



DOCUMENT

2

Rapport du
4^e réexamen périodique

Enquête publique sur le rapport du 4^e réexamen périodique

Centrale Nucléaire de Gravelines
Réacteur n°2

RAPPORT DU 4^E REEXAMEN PERIODIQUE

REACTEUR N°2

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
VOLET I – RISQUES	20
CHAPITRE 1 : CONFORMITE	22
SECTION 0 : RESORPTION DES ECARTS AYANT UN IMPACT SUR LA SURETE	24
SECTION 1 : EXAMEN DE CONFORMITE	31
SECTION 2 : PROGRAMME D’INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES (PIC)	57
SECTION 3 : TRAITEMENT DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR LA SURETE (ESS) DE NIVEAU SUPERIEUR OU EGAL A 1 SUR L’ECHELLE INES ET DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR L’ENVIRONNEMENT (ESE) RELATIFS AU CONFINEMENT LIQUIDE	63
SECTION 4 : REVUE DE CONFORMITE DES SYSTEMES	69
CHAPITRE 2 : REEVALUATION	92
SECTION 1 : ACCIDENTS SANS FUSION DU CŒUR	94
SECTION 2 : AGRESSIONS	146
SECTION 3 : PISCINE COMBUSTIBLE	306
SECTION 4 : ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR	326
SECTION 5 : RISQUES CONVENTIONNELS	364
SECTION 6 : ETUDES TRANSVERSES	373
SECTION 7 : CONTRIBUTION DU NOYAU DUR AUX OBJECTIFS DU REEXAMEN	395
VOLET II - INCONVENIENTS	448
CHAPITRE 1 : CONFORMITE	451
CHAPITRE 2 : REEVALUATION	538
VOLET III - POURSUITE DU FONCTIONNEMENT APRES 40 ANS	572
SECTION 1 : MAITRISE DU VIEILLISSEMENT ET DE L’OBSOLESCENCE	574
SECTION 2 : MAITRISE DE LA QUALIFICATION DES MQCA	608
CONCLUSION	628
ANNEXE	634
GLOSSAIRE	655

INTRODUCTION

La quatrième Visite Décennale de la tranche 2 du Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Gravelines s'est déroulée du 10/06/2023 (découplage du réseau électrique) au 07/03/2024 (couplage au réseau électrique). La divergence du réacteur a eu lieu le 29/02/2024.

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique des tranches du Palier CPY (900 MWe), le présent document constitue le Rapport de Conclusions du Réexamen de la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Il présente les conclusions du réexamen en regard des objectifs associés, ainsi qu'une synthèse des méthodes mises en œuvre et des principaux résultats pour chaque thème traité. Les thèmes qui y sont abordés sont présentés tout d'abord de manière générique pour l'ensemble des réacteurs du Palier CPY, puis déclinés pour la tranche 2 du CNPE de Gravelines afin de mettre en avant les spécificités de cette tranche en regard du thème examiné et dresser le bilan d'intégration des modifications prévues pour ce thème.

Ainsi, chaque thème du réexamen est structuré de la manière suivante dans le Rapport de Conclusions du Réexamen :

- **Partie générique Palier.**
- **Partie spécifique à la tranche.**
 - Spécificités de la tranche : cette partie présente la déclinaison locale des études, notamment lorsque la tranche présente des spécificités vis-à-vis de l'état Palier.
 - Bilan de l'état de la tranche : bilan de l'intégration des modifications prévues ou présentation des résultats des contrôles réalisés.

Ce document couvre l'ensemble des intérêts protégés définis à l'article L.593-1 du code de l'environnement.

0. CONTEXTE

L'article L.591-1 du code de l'environnement définit la sûreté nucléaire comme *« l'ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des INB, ainsi qu'au transport des substances radioactives, prises en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets »*.

Les articles L.593-18 et L.593-19 du code de l'environnement traitent des réexamens périodiques :

Article L593-18 : « L'exploitant d'une installation nucléaire de base procède périodiquement au réexamen de son installation en prenant en compte les meilleures pratiques internationales.

Ce réexamen doit permettre d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser l'appréciation des risques ou inconvénients que l'installation présente pour les intérêts mentionnés à l'article [L. 593-1](#), en tenant compte notamment de l'état de l'installation, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances, dont celles sur le changement climatique et ses effets, et des règles applicables aux installations similaires. Cette appréciation des risques tient compte des conséquences du changement climatique sur les agressions externes à prendre en considération dans le cadre de celle-ci.

Ces réexamens ont lieu tous les dix ans. Toutefois, le décret d'autorisation peut fixer une périodicité différente si les particularités de l'installation le justifient. Pour les installations relevant de la directive 2009/71/Euratom du Conseil du 25 juin 2009 établissant un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires, la fréquence des réexamens périodiques ne peut être inférieure à une fois tous les dix ans.

Le cas échéant, l'exploitant peut fournir sous la forme d'un rapport séparé les éléments dont il estime que la divulgation serait de nature à porter atteinte à l'un des intérêts visés à l'article [L. 124-4](#). Sous cette réserve, le rapport de réexamen périodique est communicable à toute personne en application des [articles L. 125-10 et L. 125-11](#) ».

Article L593-19 : « L'exploitant adresse à l'Autorité de sûreté nucléaire et au ministre chargé de la sûreté nucléaire un rapport comportant les conclusions de l'examen prévu à l'article [L. 593-18](#) et, le cas échéant, les dispositions qu'il envisage de prendre pour remédier aux anomalies constatées ou pour améliorer la protection des intérêts mentionnés à l'article [L. 593-1](#).

Pour les réexamens au-delà de la trente-cinquième année de fonctionnement d'un réacteur électronucléaire, le rapport mentionné au premier alinéa du présent article fait l'objet d'une enquête publique.

