploitant de la centrale a déclenché le « plan Sûreté-Protection ».

La « Nuclear Threat Initiative » (NTI) américaine a évalué, dans le cadre de son « Nuclear Security Index 2026 », les mesures prises par différents pays pour protéger leurs installations nucléaires contre les attentats terroristes et le sabotage. L'indice NTI n'évalue pas les mesures concrètes mises en œuvre dans chaque installation, mais les mesures prises par le gouvernement ainsi que les dispositions légales. Dans l'indice NTI, 100 correspond au score maximal et donc au respect des exigences de sécurité actuelles. Le « Nuclear Security Index 2026 » montre que la France, avec un score total de 74 points, occupe la 23e place sur 48 pays. Les faibles scores obtenus dans les catégories « culture de la sécurité » (67 sur 100), « cybersécurité » (67) et « protection contre les menaces internes » (46) sont particulièrement préoccupants. Ces faibles scores indiquent des failles dans la protection des centrales nucléaires contre le sabotage (NTI 2026).

Le risque d'attaques terroristes contre les centrales nucléaires est généralement minimisé ; on fait valoir que les installations sont suffisamment sécurisées, mais que, pour des raisons de confidentialité, aucun détail ne peut être divulgué.

8 Vieillissement et limites des mesures correctives

Le vieillissement constitue un problème de sûreté majeur pour la centrale nucléaire de Cattenom. On distingue le vieillissement (des matériaux) et l'obsolescence (vieillissement technologique et conceptuel). Dans tous les systèmes techniques, la qualité et la fiabilité des composants diminuent à mesure que la durée d'exploitation augmente (vieillissement physique). (INRAG 2021)

Comme dans toute installation industrielle, la qualité des matériaux utilisés dans un réacteur nucléaire diminue au cours de la durée d'exploitation, notamment en raison du vieillissement physique[14]. Les rayonnements ionisants, les contraintes thermiques et mécaniques ainsi que les processus corrosifs, abrasifs et érosifs entraîne un vieillissement des composants. Les conséquences de ces processus de vieillissement négatifs sont, par exemple, l'amincissement des parois, la formation et la propagation de fissures, la fatigue, ainsi que des modifications des propriétés électriques et d'autres propriétés physiques.

Dans le cas des composants actifs, tels que les pompes et les vannes, une diminution de la fonctionnalité se fait généralement clairement sentir au fil de la durée d'exploitation. Un remplacement est en principe possible, à condition que des pièces de rechange soient disponibles.

Le vieillissement des composants passifs est difficile à détecter pendant leur utilisation. À quelques exceptions près (par exemple, des phénomènes de corrosion étendus ou une perforation par corrosion), les processus de vieillissement des métaux se déroulent au niveau de la structure cristalline microscopique et ne sont donc pas directement visibles de l'extérieur.

[14] Le vieillissement physique désigne le processus par lequel les propriétés physiques des structures, systèmes ou composants (SSC) évoluent au fil du temps ou sous l'effet de l'utilisation (WENRA 2014).

Grâce à l'amélioration des connaissances et des méthodes de contrôle, on continue aujourd'hui encore à détecter des défauts liés à la fabrication dans les anciennes centrales nucléaires. Il faut s'attendre à ce que des défauts liés à la fabrication subsistent même après 40 ans d'exploitation. L'expérience acquise en exploitation montre que ceux-ci ne sont pas toujours détectés lors des contrôles, mais seulement lorsqu'ils provoquent des dommages ou des pannes.

Afin de contrer les effets négatifs du vieillissement par des inspections et une surveillance, et de détecter les fissures et autres dommages avant qu'ils n'entraînent une défaillance, il est nécessaire de disposer de connaissances sur les phénomènes de détérioration prévisibles. De plus, des méthodes de contrôle adaptées devraient être disponibles. Or, ce n'est pas toujours le cas. Par ailleurs, tous les composants ne sont pas entièrement contrôlables.

Dans de nombreux cas, les contrôles non destructifs permettent de surveiller le développement des fissures, les modifications de surface et l'amincissement des parois. Souvent, cependant, un défaut est d'abord découvert par hasard. On recherche ensuite des défauts comparables dans la même installation et dans d'autres – et, fréquemment, on en trouve effectivement.

8.1 Gestion du vieillissement

Une gestion globale du vieillissement, comprenant notamment des observations d'exploitation, des inspections, l'analyse des rapports d'incidents, la recherche des causes des événements et l'intensification des contrôles (récurrents), aurait le potentiel de contrer, au moins dans une certaine mesure, les défaillances liées au vieillissement.

Afin de renforcer la sûreté des centrales nucléaires existantes, la directive européenne sur la sûreté nucléaire (NSD) (directive UE 2014/87/Euratom) prévoit la réalisation d'examens thématiques par les pairs (ETP) dans les centrales nucléaires européennes. L'examen thématique par les pairs réalisé en 2017 sur le programme de gestion du vieillissement a montré que ce programme en France présentait des lacunes par rapport au niveau de sûreté attendu par l'ENSREG pour l'Europe (ENSREG 2018a, b).

Une gestion efficace du vieillissement est indispensable pour détecter les modifications liées au vieillissement avant qu'elles n'entraînent des dommages ou des altérations de fonctionnement ayant une incidence sur la sûreté. Les résultats d'inspection disponibles concernant la centrale nucléaire de Cattenom font toutefois état de lacunes. Cela vaut également pour les contrôles périodiques et les activités des prestataires externes. Des défaillances ont également été constatées au niveau de la fabrication et du contrôle qualité. De plus, des dommages inattendus ayant une incidence sur la sûreté, dus à la corrosion sous contrainte, sont apparus dans des systèmes où cela n'était pas prévu.

Inspections relatives à la gestion du vieillissement

Une inspection récente met en évidence des lacunes dans la gestion du vieillissement à la centrale nucléaire de Cattenom : les 20 et 21 mars 2025, une inspection portant sur la gestion du vieillissement a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom. Les inspecteurs ont procédé à un contrôle par sondage de la gestion générale du vieillissement. Ils ont également vérifié les mesures prévues dans le programme local de gestion du vieillissement. Ils ont constaté que l'organisation de la gestion du vieillissement n'était pas suffisamment décrite dans les guides applicables. Les inspecteurs ont en outre critiqué le fait que le remplacement des tuyauteries

RIS en raison de la corrosion sous contrainte ne soit pas mentionné, et que les inspections de certaines tuyauteries souterraines aient été annulées sans que la raison en soit précisée.[15]

Le 26 septembre 2017, une inspection sur le thème de la « maîtrise des processus de vieillissement » a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom. À cette occasion, les inspecteurs ont constaté que certaines mesures visant à prévenir les dommages liés aux processus de vieillissement n'avaient pas été mises en œuvre pour les pompes du circuit d'eau brute secourue (SEC). Le programme de maîtrise du vieillissement du réacteur 1 prévoyait la mise en œuvre de mesures visant à éliminer les fuites d'eau au niveau des pièces métalliques des équipements situés dans la station de pompage. Les inspecteurs ont constaté que des fuites d'eau persistaient sur les deux pompes – parfois sous forme de filets d'eau –, ce qui entraînait d'importantes accumulations d'eau au sol au niveau des fondations des pompes ainsi qu'à proximité d'autres éléments d'équipement. À cela s'ajoute le fait que le formulaire d'évaluation du vieillissement, qui traite de la corrosion des raccords vissés et des éléments de fixation externes des pompes, ne mentionne pas le problème des fuites d'eau.[16]

Remplacement de composants et nouvelles sources de défaillance

En cas de défauts manifestes, le remplacement d'un composant est le seul moyen d'éviter une défaillance dangereuse. Il convient toutefois de noter que les composants et les pièces des systèmes ou des sous-ensembles doivent généralement répondre à certaines spécifications et exigences. Le montage est également soumis à des exigences élevées.

Le remplacement de composants ouvre donc la voie à de nouvelles sources de défaillance : l'expérience opérationnelle montre qu'après le remplacement d'anciens composants, de (nouvelles) pannes sont survenues en raison d'un montage défectueux ou de l'utilisation de composants non conformes aux spécifications. Il ne va pas de soi que toutes les structures, tous les systèmes et tous les composants (SSC) soient exempts de défauts et pleinement opérationnels à l'issue d'un programme de modernisation (INRAG 2021).

Stockage inadéquat des pièces de rechange

Un stockage inadéquat des pièces de rechange peut également entraîner, au moment de leur utilisation, des défaillances imprévues de composants. Le 25 janvier 2018, une inspection a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom, portant sur la gestion et le stockage des pièces de rechange ainsi que sur le maintien de leur qualification en cas d'accident. L'inspection a révélé des lacunes en matière d'assurance qualité et de conditions de stockage des pièces de rechange. La durée de stockage des élastomères, par exemple, n'est de 10 ans que si la température est maintenue à 25 °C ou moins. Lors de la vérification des enregistrements électroniques, les inspecteurs ont constaté que la température indiquée avait été dépassée à plusieurs reprises.[17]

Outre les signes de vieillissement, des problèmes ont été constatés au niveau du contrôle qualité et de la culture de sûreté ; cela est notamment attesté par des erreurs de montage et de maintenance. Il en résulte qu'il faut partir du principe que d'autres défauts existent dans les installations, lesquels pourraient entraîner des défaillances en cas d'accident.

---

[15] ASNR : INSSN-STR-2025-0904
[16] ASNR : INSSN-STR-2017-0075
[17] ASNR : INSSN-STR-2018-0759

8.2 Non-conformités de l'installation

La conformité des installations est indispensable à leur sûreté et sa vérification doit constituer un objectif fondamental du réexamen périodique de sûreté. Le Groupe permanent pour les réacteurs (GPR) estime que le programme de vérification de la conformité présenté jusqu'à présent par EDF pour les réacteurs de 1 300 MWe doit être complété en ce qui concerne l'étendue des contrôles effectués. (GPR 2019)

Contrôle de conformité 2012

En plus du test de résistance, l'ASNR a mené, durant l'été 2011, une campagne d'inspection axée sur des thèmes liés à l'accident de Fukushima Daiichi. Le rapport d'inspection final comportait 78 constatations (35 non-conformités, 35 demandes de justifications supplémentaires et huit observations générales). Selon l'ASNR, la plupart des lacunes pourraient être comblées à court terme. Un expert estime que le nombre élevé et l'importance, en termes de sûreté, de ces lacunes tiennent à la culture de sûreté. (MAJER 2012) L'absence de dispositifs anti-siphon dans les bassins de stockage des assemblages combustibles des réacteurs 2 et 3 était particulièrement notable. En cas d'incident, la conduite d'alimentation pourrait, par effet de siphon, aspirer l'eau hors du bassin au lieu de l'y injecter. Compte tenu des conséquences potentielles, cet événement a été classé au niveau 2 sur l'échelle INES.

Scandale autour de la fonderie du Creusot

En 2016, l'autorité de sûreté française a ordonné à EDF de mettre à l'arrêt jusqu'à un tiers de ses réacteurs pour des contrôles de sécurité et des réparations. Suite à la découverte en 2014 de défauts sur la cuve du réacteur EPR alors en construction à Flamanville, Areva a lancé une enquête sur les procédés de fabrication dans son atelier de forge du Creusot. Areva a constaté des irrégularités concernant environ 400 composants fabriqués depuis 1965 ; on estime que 50 d'entre eux sont actuellement utilisés dans des centrales nucléaires françaises. Areva a indiqué que des rapports relatifs à la fabrication et au contrôle qualité au sein de l'atelier de forge du Creusot auraient pu être falsifiés. L'ASNR a déclaré à ce sujet : « Cette situation montre que ni la solidité de la chaîne de surveillance et de contrôle – dont les fabricants et les exploitants constituent le maillon central – ni les normes de qualité élevées exigées dans l'industrie nucléaire n'ont permis d'exclure totalement le risque lié à des composants falsifiés, suspects ou frauduleux. » Cela signifie toutefois qu'il faut partir du principe que d'autres composants non conformes aux exigences se trouvent dans la centrale et pourraient présenter des défaillances en cas d'accident.

Pour le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cattenom, une vérification des dossiers de fabrication des composants produits par la forge du Creusot a été effectuée pendant la révision du 17 février au 15 avril 2018. Ces dossiers ont été examinés par les services de l'ASNR ; cet examen n'a pas donné lieu à remettre en cause la poursuite de l'exploitation des équipements concernés.

8.3 Apparition inattendue de corrosion sous contrainte

Une fissure inattendue a été constatée sur des conduites du système d'injection de sécurité (RIS)[18] du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Civaux. Les anomalies détectées lors des

[18] Le système d'alimentation de sécurité (RIS) permet, en cas d'accident, d'injecter une grande quantité d'eau contenant du bore dans le circuit primaire du réacteur afin d'assurer le refroidissement des assemblages combustibles et l'arrêt de la réaction nucléaire.

contrôles ont permis d'identifier un phénomène connu, mais inattendu pour ces tuyauteries : ce que l'on appelle la corrosion sous contrainte.

En décembre 2022, EDF a présenté à l'ASN une stratégie d'inspection et de réparation des tuyauteries potentiellement touchées par la corrosion sous contrainte pour la période 2023-2025. Début mars 2023, EDF a dû modifier cette stratégie, car des examens effectués sur le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Penly ont permis de découvrir une fissure située, contrairement aux fissures constatées jusqu'alors, dans l'un des circuits chauds. Jusqu'alors, EDF avait supposé que les tuyauteries des circuits froids, en particulier, étaient sensibles à la corrosion.[19]

Le cordon de soudure concerné avait déjà été réparé à deux reprises lors de la construction du réacteur. Des analyses effectuées sur des sections de tuyau préalablement découpées ont en outre révélé deux autres fissures, dont la structure suggère qu'elles sont dues à la fatigue thermique. La fissure nouvellement découverte était nettement plus profonde que toutes celles constatées jusqu'alors : elle s'étendait sur 155 mm, ce qui correspond à environ un quart de la circonférence du tuyau. Sa profondeur maximale était de 23 mm pour une épaisseur de paroi de 27 mm.

Selon l'ASNR, la présence d'une fissure de cette ampleur ne permet plus de garantir de manière suffisante la résistance de la canalisation. La démonstration de sûreté du réacteur tient toutefois compte de la rupture de cette canalisation. Cela signifie que l'installation est conçue de manière à ce que le refroidissement du cœur du réacteur soit assuré même en cas de rupture d'une telle canalisation. En raison du risque accru de rupture de tuyau et des conséquences possibles pour la sûreté, l'autorité de sûreté a classé la constatation faite sur le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Penly comme un événement de niveau 2 sur l'échelle INES. Les fissures observées dans les autres réacteurs ont été classées comme des événements de niveau 1 sur l'échelle INES. Sur le réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cattenom, des fissures d'une profondeur de 1 à 2 mm ainsi que d'autres fissures, attribuées à la fatigue thermique et d'une profondeur de 4 mm, ont été constatées sur les conduites de 25 mm d'épaisseur du système d'injection de sécurité (RIS), qui revêt une importance cruciale pour la sûreté.

Ces dommages consistent en des fissures circonférentielles, perpendiculaires au sens de la conduite. Elles se situent dans le matériau de base, à proximité des soudures. EDF a découpé les sections de tuyauterie concernées et les a transmises à un laboratoire afin d'en déterminer la cause. Les premières analyses métallographiques et microscopiques indiquent une corrosion sous contrainte intercristalline. Celle-ci survient généralement lorsque trois conditions défavorables sont réunies : des contraintes mécaniques élevées, un environnement agressif et un matériau sensible dans ces conditions.

À l'heure actuelle, on ne peut que spéculer sur la cause exacte de la corrosion sous contrainte. Le matériau concerné, un acier au chrome-nickel non stabilisé, est considéré, d'après l'expérience acquise à ce jour, comme peu sensible à la corrosion sous contrainte intercristalline dans les conditions chimiques habituelles du circuit primaire, c'est-à-dire dans de l'eau chaude pratiquement exempte d'oxygène. (GRS 2023)

[19] Selon les informations fournies par EDF en août 2022, les conduites du système d'injection de sécurité situées dans les circuits froids des réacteurs de type P'4 des sites de Belleville, Cattenom, Golfech, Nogent-sur-Seine et Penly étaient particulièrement sensibles à la corrosion.

Dans le cadre du 4e réexamen périodique de sûreté, la problématique décrite devrait être définitivement élucidée et résolue. Il convient de souligner à cet égard qu'une analyse des causes est nécessaire pour servir de base à une stratégie de remise en état et de prévention.

Impact des dommages sur la sûreté

Si, pendant l'exploitation, les fissures atteignent une certaine taille, cela peut entraîner une fuite ou la rupture d'une conduite concernée, en particulier en cas de contraintes mécaniques supplémentaires. On peut imaginer des scénarios dans lesquels des contraintes mécaniques s'exerceraient simultanément sur plusieurs conduites concernées du système d'injection de sécurité, par exemple lors d'un séisme de forte magnitude. Si, dans un tel cas, plusieurs de ces conduites venaient à se rompre simultanément, seules d'autres mesures d'urgence visant à refroidir le réacteur permettraient d'éviter des dommages au cœur, voire une fusion du cœur. (GRS 2023)

Corrosion sous contrainte dans le réacteur 1

Le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cattenom a été arrêté le 11 juin 2022 pour des travaux de maintenance et le remplacement des assemblages combustibles. Lors d'inspections du circuit RIS, des signes de corrosion sous contrainte (CSC) ont été constatés. Sur instruction de l'ASNR, deux soudures ont été réparées avant la remise en service du réacteur. Lors des contrôles effectués au niveau des soudures classées comme particulièrement à risque, des anomalies indiquant la formation de fissures dues à la CSC ont été constatées. Deux de ces anomalies présentaient des dimensions importantes : les profondeurs maximales des fissures s'élevaient respectivement à 4,7 mm et 6,1 mm. Par ailleurs, EDF s'est engagée à remplacer, lors du prochain arrêt du réacteur prévu en 2023, tous les tronçons de tuyauterie du système d'injection de sécurité jugés sensibles à la corrosion sous contrainte.

Le réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Cattenom a été arrêté le 27 mai 2023 afin de remplacer ces sections de tuyauterie du système d'injection de sécurité. Au cours de cet arrêt, tous les tronçons de tuyauterie sensibles à la corrosion sous contrainte ont été remplacés dans les branches froides du système d'injection de sécurité. Les inspections des soudures, qui avaient déjà été réparées pendant la phase de construction du réacteur, n'ont révélé aucun signe de corrosion sous contrainte. Cela concernait en particulier les branches chaudes du système d'injection de sécurité et le système de refroidissement résiduel.[20]

Les 14 et 15 avril 2025, une inspection a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom concernant l'arasage interne téléopéré des soudures sur les conduites auxiliaires remplacées. L'objectif était de vérifier, sur le réacteur 1, les travaux d'arasage de la soudure concernée sur la conduite RIS de la première branche froide. La surveillance de l'arasage interne téléopéré des conduites RIS a été jugée globalement satisfaisante. Les inspecteurs ont toutefois estimé que la mise en œuvre des mesures de surveillance prescrites et les contrôles techniques des activités ayant une incidence sur la sûreté pouvaient être améliorés.[21]

Problèmes indirects liés à la corrosion sous contrainte

Il convient également de noter d'autres conséquences potentiellement négatives liées à l'apparition de la corrosion sous contrainte. Avant la remise en service du réacteur n° 3 de Cattenom, EDF a évalué le risque de formation de dépôts de corrosion de type CRUD (Chalk

[20] ASNR : Arrêt pour inspections et travaux liés à la corrosion sous contrainte du réacteur 1, 6 septembre 2023
[21] ASNR : INSSN-STR-2025-0900

River Unidentified Deposit) en raison de la longue période d'arrêt qui a suivi le remplacement des tuyauteries du système d'injection de sécurité (RIS).[22]

Le programme d'inspection puis de remplacement des tuyauteries concernées a considérablement perturbé le calendrier des arrêts des réacteurs. En raison de la nécessité de garantir la sécurité du réseau électrique pendant la période hivernale, EDF s'est vue contrainte de reporter à février 2024 l'arrêt du réacteur n° 4 de la centrale nucléaire de Cattenom, prévu pour l'inspection décennale.[23]

8.4 Lacunes dans les contrôles périodiques

Les contrôles périodiques constituent une mesure importante pour détecter les dommages (liés au vieillissement). Ceux-ci présentent toutefois des lacunes systématiques, comme le montrent les inspections menées à la centrale nucléaire de Cattenom.

Les 29 et 30 novembre 2021, une inspection à distance a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom sur le thème « Évaluation des contrôles périodiques dans le cadre de la révision décennale du réacteur 3 ». Les inspecteurs ont conclu que la qualité de l'évaluation des contrôles de remise en service ne répondait pas entièrement aux attentes. Ils ont par ailleurs émis des doutes quant à l'exhaustivité des contrôles effectués dans le cadre de la vérification de conformité des groupes électrogènes diesel. Après la découverte de traces de liquide de refroidissement sur une conduite du groupe électrogène de secours du réacteur 4, l'exploitant a constaté que plusieurs conduites d'eau présentaient des traces de corrosion au niveau des passages de toiture. Les inspecteurs ont critiqué le fait que l'état de ces conduites n'a pas été détecté plus tôt.

Le 12 décembre 2022, une inspection à distance a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom sur le thème « Évaluation des contrôles périodiques, des requalifications et des événements imprévus survenus lors du redémarrage du réacteur n° 4 ». Les inspecteurs ont constaté que la gestion d'un événement imprévu – la rupture d'une conduite – n'était pas conforme aux prescriptions en vigueur. Lors des contrôles effectués sur le réacteur n° 4, l'exploitant avait détecté une fuite due à la rupture d'un cordon de soudure, probablement causée par la fatigue due aux vibrations. La canalisation devait être remplacée. Lors de la vérification des travaux, les inspecteurs ont toutefois constaté que seule la deuxième section de la canalisation avait été remplacée. La première section avait été ressoudée à la vanne. Les services opérationnels chargés de la réparation n'avaient pas identifié le risque d'endommagement de la canalisation dû à des vibrations répétées.

L'inspection du 18 janvier 2024 consacrée aux « contrôles périodiques » avait confirmé, compte tenu de la récente augmentation des événements liés à la sûreté, l'existence de diverses faiblesses dans les contrôles périodiques.

Le 21 janvier 2025, une inspection sur le thème des « contrôles périodiques » a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom. Elle faisait suite à l'inspection de 2024, à l'issue de laquelle il avait été recommandé à l'exploitant de remédier aux problèmes constatés dans le cadre d'un plan d'action. L'exploitant a mené des travaux approfondis pour analyser les faiblesses et améliorer son organisation. Il est toutefois apparu que les mesures prises n'étaient pas suffisamment efficaces. De plus, l'exploitant ne dispose pas d'un système de suivi adapté permettant de garantir que la mise en œuvre des contrôles périodiques est systématiquement surveillée.

---

[22] ASNR : INSSN-STR-2023-0824
[23] Décision de l'ASNR n° 2023-DC-0773 du 19 décembre 2023

Par ailleurs, les contrôles nécessaires sont reportés : le contrôle du circuit primaire visant à évaluer la mise en œuvre des dispositions fixées dans l'arrêté du 10 novembre 1999 pour le réacteur 1 a été reporté. La nouvelle date limite pour la réévaluation complète est fixée au plus tard au 11 février 2027 ; à défaut, l'installation devra être mise hors service.[24]

8.5 Problèmes liés aux sous-traitants/prestataires externes

Les conditions de recours à des sous-traitants externes ont été évaluées dans le cadre de l'examen de sûreté complémentaire (CSA). L'ASNR a constaté qu'EDF n'avait pas suffisamment démontré que l'étendue des activités confiées à des sous-traitants externes était compatible avec la responsabilité principale de l'exploitant en matière de sûreté et de radioprotection. Des améliorations en ce sens devaient être envisagées. Compte tenu des mesures de modernisation prévues, cet aspect revêt une importance particulière (ASN 2011a).