L'Autorité de sûreté nucléaire analyse le rapport mentionné au même premier alinéa. A l'issue de cette analyse, elle peut imposer à l'exploitant de nouvelles prescriptions mentionnées à l'[article L. 593-10](#). Pour les réexamens mentionnés au deuxième alinéa du présent article, l'Autorité de sûreté nucléaire tient compte des conclusions de l'enquête publique dans son analyse du rapport de l'exploitant et dans les prescriptions qu'elle prend. Pour ces mêmes réexamens, cinq ans après la remise du rapport mentionné au premier alinéa du présent article, l'exploitant remet à l'Autorité de sûreté nucléaire un rapport intermédiaire rendant compte de la mise en œuvre des prescriptions mentionnées à l'article L. 593-10 prises à l'occasion du réexamen, au vu duquel l'Autorité de sûreté nucléaire peut compléter ces prescriptions.

L'Autorité de sûreté nucléaire communique son analyse du rapport et ses prescriptions au ministre chargé de la sûreté nucléaire. A l'exception des informations susceptibles de porter atteinte aux intérêts mentionnés au I de l'[article L. 124-4](#), cette analyse et ces prescriptions sont rendues publiques.

Les dispositions envisagées par l'exploitant font l'objet, en fonction de leur degré d'importance, d'autorisations en cas de modifications substantielles, dans les conditions prévues au II de l'article L. 593-14, ou de déclarations ou d'autorisations en cas de modifications notables, dans les conditions prévues à l'article L. 593-15 ».

1. PRINCIPES DU REEXAMEN PERIODIQUE

Conformément à l'article L.593-18 du code de l'environnement, EDF réalise les réexamens périodiques de ses réacteurs **tous les dix ans** afin « *d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser l'appréciation des risques ou inconvénients que l'installation présente pour les intérêts mentionnés à l'article L.593-1, en tenant compte notamment de l'état de l'installation, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances dont celles sur le changement climatique et ses effets, et des règles applicables aux installations similaires. Cette appréciation des risques tient compte des conséquences du changement climatique sur les agressions externes à prendre en considération dans le cadre de celle-ci.* ».

La démarche de réexamen périodique repose ainsi sur la prise en compte :

- Des enseignements tirés du retour d'expérience national et international.
- Des résultats des études de Recherche et Développement (R&D) et des avancées permises par l'amélioration des connaissances et des technologies.
- Des adaptations et évolutions nécessaires pour répondre à des objectifs plus ambitieux, visant à renforcer la maîtrise des **risques** et des **inconvénients**.

Les risques sont générés par le fonctionnement incidentel ou accidentel des installations et peuvent conduire à des conséquences radiologiques (rejet de produits radioactifs) ou à des conséquences non radiologiques (effets thermiques, effets toxiques, effets de surpression...). Les inconvénients sont générés par le fonctionnement normal ou en mode dégradé des installations (prélèvements d'eau et rejets, bruit, vibrations...).

Cette démarche est déclinée selon une approche proportionnée aux enjeux de sûreté nucléaire et de protection de l'environnement et à des conditions économiquement acceptables.

Le réexamen périodique traite donc à la fois des risques et des inconvénients, chacun de ces deux volets étant divisé en deux parties :

- **Vérification de la conformité** des installations aux règles applicables en entrée du réexamen pour les risques et **appréciation de la situation** des installations au regard des règles qui lui sont applicables pour les inconvénients.
- **Réévaluation** répondant à l'objectif d'améliorer autant que raisonnablement possible la protection des intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du code de l'environnement.

Le quatrième réexamen périodique comporte un troisième volet relatif à la « *poursuite du fonctionnement après 40 ans* » qui couvre la maîtrise du vieillissement des matériels et le maintien de la qualification des matériels aux conditions accidentelles.

Le réexamen comporte une phase « générique » commune à l'ensemble des tranches du palier (CPY). Cette phase tire parti du caractère standardisé des réacteurs d'un même palier. Les études réalisées dans le cadre de la phase « générique » sont donc communes à tous les réacteurs du palier.

Vis-à-vis des risques et de la poursuite du fonctionnement après 40 ans, le processus de réexamen périodique a débuté par une phase d'orientation qui avait pour objectif de déterminer les différents thèmes à retenir. Pour le 4^{ème} Réexamen Périodique du Palier 900 MWe (4^{ème} RP 900), EDF a remis à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) un Dossier d'Orientations du Réexamen (DOR) le 13 février 2014 qui décrit son programme de travail. Sur cette base, le Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs, saisi par l'ASN, a examiné le contenu du programme proposé par EDF concernant le volet risques lors des séances des 1^{er} et 2 avril 2015, consacrées aux « Orientations du réexamen de sûreté associé aux quatrième visites décennales des réacteurs du Palier 900 MWe » (« GPO » dans la suite du document). Les orientations du réexamen ont également été instruites par le Groupe Permanent d'experts pour les Equipements Sous Pression Nucléaire (GP ESPN), saisi par l'ASN, tenu le 10 juin 2015. Dans le cadre de ces Groupes Permanents, EDF s'est engagée, via des actions, à compléter son programme de travail. A partir de ces actions et des échanges tenus lors de ces Groupes Permanents, l'ASN a formulé des demandes complémentaires le 20 avril 2016 après consultation du public.

Par la suite, plusieurs thématiques ont été instruites dont certaines ont donné lieu à des Groupes Permanents sur des thématiques spécifiques : maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence, résistance mécanique des cuves, dossiers de référence réglementaires des Equipements Sous Pression nucléaires, vieillissement et tenue en service des coudes moulés du circuit primaire principal, études probabilistes de sûreté, études d'accidents sans fusion du cœur, études d'accidents avec fusion du cœur et agressions.

Les 12 et 13 novembre 2020, le bilan de la phase générique du quatrième réexamen périodique des réacteurs du Palier 900 MWe a fait l'objet d'un examen par le Groupe Permanent Réacteurs.

Après consultation du public, l'Autorité de Sûreté Nucléaire a alors émis en février 2021 les prescriptions applicables aux réacteurs du Palier 900 MWe au vu des conclusions de la phase générique de leur quatrième réexamen (décision n° 2021-DC-0706), afin d'encadrer la poursuite du fonctionnement de ces réacteurs.

Le Rapport de Conclusions du Réexamen présente donc dans le volet risques les conclusions du quatrième réexamen périodique, et notamment le traitement des actions retenues par EDF à l'issue des réunions des Groupes Permanents relatives au cadrage du réexamen, les principaux enseignements de l'ensemble des instructions menées dans le cadre de la phase générique de ce réexamen et les prescriptions génériques.

En particulier, la prescription [GEN] demande qu'« *avant la remise du rapport de conclusion du réexamen, l'exploitant vérifie que l'état des connaissances sur lequel est fondée la phase générique du réexamen périodique reste pertinent au regard des évolutions des connaissances et du retour d'expérience. Dans le cas contraire, l'exploitant présente dans ce rapport les dispositions qu'il a prises ou qu'il prévoit pour intégrer ces évolutions* ». Le Rapport de Conclusions du Réexamen (RCR) d'un réacteur Tête de Série (TTS), Tricastin 1 pour le Palier CPY, constitue la référence en sortie de la phase générique du 4^{ème} RP 900 : les parties génériques de ce RCR intègrent les évolutions des connaissances et le retour d'expérience pris en compte dans le cadre du réexamen. Par la suite, dans le cadre de la rédaction des RCR des réacteurs suivants, les parties génériques sont mises à jour autant que de besoin pour intégrer les évolutions des connaissances et le retour d'expérience notables. Ces parties génériques actualisées sont déclinées dans les parties spécifiques. Cette actualisation du contenu des RCR pour les tranches post-TTS répond à la prescription [GEN].

Le présent rapport traite aussi des inconvénients, tels que définis l'alinéa I de l'article 4.1 de l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base : « Les inconvénients [...] incluent, d'une part, les impacts occasionnés par l'installation sur la santé et l'environnement du fait des prélèvements d'eau et rejets, et, d'autre part, les nuisances qu'elle peut engendrer, notamment par la dispersion de micro-organismes pathogènes, les bruits et vibrations, les odeurs ou l'envol de poussières. ». Il couvre le fonctionnement normal et le fonctionnement en mode dégradé des installations, tels qu'ils sont définis à l'article 1.3 de l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, en cohérence avec le champ de l'étude d'impact. La

gestion des déchets est également retenue par EDF comme relevant du volet inconvénients car elle est liée au fonctionnement normal des installations.

En application des articles 1.3.1, 3.3.6 et 4.4.5 de la décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) du 16 juillet 2013, relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base, homologuée par l'arrêté du 9 août 2013, modifiée par la décision n° 2016-DC-0569 de l'ASN du 29 septembre 2016 homologuée par l'arrêté du 5 décembre 2016, les analyses suivantes peuvent être communes à plusieurs installations présentes sur un même site, et leurs résultats peuvent être présentés dans le RCR de l'installation de référence du site :

- une analyse des performances des moyens de prévention et réduction des impacts et nuisances engendrés par l'installation nucléaire de base au regard de l'efficacité des meilleures techniques disponibles,
- une analyse de l'état chimique et radiologique de l'environnement portant sur l'installation et son voisinage, proportionnée à l'activité et aux enjeux,
- une mesure des niveaux d'émission sonore de l'établissement.

Pour le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Gravelines, la tranche 1 (INB n° 96) est l'installation de référence.

2. OBJECTIFS DEFINIS PAR EDF POUR LE QUATRIEME REEXAMEN PERIODIQUE DU PALIER 900 MWE

Dans le cadre de l'amélioration de la protection des intérêts dont bénéficie le Parc nucléaire depuis sa mise en service, EDF a retenu comme orientation générale de sûreté nucléaire du 4^{ème} Réexamen Périodique du Palier 900 MWe (4^{ème} RP 900) de tendre vers les objectifs de sûreté nucléaire fixés pour les réacteurs de 3^{ème} génération dont le réacteur de référence EDF est l'EPR de Flamanville 3.

2.1 Objectifs

Le processus d'amélioration de la protection des intérêts avec son orientation générale « *sûreté nucléaire* » se traduit par les objectifs suivants :

2.1.1 Objectifs du volet risques du 4^{ème} RP 900 :

a. Vérifier la conformité des installations au regard des règles qui lui sont applicables

La conception initiale des réacteurs a été menée sur la base d'une démarche prudente comportant des marges importantes à la conception. Tout au long de l'exploitation de ses réacteurs,

EDF s'est organisée en architecte ensemblier afin de préserver les fondements sûreté de la conception initiale et prendre les décisions d'évolutions sur les installations et leur exploitation en ayant appréhendé et traité les impacts de ces changements sur la sûreté.