Au cours des années suivantes, des inspections ont régulièrement mis en évidence des lacunes systématiques dans la mise en œuvre et la surveillance des activités sous-traitées :

- Le 7 février 2017, une inspection sur le thème des « services » a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom. L'examen a porté sur les mesures de contrôle des activités sous-traitées dans le cadre de projets d'ampleur et de complexité variables. Des lacunes ont été constatées dans plusieurs domaines.[25]

- Le 19 septembre 2017, une nouvelle inspection sur le thème des « services » a eu lieu. Les inspecteurs ont examiné les dispositions prises pour la surveillance des activités sous-traitées. À cette occasion, ils ont signalé de nombreux écarts potentiels chez un prestataire externe intervenant régulièrement sur le site, notamment en lien avec la mise en œuvre de modifications apportées à l'installation.[26]

- L'inspection du 17 mai 2018 consacrée au thème des « services » a mis en évidence un besoin d'amélioration supplémentaire, notamment en ce qui concerne la surveillance des prestations d'ingénierie et de conseil fournies par des prestataires externes. Deux mesures de surveillance relatives à la sûreté sismique des circuits transportant de l'hydrogène n'ont pas été réalisées à la fréquence prescrite.

- À l'issue d'une inspection réalisée les 28 et 29 août 2019, et compte tenu des constatations des inspections précédentes, les inspecteurs ont conclu que les procédures relatives aux consignes transmises par l'exploitant aux prestataires externes en vue de la protection des objectifs de sûreté présentaient des lacunes.[27]

- Les 30 novembre et 3 décembre 2020, une inspection à distance a été réalisée concernant la maintenance des groupes électrogènes de secours de la centrale nucléaire de Cattenom. L'objectif était de déterminer plus précisément les causes des défaillances survenues au cours des trois années précédentes, de vérifier les mesures prises par l'exploitant à la suite de celles-ci et d'examiner la surveillance des prestataires externes par EDF. Les inspecteurs ont constaté que les lacunes de qualité importantes constatées à la centrale nucléaire de Cattenom n'étaient pas imputables à des problèmes spécifiques au site, mais indiquaient des défaillances générales dans les performances des prestataires externes. De plus, la qualité des prestations fournies était

[24] DÉCISION N° CODEP-STR-2025-012182 DU 24 FÉVRIER 2025
[25] ASNR : INSSN-STR-2017-0746
[26] ASNR : INSSN-STR-2017-0805
[27] ASNR : INSSN-STR-2019-0732

inégale : alors que certains prestataires externes obtenaient de très bons résultats, d'autres présentaient des lacunes de qualité considérables.[28]

8.6 Lacunes dans l'analyse des événements

L'analyse des événements présente depuis des années des lacunes systématiques. De ce fait, après des erreurs et des dysfonctionnements, seules des mesures préventives et correctives limitées peuvent être mises en œuvre pour des incidents similaires.

Le 27 novembre 2025, une inspection consacrée à l'« analyse des événements » a eu lieu à la centrale nucléaire de Cattenom. Elle portait sur le perfectionnement de la procédure d'analyse approfondie des événements, appliquée depuis mai 2024 à la centrale nucléaire de Cattenom. Selon l'évaluation des inspecteurs, ce perfectionnement n'a apporté aucune amélioration. La procédure présente toujours des faiblesses. De plus, des améliorations sont nécessaires en matière de formation du personnel concerné.[29]

Des inspections sur le thème de l'« analyse des événements » ont également eu lieu les 21 janvier et 15 février 2022. À cette occasion, les inspecteurs ont constaté à plusieurs reprises des lacunes dans les déclarations et les rapports d'événements. Il s'agissait notamment de descriptions insuffisantes des conséquences réelles ou potentielles, ainsi que d'évaluations insuffisamment motivées. Par ailleurs, plusieurs mesures dont les dates d'achèvement initiales remontaient à plusieurs années n'étaient toujours pas menées à bien.[30]

Le programme OSART de l'AIEA aide les États membres à améliorer la sûreté de leurs centrales nucléaires en exploitation en comparant les pratiques effectives aux normes de sûreté de l'AIEA. La dernière mission OSART (Operational Safety Review Team) s'est déroulée en 2011 à la centrale nucléaire de Cattenom. L'équipe OSART a notamment recommandé d'améliorer l'efficacité du processus d'analyse des causes des événements.

Dans le cadre de cette étude, une évaluation des événements liés à la sûreté survenus au cours des dix dernières années a été réalisée sur la base des rapports de l'ASNR (voir annexe). L'analyse a révélé un nombre élevé d'événements classés aux niveaux 1 ou 2 de l'échelle INES. Bon nombre de ces événements étaient liés à des infractions aux Règles générales d'exploitation (RGE). Il s'agit d'un ensemble de règles approuvé par l'ASNR qui définit les conditions d'exploitation admissibles de l'installation ainsi que les spécifications à respecter pour l'exploitation du réacteur. Il définit notamment les délais maximaux autorisés pour les mesures de réparation lorsque des systèmes liés à la sûreté ne sont pas disponibles.

Il est par ailleurs frappant de constater que de nombreux dysfonctionnements n'ont été détectés que tardivement. Les événements signalés ont notamment été précédés de défaillances de composants ainsi que d'erreurs commises lors de travaux de réparation et de maintenance. Dans certains cas, les leçons nécessaires n'ont manifestement pas été tirées d'événements antérieurs. Le nombre élevé d'événements liés à la sûreté pourrait s'expliquer par des lacunes dans la culture de sûreté, éventuellement aggravées par une multiplication des dysfonctionnements liés au vieillissement.

[28] ASNR : INSSN-STR- 2020-1012
[29] ASNR : INSSN-STR-2025-0894
[30] ASNR : INSSN-STR-2022-0814

Seule une analyse systématique des incidents et la détermination de leurs causes permettront d'éviter à l'avenir des incidents similaires liés à la sûreté. Un nombre considérable d'incidents soumis à déclaration est lié à la « culture de sûreté ».[31]

8.7 État des bâtiments

L'absence de culture de sûreté est particulièrement flagrante lors des inspections des bâtiments.

Le 2 juillet 2021, l'Autorité de sûreté nucléaire française a mené une inspection sur le thème « Génie civil » à la centrale nucléaire de Cattenom. Dans le cadre de cette inspection sur site, les inspecteurs ont constaté plusieurs défauts importants au niveau des structures de génie civil. Selon l'évaluation des inspecteurs, ces défauts pourraient entraîner, à moyen ou long terme, une détérioration de l'état des ouvrages ainsi qu'une altération de l'étanchéité, de la fonction de confinement ou de la résistance mécanique des ouvrages concernés.

Les défauts suivants ont notamment été constatés :

- présence de végétation sur le toit du bâtiment d'exploitation du réacteur 1 ;
- obstruction de deux paniers à feuilles au niveau des tuyaux de descente d'eaux pluviales sur le toit du bâtiment de stockage des éléments combustibles, ce qui a entraîné une accumulation d'eau sur la surface du toit ;
- armature apparente à la surface du béton à proximité du filtre U5 ;
- une accumulation d'eau dans un couloir situé sous le bâtiment du réacteur n° 3. Un dispositif de collecte obstrué sur une canalisation a été identifié comme cause possible ;
- une canalisation corrodée partant de l'espace intermédiaire entre les enceintes de confinement et menant au couloir situé sous le bâtiment du réacteur.

Outre la constatation de défauts structurels concrets, les inspecteurs ont vérifié, par sondage, la mise en œuvre des mesures de maintenance préventive prévues ainsi que le respect des intervalles de contrôle fixés à cet effet, conformément aux programmes de base pour la maintenance préventive des ouvrages (PBMP). Il a ainsi été constaté qu'une partie des mesures déjà intégrées dans les programmes de maintenance plusieurs années auparavant n'avait toujours pas été mise en œuvre en 2021. Cela concernait notamment des installations structurelles situées dans la zone des groupes électrogènes diesel de secours (DUS), ainsi que des goulottes de câbles et des puits.

Ces constatations sont particulièrement importantes au regard de la préservation à long terme de l'intégrité structurelle et de la surveillance du vieillissement de l'installation. Elles indiquent que certains ouvrages et éléments de construction présentaient à la fois des défauts concrets d'état et des lacunes dans la maintenance préventive prévue.[32]

Une inspection portant sur le thème « Génie civil » avait déjà eu lieu le 8 février 2018 à la centrale nucléaire de Cattenom. À cette occasion, les inspecteurs avaient examiné le bâtiment abritant le réservoir d'eau destiné aux piscines de désactivation du réacteur 1, afin de vérifier de

[31] La culture de la sécurité reflète la manière dont l'organisation et chaque individu assument leurs rôles et leurs responsabilités en matière de sécurité. Elle constitue l'un des fondements essentiels au maintien et à l'amélioration de la sécurité.
[32] ASNR : INSSN-STR-2021-0848

manière aléatoire si les programmes de maintenance étaient respectés. Au cours de cette inspection, plusieurs flaques d'eau (d'une profondeur comprise entre 5 et 10 cm) ont toutefois été constatées sur les deux toitures de la bâche PTR du réacteur 1 ; le système d'évacuation des eaux de pluie était obstrué par divers corps étrangers (oiseaux morts, etc.). Les inspecteurs ont constaté, dans la zone de rétention de la bâche PTR du réacteur n° 1, des traces de rouille s'étendant sur tout le pourtour.[33]

Des lacunes ont également été constatées lors d'inspections menées dans des zones où des travaux de maintenance étaient en cours

- Le 27 juillet 2023, une inspection inopinée a eu lieu pendant l'arrêt prévu pour le remplacement de tronçons de tuyauterie dans le système d'injection de sécurité (RIS) du réacteur n° 1. Les inspecteurs ont estimé que la propreté des différentes zones de travail inspectées – en particulier dans le bâtiment du réacteur – pouvait être améliorée.[34]

- Les 24 avril et 15 mai 2025, une inspection inopinée des chantiers a été menée dans le cadre de l'inspection partielle du réacteur n° 1. Les inspecteurs ont constaté que l'état général des chantiers et des locaux ne répondait pas aux attentes.[35]

Il convient également de signaler des lacunes dans d'autres réacteurs du site. Il convient notamment de critiquer la négligence et l'absence de « leçons tirées » : le 6 mai 2021, lors d'une inspection inopinée du réacteur 3, les inspecteurs ont constaté que le bâtiment abritant la bâche PTR n'était pas étanche et qu'une flaque d'eau s'était formée à l'intérieur du bâtiment. Un bac de récupération des eaux de pluie situé sur le toit était endommagé. Il convient de noter que quelques mois auparavant, EDF avait signalé un incident environnemental grave lié à la présence de tritium dans les eaux usées. Dans le cadre de l'enquête, une forte concentration de tritium a été constatée sur la terrasse de la bâche PTR du réacteur n° 2. L'ASNR a critiqué le fait que les conclusions concernant le réacteur n° 2 n'aient pas permis de détecter ou de prévoir le problème lié au système de collecte sur les terrasses de la bâche PTR du réacteur n° 3. Par ailleurs, lors de leur passage dans le bâtiment d'entreposage des combustibles du réacteur n° 2 à Cattenom, les inspecteurs ont constaté la présence d'un dépôt de bore au niveau d'un raccord entre deux conduites, ce qui indiquait une fuite.[36]

9 Obsolescence de la conception et limites de la mise à niveau

Selon l'AIEA, on distingue le vieillissement physique des structures, systèmes et composants (SSC) du vieillissement non physique (obsolescence). La sûreté des centrales nucléaires peut être fortement compromise par l'obsolescence des technologies, des concepts et des compétences du personnel. Selon l'AIEA (2018), il existe trois types d'obsolescence qui limitent la possibilité d'une exploitation à long terme :

- Vieillissement conceptuel : il existe des faiblesses de conception des installations ainsi que des écarts par rapport aux réglementations, normes et standards actuels.

[33] ASNR : INSSN-STR-2018-0731
[34] ASNR : INSSN-STR-2023-0830
[35] ASNR : INSSN-STR-2025-0901
[36] ASNR : INSSN-STR-2021-0830

- Vieillissement technologique : il y a un manque de pièces de rechange, d'assistance technique, de fournisseurs et de capacités industrielles.
- Perte de savoir-faire et de « savoir-pourquoi » : les connaissances relatives aux normes, à la réglementation et à la technologie ne sont pas mises à jour (pénurie de main-d'œuvre qualifiée).