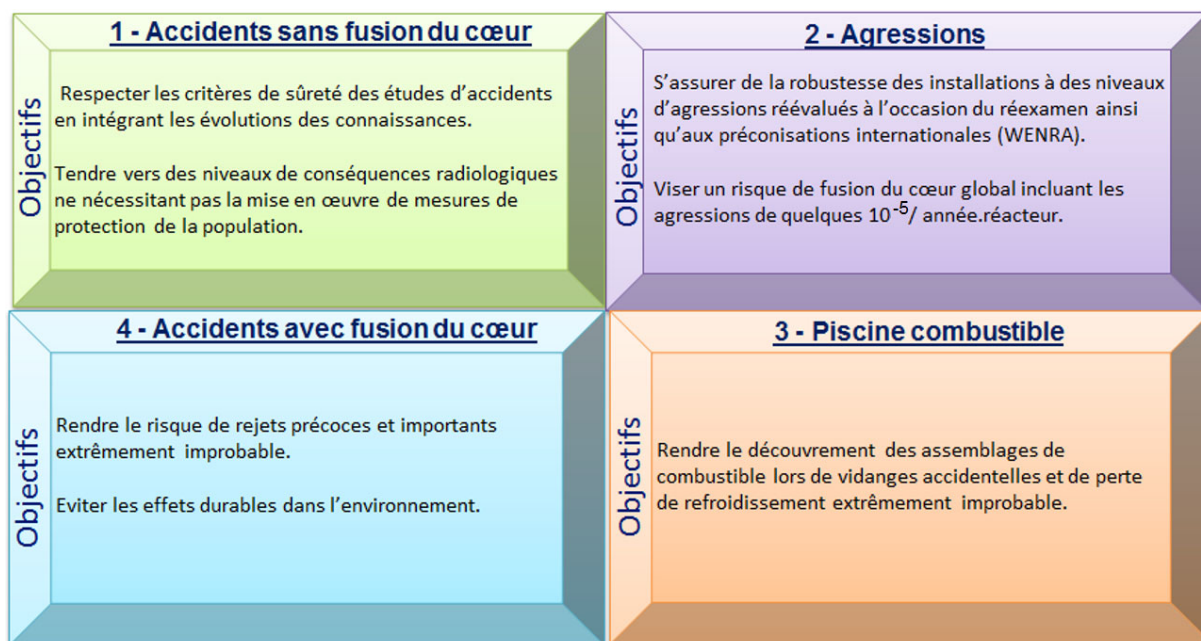
Au-delà du processus continu de traitement des écarts qui sont identifiés au cours du fonctionnement de l'installation, EDF met en œuvre, à l'occasion des réexamens périodiques, d'importants moyens de vérification de la conformité des installations avec pour objectif de garantir la conformité des tranches au référentiel des exigences applicables.

La démarche de vérification de la conformité des installations mise en œuvre dans le cadre du 4^{ème} RP 900 repose sur :

- ❖ La résorption des écarts ayant un impact sur la sûreté, en réponse à la prescription [CONF-A] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.
- ❖ L'examen de conformité des tranches aux exigences du 3^{ème} RP 900, qui complète les dispositions d'exploitation et de maintenance existantes (essais périodiques, programmes de maintenance) par la réalisation de contrôles *in-situ* et/ou documentaires.
- ❖ Le PIC, Programme d'Investigations Complémentaires, dont l'objectif est de conforter les hypothèses sur l'absence de dégradations en service dans des zones non couvertes par les programmes de maintenance.
- ❖ Le traitement des Evénements Significatifs pour la Sûreté de niveau supérieur ou égal à 1 sur l'échelle INES et des Evénements Significatifs pour l'Environnement relatifs au confinement liquide.
- ❖ Un programme de revues de conformité de systèmes contribuant à la protection des intérêts contre les risques (systèmes comprenant des EIPS).

b. Décliner les objectifs de réévaluation de sûreté

Ces objectifs sont déclinés de la manière suivante :



Suite à l'accident survenu sur la centrale de Fukushima-Daiichi le 11 mars 2011, les dispositions dites « *Noyau Dur* » déployées par EDF en réponse aux prescriptions prises par l'ASN suite à cet accident contribuent à la réponse aux objectifs du 4^{ème} RP 900 (cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#)).

En complément, pour couvrir les risques non radiologiques liés à un accident, le réexamen comporte également l'évaluation des conséquences de ces risques et la justification de leur acceptabilité.

2.1.2 Objectifs du volet inconvénients du 4^{ème} RP 900 :

Conformément à l'article L. 593-18 du code de l'environnement : « Ce réexamen doit permettre d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser l'appréciation des risques ou inconvénients que l'installation présente pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1, en tenant compte notamment de l'état de l'installation, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances et des règles applicables aux installations similaires ».

La première partie du volet inconvénients du réexamen permet « d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables », à partir de l'organisation de l'installation pour la maîtrise des inconvénients qu'elle présente pour les intérêts protégés et pour la maîtrise de sa conformité aux règles qui lui sont applicables et du bilan de l'expérience acquise sur 10 ans.

La deuxième partie du volet inconvénients du réexamen vise à « actualiser l'appréciation des [...] inconvénients que l'installation présente pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 » et se fonde sur les éléments suivants :

- L'analyse des performances des moyens de prévention et réduction des impacts et nuisances engendrés par le CNPE au regard de l'efficacité des meilleures techniques disponibles.
- L'analyse de l'état chimique et radiologique de l'environnement au voisinage du CNPE.
- L'analyse de l'état chimique et radiologique de l'environnement sur le CNPE (état des sols).
- Les éléments permettant le réexamen des limites de rejet des substances mentionnées dans le tableau annexé à l'article R. 211-11-1 du code de l'environnement.
- Le bilan des études menées, état des études restant à conduire et échéancier prévisionnel du reconditionnement des déchets conditionnés selon des modalités incompatibles avec leur admission dans les installations de stockage auxquelles ils sont destinés.
- Les éléments permettant le réexamen des prescriptions associées au contrôle permanent de la radioactivité ou au doublement des chaînes de mesure.
- La mesure des niveaux d'émission sonore du CNPE.

2.1.3 Objectifs du volet poursuite du fonctionnement après 40 ans du 4^{ème} RP 900 :

Le 4^{ème} RP 900 prévoit un important programme de travail relatif au vieillissement des matériels dans le cadre de la poursuite du fonctionnement des installations après 40 ans. L'approche repose sur :

- La maîtrise du vieillissement comprenant l'établissement et la mise en œuvre d'une démarche générale, le bilan des principaux acquis, le programme d'acquisitions de connaissances à mener, ainsi que les dossiers à constituer et les conséquences à en tirer vis-à-vis du vieillissement et du traitement de l'obsolescence.
- Le maintien de la qualification des matériels aux conditions accidentelles, avec le traitement de la question de l'extension de la durée de qualification après 40 ans.