9.1 Lacunes de conception et limites techniques de la mise à niveau

La conception des centrales nucléaires doit garantir la maîtrise, voire la prévention, des incidents et des accidents. Afin d'assurer la sûreté malgré les probabilités de défaillance de composants individuels, une série de principes de sûreté est appliquée lors de la conception.

Toutes les lacunes de conception ne peuvent pas être comblées par des mises à niveau : une part importante des normes de sûreté est déjà définie lors de la conception et ne peut en principe plus être améliorée par des mises à niveau. De nombreuses faiblesses ne peuvent pas être corrigées, ou seulement de manière limitée, par des mises à niveau. L'installation de systèmes de sûreté supplémentaires n'est possible que dans une mesure limitée, notamment en raison des contraintes architecturales. Le respect des normes de sûreté actuelles impliquerait pratiquement la construction d'un réacteur nucléaire entièrement nouveau.

L'état actuel de la science et de la technique en matière de sûreté évolue sans cesse, ce qui se traduit par des exigences plus strictes dans les réglementations nationales et internationales et, par conséquent, par des concepts d'installations améliorés. Bien qu'il soit souhaitable de mettre les anciennes installations au niveau actuel de la science et de la technique, les possibilités de modernisation technique restent limitées. Il subsiste des écarts entre le niveau de sûreté atteint dans les anciennes installations et celui qui est exigé pour les nouvelles installations, ou qui doit y être mis en œuvre, selon l'état actuel de la science et de la technique.

Une centrale nucléaire est conçue selon les exigences de sûreté en vigueur au moment de sa conception et de sa construction. Dans le domaine de la sûreté nucléaire, les connaissances sur les risques se sont considérablement élargies au cours des quatre dernières décennies, notamment en raison d'accidents et d'autres événements liés à la sûreté.

Dans le cas des centrales nucléaires plus anciennes, telles que celle de Cattenom, en service depuis environ 40 ans, il existe des différences notables entre la conception technique d'origine et les exigences actuelles. Cela concerne en particulier la redondance des systèmes de sûreté, leur séparation physique, leur résistance aux séismes ainsi que leur conception face aux inondations internes et aux incendies.

Une partie essentielle des caractéristiques de sûreté est déjà définie lors de la conception initiale et ne peut être modifiée que de manière limitée par des mises à niveau. Une adaptation complète aux exigences actuelles nécessiterait, dans la pratique, la construction d'un tout nouveau réacteur nucléaire. Les installations nucléaires anciennes ne peuvent donc pratiquement pas être mises au niveau des nouvelles installations.

Les réacteurs de la centrale nucléaire de Cattenom, qui sont des réacteurs de deuxième génération, ne peuvent pas être modernisés pour atteindre le même niveau de sûreté qu'un réacteur de troisième génération, conçu pour maîtriser les accidents graves.

Il ressort déjà d'une expertise technique en matière de sûreté présentée en avril 2018 que la centrale nucléaire de Cattenom ne répond pas aux exigences de sûreté européennes actuelles applicables à la construction de nouvelles centrales nucléaires et qu'elle ne peut pas non plus atteindre pleinement ce niveau, même par le biais de mises à niveau. (PISTNER et al. 2018)

Il existe des différences considérables entre les réacteurs de la centrale nucléaire de Cattenom et l'EPR en ce qui concerne la redondance des systèmes de sûreté[37]. Le concept de sûreté initial des réacteurs de 1 300 MWe prévoit deux trains de sauvegarde (concept 2 × 100 %)[38] . En cas de défaillance d'une boucle, l'autre peut prendre le relais pour assurer les fonctions de sûreté requises (critère de défaillance unique). Les systèmes de sûreté de l'EPR, qui sert de référence pour la mise à niveau des réacteurs de 1 300 MWe, se composent en revanche de quatre trains (concept 4 × 100 %)

Lors d'inspections inopinées du réacteur n° 1, les 24 avril et 15 mai 2025, les inspecteurs ont constaté que des travaux de maintenance avaient été effectués simultanément sur deux trains redondants. Cela augmente le risque d'une défaillance simultanée due à une cause commune. Ces travaux auraient dû être répartis sur différents arrêts de l'installation.[39] Bien que les travaux de maintenance aient eu lieu pendant l'arrêt de l'installation, ce constat soulève des questions quant à la prise de conscience suffisante des enjeux de sûreté dans ce domaine.

Un degré de redondance plus élevé renforce en principe la fiabilité des systèmes de sûreté lors de la maîtrise des accidents de conception (niveau de sûreté 3). Des équipements supplémentaires, indépendants les uns des autres, permettent de mieux compenser les défaillances ou pannes isolées sans que les fonctions requises du système ne soient perdues.

En cas d'événements internes tels que des incendies ou des inondations, les sous-systèmes redondants doivent être séparés géographiquement[40] ou protégés de manière à empêcher une défaillance simultanée de toutes les redondances. Des inondations internes peuvent notamment se produire dans des locaux traversés par des canalisations à fort débit d'eau. Elles peuvent être causées par des fuites, des ruptures de canalisations ou des vannes mal actionnées. De tels événements revêtent une importance en matière de sûreté lorsqu'ils compromettent ou mettent hors service d'autres systèmes de sûreté dans la salle concernée, par exemple en raison de courts-circuits électriques consécutifs à une inondation.

Les systèmes d'appoint de réfrigérant côté primaire (RIS, EAS), de réalimentation du circuit primaire et de refroidissement de la piscine de stockage des éléments combustibles utilisent un réservoir commun. Leurs composants passifs sont en partie reliés entre eux, notamment par des tuyauteries communes. Cela constitue un point faible important du point de vue de la sûreté, car les systèmes et leurs redondances ne sont ainsi pas totalement indépendants les uns des autres[41]. Des événements internes tels que des incendies ou des ruptures de tuyauteries, ainsi que des influences extérieures, pourraient donc compromettre ou mettre hors service plusieurs fonctions de sûreté simultanément.

---

[37] Afin qu'une défaillance d'un système n'ait aucune incidence sur la sûreté, il faut disposer de plusieurs systèmes assurant la même fonction.

[38] Cela concerne notamment les installations de refroidissement secondaire côté primaire, de réalimentation en fluide caloporteur côté primaire et de refroidissement de l'enceinte de confinement en cas d'accident avec perte de fluide caloporteur.

[39] ASNR : INSSN-STR-2025-0901

[40] Les systèmes de sûreté assurant la même fonction doivent, dans la mesure du possible, être installés à des emplacements distincts afin qu'ils ne puissent pas être détruits par la même cause.

[41] Afin que les défaillances d'un système n'aient aucune incidence sur les systèmes redondants, les différents systèmes de sûreté redondants doivent être totalement indépendants les uns des autres, sans interconnexion. Il ne doit notamment pas y avoir de composants actifs communs.

Des lacunes en matière de diversité, de redondance et d'indépendance des systèmes de sûreté peuvent accroître la probabilité d'un accident grave. Si leur fiabilité n'est pas suffisamment garantie, le risque augmente qu'un événement ne soit pas maîtrisé comme prévu et qu'il en résulte un déroulement de l'accident dépassant les bases de conception, avec la défaillance de plusieurs dispositifs de sûreté. Parallèlement, les possibilités de limiter les rejets radioactifs en cas d'accident grave peuvent être restreintes.

En raison des différences de conception des réacteurs de 1 300 MWe en matière de redondance, de diversité, de séparation spatiale et d'interventions manuelles requises de la part du personnel d'exploitation, les menaces internes et externes peuvent conduire à des événements dépassant le cadre de la conception initiale.

Les différences fondamentales entre la conception de Cattenom et les exigences formulées par l'ASNR ne sont pas entièrement éliminées par le programme de modernisation. Elles concernent en particulier la maîtrise fiable des incidents relevant du niveau de sûreté 3. L'ASNR renvoie à cet égard aux mises à niveau prévues dans le cadre du « noyau dur ». Le noyau dur relève toutefois du niveau de sûreté 4[42] et ne remplace donc pas les fonctions de sûreté requises au niveau de sûreté 3. (MERTINS 2024)

Le bâtiment réacteur et celui destiné à l'entreposage du combustible usé présentent également des lacunes de conception inhérentes à leur construction, qui ne peuvent être comblées a posteriori. Il s'agit notamment de l'épaisseur des murs de ces bâtiments, insuffisante par rapport aux exigences actuelles.

L'AGENCE FÉDÉRALE ALLEMANDE POUR L'ENVIRONNEMENT (2024a) recommande d'aligner le niveau de sûreté, y compris en ce qui concerne les systèmes de sûreté prévus dans la conception, sur celui de l'EPR. Si cela n'est pas possible, les écarts (deltas) doivent être présentés de manière transparente et les risques supplémentaires qui en découlent doivent être évalués.

9.2 Limites économiques et juridiques des mises à niveau

Les mises à niveau offrent en principe à l'autorité de sûreté nucléaire la possibilité d'exiger des améliorations techniques en matière de sûreté qui sont techniquement réalisables. Cependant, les mesures qui seront effectivement mises en œuvre ne dépendent pas uniquement des exigences techniques de sûreté, mais sont également influencées par le contexte économique, juridique et politique. Les exploitants de centrales nucléaires en Europe se sont regroupés au sein de l'initiative ENISS (*European Nuclear Installation Safety Standards*). Selon l'ENISS, l'exploitation à long terme des installations nucléaires doit rester « abordable » (« affordable ») (ENISS 2015). Les considérations économiques peuvent donc influencer le choix des mises à niveau mises en œuvre, même si celles-ci seraient techniquement réalisables.

Parallèlement, la mise en œuvre des améliorations de sûreté nécessaires dépend du cadre juridique et institutionnel. En particulier en cas de prolongation de la durée d'exploitation, il est essentiel que l'autorité de sûreté nucléaire puisse agir en toute indépendance vis-à-vis des intérêts politiques et économiques et qu'elle dispose de ressources humaines et financières suffisantes pour exiger les mises à niveau nécessaires dans l'intérêt de la protection de la population.

[42] Le niveau de sûreté 4a comprend les mesures et les installations destinées à maîtriser les incidents qui ne sont pas maîtrisés conformément à la conception ; le niveau de sûreté 4b comprend les mesures et les installations destinées à atténuer les conséquences d'accidents de fusion du cœur.

La directive européenne 2014/87/Euratom souligne l'importance d'une surveillance indépendante. Elle insiste sur le fait que les autorités de contrôle et d'autorisation compétentes doivent pouvoir exercer leurs pouvoirs en matière de décisions réglementaires de manière impartiale, transparente et sans subir d'influence, afin de garantir un niveau élevé de sûreté nucléaire (UE 2014). Pour que les mises à niveau nécessaires soient effectivement mises en œuvre, il faut donc que les considérations économiques ne priment pas sur les exigences de sûreté et que les autorités de contrôle soient indépendantes et dotées de ressources suffisantes.

9.3 Perte progressive des connaissances relatives à la conception et à l'exploitation des installations

Les compétences, elles aussi, « vieillissent ». Les connaissances relatives à la conception initiale se perdent et la génération d'experts qui a conçu et mis en service les installations part à la retraite. De plus, la documentation existante est souvent incomplète et ne répond pas aux exigences actuelles. L'inspection menée les 9 et 10 novembre 2022 à la centrale nucléaire de Cattenom sur le thème de la « gestion des compétences » a mis en évidence un point critique : la pénurie actuelle de personnel hautement qualifié sur le plan technique et habilité à effectuer des opérations de commutation.[43]

10 Conclusion

Les quatre réacteurs de la centrale nucléaire de Cattenom font partie des 20 réacteurs français de 1 300 MWe. EDF prévoit de prolonger leur durée de vie au-delà de la durée d'exploitation initialement prévue, qui était de 40 ans. Une condition essentielle à cela est le quatrième réexamen périodique de sûreté (RPS), qui constitue un élément central de l'évaluation technique de sûreté en vue de la poursuite de l'exploitation.

Cattenom 1 ainsi que Paluel 1 et 2 sont les premiers de ces réacteurs à passer par la phase spécifique à l'installation du quatrième RPS. La phase générique menée auparavant s'est achevée en 2025 par un avis de l'ASNR. Dans cet avis, l'ASNR exige des mesures de sûreté supplémentaires allant au-delà de celles prévues par EDF. Le quatrième RPS poursuit deux objectifs principaux : premièrement, un examen complet de la conformité de l'installation et de son état de vieillissement afin de permettre une poursuite de l'exploitation en toute sécurité pendant une nouvelle décennie ; deuxièmement, un alignement technique sur le niveau de sûreté de l'EPR afin de répondre aux exigences de sûreté actuelles. La présente étude conclut qu'aucun de ces deux objectifs ne peut être atteint, comme exposé ci-après.