2.1.4 Analyse transverse :

Compte-tenu du volume important d'évolutions introduites à l'occasion du 4^{ème} RP 900, une démarche d'analyse transverse des interactions des modifications est menée concernant :

- le personnel : une analyse est mise en œuvre pour appréhender les impacts Socio-Organisationnels et Humains du programme du 4^{ème} RP 900 sur les sites (analyse SOH) ;
- l'installation : une analyse relative à l'exhaustivité des essais de requalification de l'installation après intégration des modifications est menée.

2.2 Dispositions prises par l'exploitant pour répondre aux objectifs du réexamen

Le code de l'environnement prévoit que, lorsque le réexamen périodique est réalisé au-delà de la 35^{ème} année de fonctionnement d'un réacteur, le rapport de conclusion de réexamen (RCR) fait l'objet d'une enquête publique.

Les dispositions envisagées par l'exploitant dans ce RCR correspondent à l'ensemble des réponses qu'EDF apporte aux objectifs du réexamen. Une disposition est constituée des études et modifications concourant à la réponse à un objectif. Elle recouvre un ensemble cohérent de modifications élémentaires diverses, notables et non notables, matérielles, intellectuelles ou organisationnelles, réalisées dans le cadre du réexamen, en amont et en aval du dépôt du RCR.

Ces dispositions sont notamment valorisées dans la démonstration de sûreté en cohérence avec le Rapport De Sûreté (RDS) et les Règles Générales d'Exploitation (RGE) du réacteur concerné.

Les réponses d'EDF aux objectifs fixés à l'occasion du 4^{ème} RP 900 s'appuient sur une reprise de l'ensemble des études issues du 3^{ème} RP 900 et sur les modifications réalisées depuis le 3^{ème} RP 900.

Conformément à la lettre ASN CODEP-DCN-2021-009580 du 23/02/2021 relative à la « Position de l'ASN sur la phase générique du quatrième réexamen périodique », EDF déploiera sur les réacteurs 900 MWe l'ensemble des dispositions associées au 4^{ème} RP 900 au plus tard six ans après l'émission du RCR, pour les réacteurs dont le début d'arrêt pour leur 4^{ème} Visite Décennale (VD4) est antérieur à la date du 31/12/2021, et au plus tard cinq ans après l'émission du RCR pour les autres réacteurs.

Le programme industriel d'EDF se décline selon trois phases de réalisation de travaux sur ses installations, compte tenu de l'ampleur des travaux et des impacts induits pour les hommes et les organisations en place sur les sites nucléaires :

- La Phase A correspondant aux modifications déployées avant (Tranche En Marche) ou durant les arrêts de type Visite Décennale, dont la durée permet le déploiement des modifications matérielles avec des travaux d'ampleur ainsi que les modifications des RGE associées.
- La Phase B permet de compléter le déploiement des modifications matérielles et intellectuelles. Le déploiement de ces modifications est prévu au plus tard 5 ans après la remise du Rapport de Conclusions du Réexamen (le 21/03/2029 pour Gravelines 2).
- La phase « Compléments » permet le déploiement de certaines modifications issues des retombées de l'instruction du quatrième réexamen périodique par l'Autorité de Sûreté Nucléaire qui, compte tenu de leur nature (comme par exemple la nécessité de qualifier un nouveau matériel à des conditions ambiantes très sévères) nécessitent un délai de préparation d'environ 5 ans. Pour les réacteurs dont le début d'arrêt VD4 est antérieur à la date du 31/12/2021, le déploiement de ces modifications est prévu au plus tard 6 ans après la remise du Rapport de Conclusions du Réexamen. Pour les autres réacteurs, le déploiement de ces modifications est prévu au plus tard 5 ans après la remise du Rapport de Conclusions du Réexamen (le 21/03/2029 pour Gravelines 2).

Dans la suite du document, les paragraphes « Bilan de l'état de la tranche » donnent les informations relatives au déploiement des modifications citées dans le RCR. Si la modification n'est pas encore déployée sur la tranche, l'échéance de déploiement prévisionnelle est indiquée sous la

forme du phasage (« Phase B » ou phase « Compléments ») ou d'une échéance spécifique dans certains cas. Ce calendrier de déploiement constitue la vision à date d'émission du présent rapport, il est toutefois susceptible d'évoluer en cas d'évolution des plannings prévisionnels d'arrêt pour renouvellement du combustible pour assurer la sécurité du réseau électrique français ou bien en cas d'aléa (dans le respect de l'échéance RCR + 5 ans / RCR + 6 ans selon les réacteurs). Il repose notamment sur la capacité d'EDF à déployer ces modifications en toute sûreté, en assurant les meilleures conditions de sécurité des intervenants pendant les travaux, et en prenant en compte la capacité des fournisseurs à réaliser l'ensemble des opérations de manière cumulée sur l'ensemble des INB du Palier 900 MWe passant leur 4^{ème} Visite Décennale.

3. PRISE EN COMPTE DES ENSEIGNEMENTS DE L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA

Le 11 mars 2011 s'est produit un séisme à l'est du Japon de magnitude 9. Ce séisme a touché le site électronucléaire de Fukushima-Daiichi composé de 6 réacteurs à eau bouillante et exploité par la Compagnie d'Electricité de Tokyo (TEPCO). Le 4^{ème} réacteur était à l'arrêt et déchargé. Les réacteurs se sont arrêtés automatiquement, suite au séisme.

Le séisme a par ailleurs entraîné la perte totale du réseau électrique et les générateurs électriques et systèmes de secours ont démarré. Une quarantaine de minutes plus tard, le site a été touché par un tsunami consécutif au séisme. La première vague (4 à 5 mètres) a été arrêtée par la digue, celle-ci assurant une protection d'une hauteur maximale de 5,5 mètres. Puis une deuxième vague beaucoup plus importante (14 à 15 mètres) est passée au-dessus de la digue et a submergé le site conduisant à la perte totale de toute alimentation électrique sur site ainsi qu'à la perte du contrôle commande et de la source froide. Le site est alors entré en situation de perte totale de la source froide (H1) et des sources électriques (H3) de site.