Test de résistance de l'UE

À la suite de l'accident catastrophique de Fukushima en mars 2011, le gouvernement français a lancé des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) pour les centrales nucléaires françaises. Ce faisant, il a également répondu à la demande du Conseil européen visant à mettre en place un test de résistance à l'échelle de l'UE. Celui-ci portait sur trois domaines clés : les aléas naturels, la défaillance de l'alimentation électrique et du système de dissipation thermique, ainsi que les accidents majeurs. Les résultats du test de résistance ont révélé d'importantes lacunes en matière de sûreté. La protection contre les aléas naturels a notamment été jugée insuffisante. Dans des conditions défavorables, la défaillance du système

[43] ASNR : INSSN-STR-2022-0799

de dissipation thermique ou la perte de l'alimentation électrique pourraient entraîner une fusion du cœur en l'espace de quelques heures.

Un plan d'action national a été élaboré pour remédier aux lacunes constatées. L'équipe d'évaluation par les pairs de l'ENSREG a souligné que les mesures prévues devaient être mises en œuvre dès que possible. Cette recommandation n'a toutefois pas été suivie de manière systématique. Les mesures essentielles du plan d'action national ne devraient être mises en œuvre que dans le cadre du quatrième réexamen périodique de sûreté. La mise en œuvre complète ne devrait toutefois pas avoir lieu dans le cadre de la quatrième révision décennale (VD4) prévue, mais après jusqu'à quatre arrêts supplémentaires de la centrale. D'autres retards ne sont pas à exclure.

Risques liés aux phénomènes naturels

Le test de résistance de 2011 a montré que l'évaluation des risques naturels potentiels n'était pas conforme aux normes internationales et que la protection de la centrale nucléaire de Cattenom était insuffisante. Aujourd'hui encore, les exigences françaises en matière d'évaluation des risques naturels ne sont pas encore entièrement conformes aux exigences de la WENRA, qui constituent une base européenne commune pour la gestion des risques externes.

Outre des lacunes dans les analyses sismiques, des faiblesses ont été constatées dans la protection contre le séisme de référence. De plus, ces dernières années, des lacunes considérables ont été relevées dans de nombreuses centrales nucléaires françaises, dont celle de Cattenom, concernant la mise en œuvre de la protection antisismique des composants critiques pour la sûreté. Lors d'une inspection menée à Cattenom 1 en 2022, il est par ailleurs apparu clairement que la résistance sismique prévue sur le papier ne pouvait être considérée comme réellement mise en œuvre dans la centrale.

Compte tenu du changement climatique, il convient de prendre en compte de manière appropriée l'évolution des risques d'inondation et des phénomènes météorologiques extrêmes. EDF fait valoir que des études correspondantes avaient déjà été menées pour Cattenom dans le cadre du troisième RPS et qu'elles ne seraient donc pas renouvelées. Cette approche est inacceptable, d'autant plus que la directive ASNR n° 13, sur laquelle reposait l'évaluation antérieure, ne correspond plus à l'état actuel de la science et de la technique.

Même si Cattenom ne figure pas parmi les sites particulièrement exposés aux risques sismiques ou aux inondations, des phénomènes naturels extrêmes peuvent y provoquer des accidents ou aggraver des incidents existants. En particulier, les fortes précipitations, les températures extrêmes et leurs conséquences peuvent compromettre davantage la sûreté de la centrale en cas d'incident ou d'accident.

Les lacunes constatées soulèvent des questions fondamentales quant à la validité des justifications de sécurité de la centrale nucléaire de Cattenom face aux aléas naturels externes. EDF doit réévaluer de manière exhaustive la résilience de la centrale sur la base de l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques. Ce faisant, il convient également de prendre en compte les interactions possibles et les scénarios de charges combinées. Un niveau élevé de sûreté nucléaire ne peut être garanti par la reconduction d'hypothèses dépassées et la réutilisation d'études obsolètes. Il nécessite au contraire des justifications de sûreté actualisées et fiables, ainsi que la mise en œuvre rigoureuse des mesures de protection nécessaires.

Lacunes concernant la source froide ultime et l'alimentation électrique de secours

Afin d'assurer l'évacuation à long terme de la chaleur du réacteur et de la piscine de désactivation des éléments combustibles, même en cas de défaillance de la source froide habituelle, la centrale nucléaire de Cattenom a été équipée en 2024 d'une source d'eau supplémentaire permettant de prélever de l'eau du lac du Mirgenbach. Son utilisation nécessite toutefois le recours à des équipements mobiles. De plus, des doutes subsistent quant à la capacité à garantir de manière fiable le prélèvement d'eau du lac du Mirgenbach, même en cas de froid extrême.

Le plan d'action national prévoyait l'installation de groupes électrogènes diesel supplémentaires (DUS) pour l'alimentation électrique de secours. Ceux-ci sont censés alimenter les systèmes de sécurité en électricité même en cas de défaillance des autres sources d'alimentation internes et externes. Lors d'une inspection menée en janvier 2021, les inspecteurs ont toutefois constaté de nombreuses irrégularités sur les quatre groupes électrogènes diesel (DUS) de Cattenom.

Les écarts constatés concernent deux conditions essentielles à la maîtrise des accidents majeurs : l'évacuation de la chaleur à long terme et l'alimentation électrique fiable. Bien que des mises à niveau correspondantes aient été prévues et partiellement mises en œuvre, les résultats de l'inspection montrent que la pleine capacité opérationnelle des systèmes concernés n'a pas été démontrée de manière systématique. En particulier, la dépendance de l'alimentation en eau supplémentaire vis-à-vis de moyens mobiles d'intervention et la fiabilité incertaine en cas de froid extrême soulèvent des questions quant à la disponibilité réelle dans des conditions d'accident.

Risque d'accidents graves

Le test de résistance de 2011 a mis en évidence de nombreuses lacunes dans la maîtrise des accidents graves à la centrale nucléaire de Cattenom. Dans le cadre du quatrième réexamen de sûreté, des systèmes supplémentaires destinés à la maîtrise des accidents de fusion du cœur sont prévus. L'EPR dispose d'un dispositif dit de « récupérateur de corium », destiné à retenir le corium et à empêcher ainsi la défaillance de l'enceinte de confinement en cas d'accident grave. Une mise à niveau des réacteurs de Cattenom avec un récupérateur de corium calqué sur celui de l'EPR n'est pas possible en raison de l'espace limité sous la cuve du réacteur. EDF prévoit donc des mesures alternatives pour maîtriser les accidents de fusion du cœur. Celles-ci reposent toutefois sur plusieurs hypothèses dont la validité n'a pas encore été entièrement confirmée par les résultats de la recherche.

En ce qui concerne les lacunes de conception existantes de la centrale nucléaire de Cattenom, il est fait référence à la mise à niveau prévue du « noyau dur » (Hardened Safety Core - HSC). Celui-ci comprend des mesures techniques et organisationnelles robustes et vise à garantir que le cœur du réacteur et la piscine de désactivation puissent être refroidis pendant au moins 24 heures.

Quinze ans après l'accident de Fukushima, le noyau dur, qui est appelé à jouer un rôle important tant dans la prévention des accidents de fusion du cœur que dans la limitation de leurs conséquences, n'est pas encore entièrement mis en œuvre. De plus, rien ne garantit que, une fois pleinement mis en œuvre, le noyau dur répondra effectivement aux exigences de résilience face à des dangers extrêmes qui lui sont imposées. D'autant plus que les structures, systèmes et composants (SSC) du noyau dur ne sont pas indépendants des SSC déjà existants, qui ne sont pas résilients.

En cas d'accidents se prolongeant au-delà de 24 heures, la force d'intervention nucléaire rapide (FARN) doit intervenir avec des équipements mobiles. Lors d'une inspection en 2022, les

inspecteurs ont constaté des défauts au niveau des points de raccordement (couche de rouille) sur l'installation destinée aux équipements de la FARN. Ils étaient partiellement recouverts d'une couche de rouille. L'autorité de sûreté compétente a par ailleurs émis des doutes quant à la garantie de l'accessibilité requise de ces points de raccordement dans les conditions limites données, en cas de besoin. L'efficacité des mesures prévues dépend de manière décisive de la capacité des équipes d'intervention à agir rapidement et de manière ciblée. À ce jour, EDF n'a pas suffisamment démontré que cela soit garanti de manière fiable dans les conditions limites d'un accident grave.

Le test de résistance a également révélé de nombreuses lacunes concernant les éléments combustibles dans les piscines d'entreposage. Ce n'est que dans le cadre du quatrième réexamen de sûreté qu'EDF prévoit la mise en place d'un système de refroidissement supplémentaire (« PTR bis »), reposant en partie sur des composants d'équipement mobiles. Les importants travaux de modernisation prévus dans le cadre du quatrième réexamen de sûreté pour le refroidissement des éléments combustibles entreposés permettent de réduire le risque de dénoyage des éléments combustibles dans de nombreux scénarios d'accident. Cela ne permet toutefois pas d'exclure tout rejet radioactif dans tous les scénarios envisageables. Le niveau de sûreté de l'EPR n'est donc pas atteint. La piscine de désactivation de l'EPR dispose de trois circuits de refroidissement indépendants les uns des autres et se trouve à l'intérieur de l'enceinte de confinement, à l'abri de toute influence extérieure.

Risque lié aux attentats terroristes et au sabotage

En raison de la protection de conception limitée contre un crash d'avion ciblé, la centrale nucléaire de Cattenom court le risque qu'un tel événement provoque des dommages considérables. En cas de crash d'avion massif et ciblé, la fonction de confinement du bâtiment du réacteur ne serait plus assurée en raison de sa destruction, ce qui pourrait entraîner des rejets importants et précoces de substances radioactives. Conformément à l'objectif de sûreté formulé dans la directive 2014/87/Euratom, de tels rejets doivent être pratiquement éliminés.

Un crash d'avion délibéré ou une attaque par des drones peut causer des dommages considérables au bâtiment abritant la piscine d'entreposage du combustible usé. Une détérioration de ce bâtiment pourrait compromettre l'intégrité des piscines d'entreposage ainsi que le maintien du refroidissement du combustible stocké. Si l'eau de refroidissement s'écoule et qu'il n'est pas possible de la renouveler, des rejets radioactifs considérables pourraient se produire en l'espace de quelques heures. Compte tenu de la complexité de la situation après une attaque terroriste, on peut se demander si l'équipe d'exploitation ou la FARN serait en mesure d'assurer un refroidissement suffisant des éléments combustibles stockés. Même les mesures prévues dans le cadre du quatrième RPS ne garantissent pas nécessairement qu'un refroidissement suffisant des éléments combustibles entreposés serait possible en cas de perte d'eau de refroidissement suite à une détérioration de la structure du bâtiment causée par une attaque terroriste.

Des mesures de sécurité peuvent réduire la probabilité d'un acte de sabotage « réussi » à la centrale nucléaire de Cattenom. Le « Nuclear Security Index 2026 » souligne toutefois que les exigences réglementaires applicables aux installations nucléaires en France sont insuffisantes dans les domaines de la « culture de la sécurité », de la « cybersécurité » et de la « protection contre les menaces internes ».

Non-conformité et vieillissement de l'installation

L’expérience d’exploitation de la centrale nucléaire de Cattenom soulève des préoccupations en matière de sûreté. En particulier, la multiplication des non-conformités au niveau des composants critiques pour la sûreté soulève des questions quant à l’efficacité des processus existants d’assurance qualité et de surveillance. Dans l’ensemble, les analyses issues des rapports d’inspection de Cattenom 1 montrent que l’état réel de la centrale ne correspond pas au niveau de sûreté théoriquement démontré.