Les cœurs des réacteurs des tranches 1 à 3 n'étant plus refroidis, le combustible a fondu en cuve pour ensuite se relocaliser sur le radier. Le combustible stocké en piscine du réacteur n° 4 n'a pas subi de découvrément et est resté intègre.

Il est à noter que les tranches 5 et 6 construites sur une plateforme plus haute, ont été affectées dans une moindre mesure et n'ont pas subi de fusion du cœur.

L'accident a conduit à la libération de radionucléides dans l'atmosphère. La mise à l'abri et l'évacuation de la population a concerné une vaste zone autour de la centrale ; des restrictions dans la distribution et la consommation d'aliments et d'eau de boisson ont été imposées.

L'intervention sur le site a été rendue difficile du fait des dégâts causés par le séisme et le tsunami ainsi que les conditions radiologiques consécutives à l'accident.

Prescriptions ASN faisant suite à l'accident de la centrale de Fukushima-Daiichi

Faisant suite à l'accident de la centrale de Fukushima Daiichi de mars 2011, EDF a mené, à la demande de l'ASN, des Evaluations Complémentaires de Sûreté (ECS) de ses centrales qui ont montré la bonne robustesse des réacteurs grâce à une conception initiale prudente, comportant des marges, et une réévaluation régulière de la sûreté nucléaire des installations dans le cadre des réexamens périodiques.

Par la suite, l'ASN a émis pour chaque installation deux jeux de prescriptions techniques (PT-ASN) en juin 2012 puis janvier 2014 prescrivant à EDF la mise en place d'un « *Noyau Dur* » de dispositions matérielles et organisationnelles dont l'objectif est de prévenir un accident avec fusion du combustible afin de limiter les rejets radioactifs massifs et les effets durables dans l'environnement dans des situations Noyau Dur potentiellement consécutives à une agression naturelle externe Noyau Dur (cf. [Volet 1 – Chapitre 2 – Section 7](#)).

Prescriptions ASN (PT-ASN) de juin 2012

Ce premier jeu de PT-ASN prescrit à EDF la mise en place d'un « *Noyau Dur de dispositions matérielles et organisationnelles [...] Pour ce Noyau Dur, l'exploitant met en place des SSC [Structures, Systèmes, Composants] indépendants et diversifiés par rapport aux SSC existants afin de limiter les risques de mode commun. L'exploitant justifie le cas échéant le recours à des SSC non diversifiés ou existants* ».

Prescriptions ASN (PT-ASN) de janvier 2014

Ce deuxième jeu de prescriptions spécifie que « *pour limiter les rejets radioactifs massifs en situations Noyau Dur, le Noyau Dur permet l'isolement de l'enceinte de confinement et la prévention des situations de bipasse de la troisième barrière. Le Noyau Dur vise à préserver l'intégrité de cette barrière sans ouverture du dispositif d'éventage de l'enceinte de confinement* », « *les dispositions Noyau Dur prennent en compte les cas de fusion totale du cœur et de percement de la cuve* ». La mise en place du Noyau Dur permet de s'assurer de l'absence d'« *effet falaise* » avec des niveaux d'agressions très au-delà des référentiels de sûreté en vigueur sur les installations d'EDF, ce qui rejoint l'ambition de la poursuite du fonctionnement des tranches de tendre vers l'objectif de sûreté des réacteurs de 3^{ème} génération (type EPR de Flamanville 3) dans le domaine des accidents avec fusion du cœur.

Programme industriel

En réponse aux PT-ASN de 2012 puis de 2014, EDF a bâti un programme industriel, comportant deux volets :

- Volet 1 : les dispositions constituant la réponse d'EDF aux enseignements Post-Fukushima, selon l'analyse menée dans les Rapports d'Evaluations Complémentaires de Sûreté (RECS) et les prescriptions ASN de 2012, dont le déploiement est prévu en deux phases successives et complémentaires :
 - Une première phase « *réactive* » court terme terminée en 2015.
 - Une seconde phase « *moyens pérennes* » moyen terme jusqu'à l'horizon « *10 ans après l'accident de Fukushima* ».

- Volet 2 : Le déploiement d'un Noyau Dur répondant aux prescriptions ASN de 2014 et qui concourt à répondre aux objectifs d'EDF de tendre vers les objectifs des réacteurs de 3^{ème} génération (type EPR de Flamanville 3), dans le cadre de la poursuite du fonctionnement associée au 4^{ème} Réexamen Périodique (RP) du Palier 900 MWe.

Pour les réacteurs de 900 MWe, les dispositions de ce volet 2 dites « *Noyau Dur* » sont déployées par EDF de manière concomitante au 4^{ème} RP 900 et font l'objet d'une intégration à ce présent rapport car elles contribuent à la réponse aux objectifs du réexamen.

VOLET I – RISQUES

SOMMAIRE DU VOLET I

VOLET I – RISQUES	20
CHAPITRE 1 : CONFORMITE	22
SECTION 0 : RESORPTION DES ECARTS AYANT UN IMPACT SUR LA SURETE	24
SECTION 1 : EXAMEN DE CONFORMITE	31
SECTION 2 : PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES (PIC)	57
SECTION 3 : TRAITEMENT DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR LA SURETE (ESS) DE NIVEAU SUPERIEUR OU EGAL A 1 SUR L'ECHELLE INES ET DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR L'ENVIRONNEMENT (ESE) RELATIFS AU CONFINEMENT LIQUIDE	63
SECTION 4 : REVUE DE CONFORMITE DES SYSTEMES	69
CHAPITRE 2 : REEVALUATION	92
SECTION 1 : ACCIDENTS SANS FUSION DU CŒUR	94
SECTION 2 : AGRESSIONS	146
SECTION 3 : PISCINE COMBUSTIBLE	306
SECTION 4 : ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR	326
SECTION 5 : RISQUES CONVENTIONNELS	364
SECTION 6 : ETUDES TRANSVERSES	373
SECTION 7 : CONTRIBUTION DU NOYAU DUR AUX OBJECTIFS DU REEXAMEN	394