Selon l’ASNR, le scandale lié aux irrégularités de fabrication à l’atelier de forge du Creusot met en évidence les limites des mécanismes de surveillance et de contrôle existants. Ni les contrôles effectués par les fabricants et les exploitants, ni les exigences de qualité en vigueur n’ont permis de garantir la détection fiable de composants contrefaits, suspects ou dont la documentation était frauduleuse. Cela signifie qu’il faut partir du principe que d’autres composants non conformes aux exigences se trouvent encore dans la centrale sans avoir été détectés et qu’ils pourraient, dans le pire des cas, présenter une défaillance lors d’un incident ou d’un accident.

Un problème central réside dans le fait que l’état de sécurité théoriquement démontré de Cattenom ne correspond pas à son état réel. Les justifications de sûreté et les calculs de conception ne sont valables que si les composants réellement présents possèdent effectivement les propriétés retenues et si celles-ci sont conservées pendant toute la durée d’exploitation. Des défauts de fabrication non détectés, des contrôles insuffisants et une détection tardive des dommages peuvent entraîner une fiabilité réelle des systèmes liés à la sûreté inférieure à celle supposée.

La gestion du vieillissement revêt une importance particulière dans ce contexte. Les résultats d’inspection disponibles concernant Cattenom 1 mettent toutefois en évidence des lacunes qui suscitent des doutes quant à l’efficacité de la gestion du vieillissement mise en œuvre sur ce site. Ainsi, il n’est pas encore garanti que les altérations liées au vieillissement des composants critiques pour la sûreté soient détectées avant l’apparition de dommages ou de dysfonctionnements. Des faiblesses ont également été constatées au niveau des contrôles périodiques et en ce qui concerne la compétence des prestataires externes. Les lacunes dans les contrôles périodiques comportent, à long terme, le risque d’une défaillance inattendue, liée au vieillissement, des systèmes et des composants, y compris ceux pour lesquels cela n’était pas prévu. Les dommages causés par la corrosion sous contrainte sur des tuyauteries critiques pour la sûreté montrent en outre que même des dégradations inattendues peuvent compromettre l’intégrité de composants importants.

Pour remédier durablement à ces lacunes, des analyses systématiques des causes sont indispensables. Elles doivent non seulement recenser les dommages ou les écarts immédiatement constatés, mais aussi identifier les faiblesses sous-jacentes d’ordre technique, organisationnel et lié aux processus. Ce n’est que sur cette base que des mesures correctives et préventives efficaces peuvent être élaborées et mises en œuvre de manière cohérente. Si les analyses des causes sont menées de manière insuffisante ou si leurs résultats ne sont pas systématiquement pris en compte, le risque existe que des défauts similaires ne soient pas détectés ou réapparaissent.

Pour l’évaluation technique de la sûreté de Cattenom 1, il n’est donc pas seulement déterminant que l’installation réponde aux exigences formelles de conception. Ce qui est déterminant, c’est bien davantage de savoir si l’état réel de ses composants critiques pour la sûreté est vérifié de manière fiable, documenté et garanti pendant toute la durée d’exploitation. Les lacunes systématiques constatées au niveau des contrôles périodiques, de la gestion du vieillissement,

de l’assurance qualité et des analyses d’événements ne permettent pas d’espérer que les examens menés dans le cadre de la quatrième inspection décennale (VD4) garantissent la poursuite de l’exploitation en toute sécurité.

Lacunes de conception

L’un des objectifs du quatrième réexamen de sûreté de Cattenom 1 consiste à aligner son niveau de sécurité sur l’état actuel de la technique. Le réacteur EPR sert ici de référence. Cet objectif ne peut toutefois pas être pleinement atteint, même au moyen de modernisations de grande ampleur. Le bâtiment du réacteur et celui destiné au stockage du combustible usé présentent, par exemple, des lacunes de conception inhérentes à leur construction, qui ne peuvent être comblées a posteriori. Il s’agit notamment de l’épaisseur des murs de ces bâtiments, insuffisante par rapport aux exigences actuelles.

De même, les lacunes en matière de redondance, de diversité, de séparation physique et d’indépendance des systèmes de sûreté par rapport aux exigences actuelles ne peuvent pas être comblées dans le cadre des travaux de modernisation. Ces lacunes augmentent le risque d’accidents graves. L’ASNR renvoie à cet égard à la mise à niveau du noyau dur. Le noyau dur englobe les mises à niveau de systèmes de sûreté importants. Il relève toutefois du niveau de sûreté 4 et ne peut donc pas compenser les lacunes de conception des systèmes de sûreté du niveau de sûreté 3 – qui servent à maîtriser les accidents de conception.

D’une part, des mises à niveau ne sont pas possibles pour tous les écarts existants par rapport au niveau de sûreté actuel ; d’autre part, les mises à niveau envisageables s’étendent sur plus de deux décennies. Certes, de nombreuses mises à niveau ont été réalisées entre-temps, mais des travaux de grande envergure restent nécessaires pour remédier autant que possible aux lacunes constatées lors du test de résistance de 2011. Il en résulte une situation problématique pour la centrale nucléaire de Cattenom : c’est précisément en raison des déficits de sécurité considérables que la mise en œuvre des modernisations nécessaires s’étend sur une longue période. L’expérience acquise jusqu’à présent montre en outre que les modernisations sont souvent mal mises en œuvre en raison de défauts systématiques.

Pour évaluer la sécurité d’une poursuite de l’exploitation au-delà de la durée de vie initialement prévue, c’est le niveau de sécurité effectivement atteint qui doit être pris en compte, et non un niveau potentiellement plus élevé qui ne sera peut-être atteint qu’en 2032. Il convient de présenter un tableau complet et transparent de l’ensemble des faits pertinents afin que la population puisse évaluer de manière compréhensible les risques liés à la poursuite de l’exploitation. Dans les domaines où il n’est pas possible d’aligner le niveau de sûreté de Cattenom 1 sur celui de l’EPR, les différences restantes (« deltas ») devraient être présentées et évaluées de manière transparente au cours de la procédure d’enquête publique, ainsi que les risques supplémentaires qui en découlent.

Bibliographie

ASN (2011a) : Évaluation complémentaire de la sûreté des centrales nucléaires françaises. Rapport de l'Autorité de sûreté nucléaire (décembre 2011). https://www.ensreg.eu/category/countries/france

ASN (2013) : Protection des installations nucléaires de base contre les inondations externes – GUIDE n° 13 ; version du 08/01/2013

ASN (2014) : Suivi des tests de résistance des centrales nucléaires françaises, Plan d'action national actualisé de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), décembre 2014

ASN (2020a) : Suivi des tests de résistance des centrales nucléaires françaises, rapport de clôture du plan d'action de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), décembre 2020

ASNR (2025) : Décision n° 2025-DC-016 de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection du xx juin 2025 fixant à la société Électricité de France (EDF) les prescriptions applicables aux réacteurs nucléaires de Belleville-sur-Loire (INB n° 127 et 128), Cattenom (INB n° 124, 125, 126 et 137), Flamanville (INB n° 108 et 109), Golfech (INB n° 135 et 142), Nogent-sur-Seine (INB n° 129 et 130), Paluel (INB n° 103, 104, 114 et 115), Penly (INB n° 136 et 140) et Saint-Alban/Saint-Maurice (INB n° 119 et 120) au vu des conclusions de la phase générique de leur quatrième réexamen périodique ». 1er juillet 2025.

BASE (2022) : BASE – Office fédéral pour la sécurité de la gestion des déchets nucléaires (2022), Prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires allemandes ? Situation au 26 juillet 2022.

BECKER (et al. 2020) : Les impacts du changement climatique sur le risque nucléaire et la sécurité d'approvisionnement. Document de travail ; Oda Becker, Eszter Matyas, Patricia Lorenz. 26 juin 2020

BMU (2002) : Protection des centrales nucléaires allemandes dans le contexte des attentats terroristes du 11 septembre 2001 aux États-Unis. Résumé de l'étude de la GRS par le ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sûreté nucléaire (BMU), Bonn, 27 novembre 2002

DECKER, K. & BRINKMAN, H. (2017) : Liste des aléas externes à prendre en compte dans ASAMPSA_E. Rapport technique ASAMPSA_E / WP21 / D21.2 / 2017-41, 51 p.

EDF (2011) : Cattenom, Rapport d'évaluation complémentaire de la sûreté des installations nucléaires au regard de l'accident de Fukushima, 15 septembre 2011.

ENISS (2015) : Une décennie de réalisations de l'ENISS et 20 ans pour aller de l'avant vers l'exploitation à long terme des centrales nucléaires en Europe ; Luc Vanhoenacker ; Conférence européenne sur la sûreté nucléaire, Bruxelles, 29 juin 2015.

ENSREG (2012) : Comité d'examen par les pairs des tests de résistance : Rapport d'examen par les pairs – France

ENSREG (2015) : RAPPORT DES RAPPORTEURS – FRANCE, ATELIER DE L'ENSREG SUR LES PLANS D'ACTION NATIONAUX – 2015.

ENSREG (2018a) : 1er rapport d'examen par les pairs thématique « Gestion du vieillissement » ; Groupe des autorités européennes de sûreté nucléaire ; octobre 2018

ENSREG (2018b) : 1er rapport d'évaluation par les pairs thématique « Gestion du vieillissement » ; conclusions spécifiques au pays, Groupe des autorités de sûreté nucléaire européennes ; octobre 2018

UE (2014) : DIRECTIVE 2014/87/Euratom DU CONSEIL du 8 juillet 2014 modifiant la directive 2009/71/Euratom établissant un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires.

FRANO (2021) : Effets d'un impact d'aéronef sur une centrale nucléaire vieillissante. Materials 2021, 14, 816. Frano, R.L. 2021.

GPR - GROUPE PERMANENT D'EXPERTS POUR LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES (2019) : Avis relatif aux orientations des quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 1 300 MWe ; Réunion tenue à Montrouge le 22 mai 2019.

GRS (2023) – Société pour la sûreté des installations et des réacteurs : Dommages ayant une incidence sur la sûreté dans le système d'alimentation de sécurité des centrales nucléaires françaises (état au 17/03/2023) https://www.grs.de/de/aktuelles/sicherheitsrelevante-schaeden-im-sicherheits-einspeisesystem-franzoesischer

HIPPEL, F.N., Schoeppner, M. (2016) : Reducing the Danger from Fires in Spent Fuel Pools (Réduire les risques liés aux ncendies dans les piscines de stockage du combustible usé) ; SCIENCE & GLOBAL SECURITY 2016, vol. 24, n° 3, p. 141-173 ; http://dx.doi.org/10.1080/08929882.2016.1235382.

INRAG – International Risk Assessment Group (2021) : Risques liés à la prolongation de la durée de vie des anciennes centrales nucléaires ; révision 4 (édité par) Nikolaus Arnold ; Oda Becker ; Paul Dorfman ; Matthias Englert et al. avril 2021

IRSN (2012) : Définition d'un noyau dur post-Fukushima pour les REP d'EDF : objectifs, contenu et exigences associées. (Définition d'un noyau dur post-Fukushima pour les REP d'EDF : objectifs, contenu et exigences associées – RAPPORT IRSN N°2012-009I) Réunion des groupes permanents d'experts pour les réacteurs nucléaires du 13 décembre 2012 – Rapport IRSN N°2012-009 ; 2012.

IRSN (2023c) : Avis IRSN n°2023-00066. Réacteurs électronucléaires d'EDF de 1 300 MWe – RP4 1 300 – Instruction anticipée portant sur le noyau dur post-Fukushima. À l'attention de Monsieur le Président de l'ASN, 12 mai 2023.

MAJER (2012) : Rapport final sur le test de résistance de la centrale nucléaire de Cattenom ; Dieter Majer, février 2012.

MERTINS (2024) Analyse des risques liés aux réacteurs de 1 300 MW en France, notamment au regard de la prolongation prévue de leur durée de vie ; Prof. Dr.-Ing. Manfred Mertins ; 2024. https://www.greenpeace.org/static/planet4-luxembourg-stateless/2024/04/1e1ec1f1-bericht_-analyse-von-risiken-der-1.300-mwe-reaktoren-in-frankreich-insbesondere-unter-beachtung-der-vorgesehenen-laufzeitverlangerung.pdf

NTI (2026) : Indice NTI de sécurité nucléaire – France, https://www.ntiindex.org/country/france/#country-chart

PISTNER et al. (2018) : Lacunes en matière de sécurité de la centrale nucléaire de Cattenom. Pistner, C., Sailer, M., Mohr, S., Küppers, C. Pour le compte des Länder de Rhénanie-Palatinat et de la Sarre, Öko-Institut Darmstadt

OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT (2024) Prolongation de la durée de vie du parc de réacteurs français de 1 300 MWe : exigences génériques pour le 4e examen périodique de sûreté, Tâche 3 : Rapport sur les risques ; Oda Becker ; Kurt Decker, Yves Marignac ; RAPPORT REP-0936 ; VIENNE 2024. https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0936.pdf

OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT (2024a) : Prolongation de la durée de vie du parc de réacteurs français de 1 300 MWe – Exigences génériques pour le 4e examen périodique de sûreté – Avis d'experts – rapport de synthèse ; Oda Becker, Kurt Decker, Markus Drapalik, Friederike Frieß, Yves Marignac, Manfred Mertins, Gabriele Mraz, Nikolaus Müllner, RAPPORT REP-0915 ; VIENNE 2024 https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0915.pdf.

WENRA – Association des autorités de sûreté nucléaire d'Europe occidentale (2013) : Rapport « Sûreté des nouveaux modèles de centrales nucléaires », étude réalisée par le groupe de travail sur l'harmonisation des réacteurs (RHWG) ; mars 2013

WENRA – Association des autorités de sûreté nucléaire d'Europe occidentale (2014) : Rapport « Niveaux de référence de sûreté de la WENRA pour les réacteurs existants – Mise à jour

à la lumière des enseignements tirés de l'accident de TEPCO à Fukushima Dai-ichi », WENRA, 24 septembre 2014. http://www.wenra.org/publications/.

WENRA – Association des autorités de sûreté nucléaire d'Europe occidentale (2020c) : Document d'orientation n° TU : Risques externes. Recommandations relatives aux inondations externes. Annexe au document-cadre d'orientation. http://www.wenra.org/publications/.

WENRA – Association des autorités de sûreté nucléaire d'Europe occidentale (2021) : Niveaux de référence de sûreté de la WENRA pour les réacteurs existants, mise à jour tenant compte des enseignements tirés de l'accident de Fukushima Dai-ichi de TEPCO ; 17 février 2021. http://www.wenra.org/publications/.

Annexe

Événements liés à la sûreté

Les événements liés à la sûreté (niveaux 1 et 2 de l'échelle INES) survenus à la centrale nucléaire de Cattenom sont répertoriés ci-dessous par ordre chronologique décroissant. Les événements liés à la sûreté, ainsi que les défaillances ou dommages qui auraient pu compromettre le bon fonctionnement des systèmes de sûreté en cas de séisme, sont présentés séparément dans la section suivante.

- Le 21 août 2026, l'exploitant a signalé un événement majeur lié au dysfonctionnement d'une **turbopompe dans le circuit d'alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG)** du réacteur 4. En raison de la détection tardive et du non-respect des conditions d'exploitation, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 30 mai 2026, l'exploitant a constaté que plusieurs **circuits de ventilation et de filtration d'air** dans le bâtiment des assemblages combustibles du réacteur n° 2 ne fonctionnaient pas correctement. Un incident similaire s'était déjà produit le 2 juin 2025 lors de l'arrêt pour maintenance du réacteur n° 3. Après analyse, cet incident a été classé au niveau 1 de l'échelle INES en raison de sa récurrence.

- Le 9 septembre 2025, l'exploitant a accidentellement fermé une **vanne du système de nettoyage des filtres** du réacteur n° 3, ce qui a mis ce système hors service. Un événement similaire s'était déjà produit en 2022. En raison de sa récurrence, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 14 août 2025, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté concernant le non-respect d'un critère relatif à une **fuite dans le circuit primaire** du réacteur n° 3. La fuite ayant été détectée tardivement, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 12 juin 2025, l'exploitant a signalé un **événement de radioprotectionn** majeur concernant le réacteur 3, au cours duquel la limite de dose individuelle annuelle d'un employé a été dépassée. Le 9 juin 2025, ce collaborateur effectuait des travaux de pose de tapis de plomb dans le bâtiment du réacteur. Lors du contrôle effectué à la sortie de la zone contrôlée, une contamination cutanée au niveau de la joue du collaborateur a été constatée. En raison du dépassement d'une limite d'exposition légale, cet événement a été classé au niveau 2 de l'échelle INES.

- Le 10 juin 2025, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté lié à la **défaillance de la fonction d'aspiration de l'iode dans le système de ventilation du bâtiment** d'entreposage des éléments combustibles du réacteur 3. En cas d'accident lors de la manipulation d'éléments combustibles, ce système assure le confinement du bâtiment afin d'empêcher tout rejet accidentel d'iode radioactif à l'extérieur de la centrale nucléaire. En raison de la détection tardive de l'indisponibilité du système d'élimination de l'iode radioactif, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 31 octobre 2024, l'exploitant a signalé la défaillance d'une **turbopompe du circuit d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur** du réacteur n° 2. En raison du non-respect des exigences de sûreté, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 12 juillet 2024**,** l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté lié à la défaillance d'un **capteur de mesure de la pression de vapeur** alimentant la turbine du réacteur n° 3. Comme il a été détecté trop tard au regard des RGE, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 24 août 2023, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté concernant le réacteur n° 1, en raison de l'indisponibilité d'un **groupe électrogène diesel de secours**. Un diagnostic plus

approfondi a permis d'identifier un défaut sur une carte électronique – un défaut qui n'avait pas été détecté lors du premier diagnostic. En raison du non-respect des RGE, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 13 juillet 2023, l'exploitant a signalé l'indisponibilité d'une **pompe à vapeur dans le système d'alimentation en eau auxiliaire (ASG) des générateurs de vapeur** du réacteur n° 2. En raison de la détection tardive de l'indisponibilité de la pompe et du non-respect des RGE, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 1er mars 2023, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté concernant le réacteur n° 2, en rapport avec le **système de surveillance de la radioactivité**. Le 23 février 2023, lors d'un contrôle périodique, l'exploitant a constaté que le seuil d'alarme de l'un des deux appareils était réglé à une valeur dix fois supérieure à celle prévue. En raison de la détection tardive du non-respect des spécifications techniques, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 16 février 2023, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté dans le réacteur n° 1. Il s'agissait d'une erreur dans la **détermination du débit dans le circuit primaire.** En raison de la détection tardive**,** l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 3 février 2023, l'exploitant a signalé un **événement** significatif **en matière de radioprotection** : un employé avait dépassé sa limite annuelle individuelle de dose de rayonnement. Le 2 février 2023, dans le bâtiment du réacteur n° 3 – qui avait été arrêté pour des travaux d'inspection et de réparation liés à la corrosion sous contrainte (SCC) –, l'employé a posé des calorifuges sur des vannes de différents circuits. Lors du contrôle à la sortie de la zone de contrôle, une contamination cutanée a été constatée sur la joue de l'employé. Une limite d'exposition légale ayant été dépassée pour cet employé, cet événement a été classé au niveau 2 de l'échelle INES.

- Le 9 novembre 2022, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté : la détection tardive de l'indisponibilité du **système de recirculation** du réacteur 4. Une première analyse a suggéré que la baisse de niveau pouvait être liée à la durée exceptionnellement longue pendant laquelle le réacteur s'est trouvé à l'état déchargé ; ce qui a entraîné une évaporation progressive sans que la baisse de niveau ne soit détectée. L'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES, car les procédures d'urgence n'ont pas été respectées.

- Le 21 octobre 2022, EDF a signalé un événement lié à la sûreté concernant **des raccords vissés** défectueux **au niveau des adaptateurs servant à raccorder les câbles des thermocouples** du système d'instrumentation nucléaire sur six réacteurs de la série des réacteurs de 1 300 MWe, dont le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Cattenom. En raison de son importance potentielle en matière de sûreté, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 16 septembre 2022, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté, car l'une des deux branches du **système de filtration d'eau destiné** au **refroidissement** du réacteur n° 2 était indisponible. Les réacteurs n° 1 et n° 2 disposent d'un système de filtration d'eau installé dans une salle des pompes commune. Dans la nuit du 13 au 14 septembre 2022, l'exploitant a fermé par erreur une vanne du système de rinçage du filtre du réacteur 2, ce qui a désactivé la fonction de rinçage de celui-ci. L'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES en raison de sa détection tardive.

- Le 19 avril 2022, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté pour le réacteur 4, concernant un composant essentiel au fonctionnement en cas d'accident. Au cours de l'arrêt, l'exploitant a constaté des rayures sur les systèmes de raccordement des câbles électriques servant à **la commande de certaines vannes de sécurité du circuit primaire**. Ces défauts auraient pu compromettre le fonctionnement de ce composant en cas d'accident. En raison de l'indisponibilité des équipements concernés, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 18 octobre 2021, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté concernant le non-respect des règles générales d'exploitation (RGE) relatives à la disponibilité du système de **surveillance de la radioactivité** du réacteur 3. En raison de sa détection tardive, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 29 septembre 2021, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté, une **pompe du circuit de contrôle volumétrique et chimique (RCV)** (RCV) du circuit primaire du réacteur 3 étant indisponible. En raison de la détection tardive, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 19 août 2021, l'exploitant a signalé un **événement** significatif **en matière de radioprotection**, au cours duquel un quart de la limite de dose individuelle annuelle a été dépassé. Le 14 août 2021, un employé a effectué des travaux sur le réacteur n° 3 pour remplacer une vanne du système d'alimentation de sécurité. En quittant la zone de contrôle, une contamination cutanée au niveau du visage a été constatée. Cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES, car la dose cutanée estimée dépassait un quart de la limite annuelle.

- Le 27 juillet 2021, l'exploitant a signalé l'indisponibilité partielle de **la fonction de séparation de l'iode** du système de ventilation dans le bâtiment des assemblages combustibles du réacteur n° 2. La cause en était un câblage défectueux d'un ventilateur, effectué lors de travaux de maintenance le 9 juillet 2021. En raison du non-respect de la limite annuelle de dose (RGE) et de la détection tardive, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 9 juillet 2021, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté concernant **l'indisponibilité du ventilateur dans la salle du turbogénérateur de secours** du réacteur n° 1. En raison de sa détection tardive, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 9 juillet 2021, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté lié à une **défaillance d'une pompe dans le circuit d'alimentation de secours** du **générateur de vapeur** du réacteur n° 1. Lors de l'expertise technique de la pompe, l'exploitant a constaté un blocage mécanique au niveau de l'une des roues. En raison de la détection tardive et du non-respect des procédures d'urgence, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 23 juin 2021**,** l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté lié à **l'indisponibilité de capteurs destinés à mesurer la pression de vapeur** alimentant la turbine du réacteur n° 1. La cause de ce dysfonctionnement a été identifiée comme étant la position incorrecte d'une vanne d'arrêt. En raison de la détection tardive au regard des RGE, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 11 juin 2021, l'exploitant a signalé un événement soumis à déclaration concernant le réacteur n° 3, suite à une interruption de **l'alimentation électrique externe**. Plusieurs dispositions des règles générales d'exploitation (RGE) n'ayant pas été respectées, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 24 février 2021, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté concernant un **écart dans la configuration des systèmes automatiques des vannes** du système de ventilation de l'enceinte de confinement du réacteur n° 3. En raison de la détection tardive de cet événement, celui-ci a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 3 février 2021, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté, car, suite à la conjonction de plusieurs événements, le délai prescrit pour le réacteur 3 pour le déclenchement de la procédure d'arrêt a été dépassé. Le 29 janvier 2021, EDF a effectué un test de fonctionnement sur des vannes. Or, les vannes n'ont pas pu être actionnées pendant l'essai. À la suite de cette intervention, une mauvaise évaluation de la part de l'équipe de maintenance a conduit à ce que les essais nécessaires à la vérification de la disponibilité de l'installation ne soient pas menés à bien. En raison du non-respect des RGE, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 15 septembre 2020, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté concernant l'indisponibilité de la **turbopompe du système d'alimentation d'eau de secours des générateurs de vapeur** du réacteur n° 1. La cause résidait dans un réglage incorrect de l'installation lors d'une opération de maintenance effectuée quelques semaines auparavant. En raison de la détection tardive du problème, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 1er septembre 2020, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté concernant le système de contrôle-commande du réacteur n° 3. À partir du 26 août 2020, EDF a constaté **des dysfonctionnements au niveau** d'**une armoire de contrôle-commande** contenant plusieurs cartes électroniques. Plusieurs défauts ont alors été identifiés, nécessitant le remplacement de divers composants. En raison du dépassement du délai de réparation fixé dans les RGE, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 20 juillet 2020, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté concernant une erreur dans la **détermination du débit d'eau dans le circuit primaire** du réacteur n° 2. Cette erreur aurait pu compromettre la fiabilité du système de protection du réacteur. Le 13 juillet 2020, une anomalie s'est produite dans une autre centrale nucléaire, ce qui a conduit à vérifier si des défauts similaires existaient également sur les réacteurs de la centrale de Cattenom. Une irrégularité a alors été constatée. En raison de la détection tardive de cette irrégularité, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 27 janvier 2020, EDF a signalé un événement lié à la sûreté. Celui-ci concernait l'absence de dispositifs de sécurité sur certaines vis de fixation des vannes thermostatiques des pompes du circuit d'alimentation de sécurité à moyenne pression (RIS) ainsi que du circuit de contrôle chimique et volumétrique (RCV) dans certains réacteurs de 1 300 MWe, notamment les réacteurs 1, 2 et 3 de la centrale nucléaire de Cattenom. Étant donné que cet événement concerne les deux branches des systèmes RIS et RCV et qu'il s'est reproduit, il est classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 2 octobre 2019, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté lié à une défaillance d'un **bassin de rétention du système d'alimentation de sécurité** dans le bâtiment du réacteur n° 3. Le 29 septembre 2019, l'exploitant avait constaté un endommagement du joint d'étanchéité. En raison de la détection tardive de la non-conformité aux exigences réglementaires, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 30 septembre 2019, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté, car un **dispositif de fermeture** faisait défaut au niveau d'une traversée de **l'enceinte de confinement** du réacteur 3. Cela a entraîné une altération temporaire d'un dispositif de maîtrise des incidents ; en raison de la détection tardive de l'écart par rapport aux RGE, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 30 septembre 2019, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté dû à l'indisponibilité d'une **alarme de surveillance du flux neutronique** dans le réacteur 3. Le 26 septembre 2019, l'exploitant n'avait pas correctement paramétré une alarme de mesure du flux neutronique, ce qui a compromis sa fiabilité. En raison de la détection tardive de la situation, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 10 septembre 2019, l'exploitant a signalé un événement soumis à déclaration concernant **l'indisponibilité d'une turbopompe dans le système d'alimentation d'eau de secours** des générateurs de vapeur du réacteur n° 1. Cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES en raison de sa détection tardive.