CHAPITRE 1 : CONFORMITE

SOMMAIRE DU CHAPITRE 1

CHAPITRE 1 : CONFORMITE	22
SECTION 0 : RESORPTION DES ECARTS AYANT UN IMPACT SUR LA SURETE	24
SECTION 1 : EXAMEN DE CONFORMITE	31
SECTION 2 : PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES (PIC)	57
SECTION 3 : TRAITEMENT DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR LA SURETE (ESS) DE NIVEAU SUPERIEUR OU EGAL A 1 SUR L'ECHELLE INES ET DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR L'ENVIRONNEMENT (ESE) RELATIFS AU CONFINEMENT LIQUIDE	63
SECTION 4 : REVUE DE CONFORMITE DES SYSTEMES	69

SECTION 0 : RESORPTION DES ECARTS AYANT UN IMPACT SUR LA SURETE

SOMMAIRE SECTION 0

SECTION 0 : RESORPTION DES ECARTS AYANT UN IMPACT SUR LA SURETE	24
0.1 Objectif	26
0.2 Réponse	28
0.3 Conclusion	30

SECTION 0 : RESORPTION DES ECARTS AYANT UN IMPACT SUR LA SURETE

0.1 Objectif

En application de la prescription [CONF-A] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, « *Sans préjudice des dispositions de la section 6 du titre II de l'arrêté du 7 février 2012 susvisé, l'exploitant résorbe, au plus tard lors de la visite décennale précédant la remise du rapport de conclusion du réexamen, les écarts ayant un impact sur la sûreté qui auront été identifiés préalablement à celle-ci. En cas de difficulté particulière, l'exploitant justifie, dans le dossier accompagnant la demande d'accord mentionnée à l'article 2.4.1 de l'annexe à la décision du 15 juillet 2014 susvisée, le report de la résorption de ces écarts au-delà de la visite décennale et le calendrier associé. Pour les écarts détectés au cours de cette visite décennale qui n'ont pas pu être corrigés lors de celle-ci, l'exploitant justifie le calendrier de leur résorption dans le cadre du dossier mentionné au premier alinéa* ».

Dans le référentiel de gestion des écarts d'EDF, un constat est une anomalie matérielle susceptible de remettre en cause le respect d'une exigence définie d'un Equipement Important pour la Protection des intérêts (EIP). Il fait l'objet de l'ouverture et de la gestion d'un « Plan d'Action ConSTAT » (PA CSTA) par le CNPE dans son système d'information numérique.

Tous les PA CSTA font l'objet d'une analyse. Si l'analyse de ce constat conclut au non-respect d'une exigence définie d'un EIP, il s'agit alors d'un écart au sens de l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base et l'attribut « écart » est affecté au PA CSTA dans le système d'information numérique du CNPE.

Chaque CNPE assure la gestion de l'ensemble de ses PA CSTA de manière à résorber tous les PA CSTA ayant un impact sur la sûreté avant la divergence faisant suite à l'arrêt pour réaliser la Visite Décennale. En cas de difficulté particulière pour traiter un écart ayant un impact sur la sûreté, chaque CNPE justifie, au cas par cas l'acceptabilité de la situation en proposant si besoin des mesures compensatoires et en s'engageant sur une date de résorption.

Ces éléments sont formalisés dans le dossier accompagnant la demande d'accord pour divergence mentionnée à l'article 2.4.1 de l'annexe 2014-DC-0444 à la décision du 15 juillet 2014, soumise à approbation de l'ASN.

La réponse ci-dessous présente les conclusions de l'analyse réalisée

conformément à la prescription [CONF-A].

0.2 Réponse

Tous les PA CSTA (regroupant les constats et les écarts) concernant le réacteur n° 2 ainsi que ceux concernant les communs des tranches 1 et 2 « *Tranche 9* » ou site « *Tranche 0* » ont fait l'objet d'un pilotage particulier lors de cette Visite Décennale dans le cadre de la démarche mise en place pour respecter la prescription [CONF-A].

Des revues locales ont été réalisées en amont de l'arrêt et un suivi a été mis en place pendant l'arrêt pour, d'une part, contrôler le respect des objectifs de traitement de PA CSTA définis en amont de l'arrêt, et d'autre part, garantir le traitement des constats émis au cours de l'arrêt. Une revue spécifique s'est tenue en amont de l'établissement du dossier de demande d'accord pour divergence.

A l'issue de cette démarche, l'ensemble des écarts ayant un impact sur la sûreté identifiés avant le début de l'arrêt ou détectés au cours de l'arrêt VD4 du réacteur n° 2 a été traité à l'exception des 6 écarts suivants :

- L'écart concernant une sous-évaluation du risque de criticité par dilution dans les états d'arrêt de tranche. La modification PNPP1797 sur l'ajout d'un boremètre sur la décharge du système de contrôle chimique et volumétrique (RCV) a été réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Sa valorisation, prévue initialement avant fin 2022, est provisoirement suspendue pour réaliser des investigations complémentaires. Dans l'attente, les dispositions compensatoires déjà mises en œuvre à l'état VD3 sont reconduites à l'état VD4 et permettent d'assurer la maîtrise des transitoires incidentels de dilution homogène dans les états d'arrêt.
- L'écart concernant une anomalie de fabrication de combustible de type MOX (Mixed OXide fuel) et la prise en compte du phénomène de remontée de flux en extrémité de colonne fissile. Le traitement de cette anomalie passe par une modification de la conception des assemblages de combustible de type MOX avec l'insertion de cale en hafnium en haut et en bas de la colonne fissile contenue dans le crayon. Cet écart sera clôturé lorsque l'ensemble des assemblages de combustible de type MOX présent dans le cœur auront été remplacés par des assemblages bénéficiant de cette modification. La faible nocivité de cette situation est justifiée dans le dossier spécifique d'évaluation de la sûreté de la recharge pour chaque campagne et par la mise en place de dispositions compensatoires (adaptation de la protection contre les surpuissances et de la position extraite maximale des grappes de contrôle).
- L'écart concernant la présence de liaisons électriques internes soudées non couvertes par le dossier de qualification des moteurs

des pompes de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RRA) du Palier CPY. Le traitement définitif de cet écart passe par une modification des liaisons électriques internes des moteurs des pompes RRA. Dans l'attente de ce traitement définitif, des dispositions complémentaires sont mises en place, dont le contrôle des caractéristiques diélectriques et d'isolement à chaque arrêt pour rechargement. Ces contrôles réalisés sur les deux moteurs des pompes RRA de la tranche 2 de Gravelines sont conformes. Le planning prévisionnel national de remplacement des moteurs RRA prévoit le traitement d'une voie en 2025 et la seconde en 2029.