- Le 11 juillet 2019, dans le cadre d'un contrôle périodique sur le réacteur 2, l'exploitant a constaté un dysfonctionnement sur l'une des deux branches du **système de commande automatique des vannes du générateur de vapeur**. En raison de la détection tardive, EDF a classé cet événement au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 5 avril 2019, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté lié à l'indisponibilité d'une **turbopompe du système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur** (ASG) du réacteur n° 4. Le 2 avril 2019, lors d'un contrôle périodique, l'exploitant a constaté que la vanne ne s'ouvrait pas automatiquement. À l'issue d'une enquête, l'exploitant a identifié une erreur de montage – commise lors d'une opération de maintenance début mars 2019 – comme cause de cette défaillance. En raison de la détection tardive de l'indisponibilité de la vanne, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 26 février 2019, l'exploitant a signalé un **événement** significatif **en matière de radioprotection**, au cours duquel un quart de la limite de dose individuelle annuelle a été dépassé. Le 21 février 2019, un employé d'une entreprise externe a effectué des travaux consistant à retirer des matériaux du bâtiment des éléments combustibles du réacteur n° 3. À sa sortie de la zone de contrôle, une contamination cutanée a été constatée sur son bras droit. En raison du dépassement d'un quart de la limite d'exposition annuelle légale, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 12 février 2019, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté, car l'une des deux branches du système d'alimentation de sécurité du réacteur n° 4 n'était pas disponible. Lors de la maintenance **de l'une des pompes du système d'alimentation de sécurité**, un défaut a été constaté qui, en cas de fonctionnement prolongé, aurait pu entraîner une détérioration de la pompe. La dernière inspection avec démontage de la pompe avait été effectuée en 2003. L'indisponibilité de la pompe est donc survenue après cette date. En raison de la détection tardive de l'événement, celui-ci a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 2 janvier 2019, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté pour le réacteur 3 : l'un des deux **groupes électrogènes diesel de secours** n'était pas disponible, car une vanne bloquée empêchait le démarrage du moteur. Dès le 2 novembre 2018, une défaillance non identifiée lors d'un essai de démarrage périodique du moteur diesel avait entraîné son arrêt. Le 28 décembre 2018, le même phénomène s'est produit. Une enquête menée par la suite a révélé qu'un amas de graisse durcie sur une vanne du système de démarrage bloquait celle-ci en position ouverte. En raison de la détection tardive, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 19 juin 2018, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté. Celui-ci concernait l'indisponibilité d'une **vanne d'arrêt dans une canalisation** traversant la paroi extérieure de l'enceinte de confinement du réacteur n° 4. Une enquête approfondie menée par la suite a révélé que des erreurs de montage sur la vanne – causées par une intervention de maintenance effectuée en 2016 – étaient à l'origine du dysfonctionnement. En cas d'accident grave, le confinement des substances radioactives aurait été compromis. En raison de la détection tardive de l'indisponibilité de la vanne d'arrêt, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 27 mars 2018, l'exploitant a signalé un événement lié à la sûreté dû **à** un **mauvais positionnement des barres de commande** du réacteur n° 2. En raison de la détection tardive de cette erreur, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 21 mars 2018, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté, car une **mesure de niveau dans le réservoir** destiné au refroidissement et au nettoyage de l'eau de la piscine du réacteur n° 2 était défaillante. Une analyse a révélé que les valeurs mesurées par ce capteur étaient perturbées depuis le 20 février 2018. Cela était dû à des travaux de maintenance ; une partie du capteur avait en effet été recouverte lors de l'application d'un revêtement au sol. En raison de la détection tardive de ce défaut, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 15 mars 2018, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté concernant **l'indisponibilité d'une commande de fermeture d'une vanne d'arrêt** de **l'enceinte de confinement** du réacteur n° 1. Le 13 mars 2018, l'exploitant a constaté une erreur de câblage

dans le système commandant la fermeture de l'une des deux vannes d'arrêt. En raison du non-respect des procédures de sécurité, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 19 septembre 2017, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté concernant l'indisponibilité d'une **alarme destinée à la surveillance du réacteur**. Le 13 septembre 2017, dans le cadre des activités prévues pour le redémarrage du réacteur n° 4, l'exploitant a procédé à un contrôle périodique des instruments de mesure de la puissance du cœur du réacteur. Au cours de cette opération, en raison d'un manque de coordination avec une activité menée en parallèle, une alarme de surveillance du flux neutronique a été mise hors service pendant trente minutes. En raison du non-respect des règles d'exploitation, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

- Le 18 août 2017, l'exploitant a signalé un **événement** significatif **en matière de radioprotection**, au cours duquel un quart de la limite de dose individuelle annuelle a été dépassé. Le 16 août 2017, un employé d'une entreprise externe a effectué des travaux de maintenance sur le chargeur d'assemblages combustibles dans le bâtiment du réacteur n° 4. À sa sortie de la zone de contrôle, une contamination cutanée au niveau de la nuque a été constatée. En raison du dépassement d'un quart de la limite d'exposition annuelle légale, cet événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.

Événements liés à la sûreté sismique

Les défauts ou dommages suivants auraient pu compromettre le bon fonctionnement des systèmes de sûreté en cas de séisme :

Le 31 janvier 2020, EDF a signalé un événement relevant de la sûreté concernant les réacteurs 1 et 3, qui portait sur des défauts de résistance sismique de certains composants. En cas de séisme entraînant une coupure de l'alimentation électrique externe, ces défauts pourraient empêcher le fonctionnement des groupes électrogènes de secours. Ces défauts sont de trois types :

- un montage défectueux de raccords en élastomère sur des canalisations,
- la corrosion de certaines sections de tuyauterie ou de leurs supports,
- des défauts au niveau des raccordements électriques dans certaines armoires électriques.

Compte tenu des conséquences potentielles d'une défaillance d'un groupe électrogène de secours en cas de séisme, cet événement est classé au niveau 1 de l'échelle INES. [44]

Le 30 octobre 2018, EDF a signalé à l'ASN un événement relevant de la sûreté qui concernait également les réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de Cattenom. Dans le cadre du 3e réexamen périodique de sûreté (RPS) des réacteurs de 1 300 MWe, EDF a constaté que les ancrages au sol de divers équipements devaient être renforcés. Certaines des mesures de renforcement mises en œuvre entre 2015 et 2018 dans le cadre des inspections décennales ont nécessité des fixations sur des dalles en béton qui n'avaient toutefois pas été suffisamment dimensionnées. Compte tenu des répercussions potentielles sur la sûreté, l'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.[45]

En juin 2017, des investigations menées dans un premier temps à la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire ont révélé que l'épaisseur des parois d'une tuyauterie était inférieure au minimum

---

44 https://reglementation-controle.asnr.fr/controle/actualites-du-controle/installations-nucleaires/avis-d-incident-des-installations-nucleaires/groupes-electrogenes-de-secours-incident-de-niveau-2

45 https://reglementation-controle.asnr.fr/controle/actualites-du-controle/installations-nucleaires/avis-d-incident-des-installations-nucleaires/mauvais-dimensionnement-d-ancrages-mis-en-place-lors-des-troisiemes-visites-decennales-1300-mwe

requis pour la résistance sismique. Ces dommages sont la conséquence d'une corrosion qui a pu se développer en l'absence d'une maintenance préventive adéquate. La source d'eau de refroidissement des réacteurs pourrait être interrompue si, à la suite d'un séisme, des ruptures de canalisations entraînaient une inondation interne, rendant ainsi les pompes du circuit d'eau de secours indisponibles. Vingt réacteurs, y compris les quatre réacteurs de Cattenom, présentaient un risque de perte totale de la source d'eau de refroidissement. En conséquence, l'événement a été classé au niveau 2 de l'échelle INES.

Un événement lié à la sûreté survenu en 2017 concernait l'absence de justification de la résistance sismique des ancrages des systèmes auxiliaires des groupes électrogènes de secours. Il englobe à la fois des problèmes de conception qui concernent l'ensemble des réacteurs de 1 300 MWe, et des problèmes locaux liés à un mauvais état ou à un montage défectueux des ancrages. En cas de coupure de l'alimentation électrique externe provoquée par un séisme, le fonctionnement des groupes électrogènes de secours à diesel ne pourrait plus être assuré en raison de la défaillance de leurs systèmes auxiliaires. Compte tenu des conséquences potentielles pour la sûreté des centrales nucléaires en cas de séisme, cet événement est également classé au niveau 2 de l'échelle INES pour les réacteurs de Cattenom.[46]

Le 13 mars 2020, l'exploitant a signalé un événement relevant de la sûreté dû à des lacunes en matière de **résistance sismique des ancrages** du système de commande à distance des vannes des systèmes de sûreté. En novembre 2019, lors d'une inspection du réacteur n° 1, des anomalies ont été constatées au niveau des ancrages du système de commande à distance de deux vannes du système d'alimentation de sûreté (RIS). Ces deux vannes avaient déjà été contrôlées en 2016 dans le cadre du contrôle de conformité effectué lors de l'inspection décennale, sans que ces anomalies aient été détectées. Des contrôles supplémentaires effectués sur tous les réacteurs du site ont révélé des défauts similaires (fixation manquante ou montage défectueux). L'événement a été classé au niveau 1 de l'échelle INES.[47]

---

46 https://reglementation-controle.asnr.fr/information/archives-des-actualites/groupes-electrogenes-de-secours-a-moteur-diesel-incident-de-niveau-2

47 https://reglementation-controle.asnr.fr/controle/actualites-du-controle/installations-nucleaires/avis-d-incident-des-installations-nucleaires/ancrages-de-commandes-deportees-de-robinets-de-circuits-de-sauvegarde