- L'anomalie d'étude concernant la couverture partielle de la justification de la maîtrise de la réactivité durant la phase de conduite post-accidentelle pour certains transitoires. L'analyse réalisée conclut à l'absence de nocivité en condition réaliste. Le traitement de cet écart sera réalisé, après analyse d'enjeu de sûreté dans une approche conforme aux règles d'étude du domaine de dimensionnement, par déploiement de modifications essentiellement de conduite. Le traitement sera déployé dans les référentiels en exploitation en priorisant ceux concernant le plus de réacteurs. Le déploiement des modifications est prévu à partir de 2026.
- L'anomalie d'étude concernant la décroissance lente du débit primaire valorisée dans les études RTV4. Suite à des reprises d'étude, le contrôle du temps de décroissance du débit primaire est retenu comme dimensionnant. L'analyse a posteriori du temps de décroissance du débit primaire confirme le respect de ce critère sur tous les réacteurs. Le traitement de cette anomalie d'étude consiste à introduire ce nouveau critère dans notre référentiel lors de la VD5 900, sans impact sur le RDS (pas de remise en cause des courbes « études » valorisées dans les études d'accident).
- L'écart concernant l'absence de qualification au séisme de capteurs de pression du circuit de réfrigération intermédiaire (RRI). Ces capteurs participent à l'isolement du tronçon de circuit non classé au séisme. L'analyse de cet écart conclut à l'absence d'enjeu de sûreté du fait d'un comportement conservatif du capteur sous séisme. Le traitement de cet écart consiste à remplacer les capteurs par des capteurs qualifiés et est actuellement planifié en 2025.

0.3 Conclusion

En fin d'arrêt VD, tous les écarts ayant un impact sur la sûreté identifiés avant le début de l'arrêt VD ou détectés pendant l'arrêt VD ont été traités à l'exception des 6 écarts cités ci-dessus dont la nocivité est très limitée.

L'analyse de l'ensemble des PA CSTA a été présentée à l'ASN dans le dossier de demande d'accord pour la divergence de la tranche 2 du CNPE de Gravelines à l'issue de sa quatrième Visite Décennale. Les dispositions prises permettent de respecter la prescription [CONF-A] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

SECTION 1 : EXAMEN DE CONFORMITE

SOMMAIRE SECTION 1

SECTION 1 : EXAMEN DE CONFORMITE	31
1.1 Objectif	33
1.2 Réponse	33
1.2.1 Risques radiologiques	33
1.2.2 Risques non radiologiques.....	49
1.2.2.1 Maîtrise de la conformité réglementaire.....	50
1.2.2.2 Conformité aux exigences définies afférentes aux EIPR	50
1.2.2.3 Examens complémentaires menés sur les ouvrages enterrés.....	53
1.3 Conclusion	54

SECTION 1 : EXAMEN DE CONFORMITE

1.1 Objectif

Les premiers examens de conformité ont été menés à l'occasion du 2^{ème} réexamen périodique du Palier 900 MWe au travers de la réalisation d'ECOT (Examen de Conformité de Tranche). Cette démarche a été reconduite dans le cadre des réexamens périodiques des Paliers 1300 MWe (2^{ème} RP 1300) et 1450 MWe dit « N4 » (1^{er} RP N4) et plus récemment au cours des 3^{ème} RP 900, 3^{ème} RP 1300 et 2^{ème} RP N4.

L'ECOT est un processus complémentaire par rapport aux dispositions d'exploitation courantes telles que les Essais Périodiques (EP), les Programmes de Base de Maintenance Préventive (PBMP) ou les Essais de Requalification (ER) après intervention de maintenance.

Pour le 4^{ème} réexamen périodique du palier 900 MWe, cet examen de conformité s'articule autour de :

- L'examen relatif aux risques radiologiques à travers la mise en œuvre de contrôles au titre des ECOT.
- L'examen relatif aux risques non radiologiques à travers une analyse de la conformité au textes réglementaires applicables et d'examens complémentaires.

L'objectif de l'examen de conformité consiste à évaluer la conformité de l'installation au référentiel applicable en entrée de réexamen.

1.2 Réponse

1.2.1. Risques radiologiques

Partie générique Palier

Le programme d'un ECOT est constitué à partir du retour d'expérience des programmes des examens de conformité précédents (tous Paliers), sous l'angle de :

- L'analyse des évolutions des référentiels depuis le dernier ECOT sur le Palier concerné.
- L'examen des écarts de conformité génériques et des événements significatifs à caractère générique. La récurrence d'écarts de même nature sur un même type d'équipement est un critère de sélection pour inscrire le thème dans l'ECOT.

- L'examen des études d'ingénierie nationale (Affaires Parc et Affaires d'Ingénierie) lancées par EDF. Ces affaires ont été mises en place pour traiter des problématiques complexes, certaines peuvent disposer de leur propre examen de conformité, pour d'autres, en fonction du retour d'expérience sur le domaine traité, l'intérêt de faire des contrôles de conformité dans le cadre de l'ECOT est examiné.

Il est complété avec la prise en compte des demandes ASN suite au Groupe Permanent « Orientations génériques du 4^{ème} RP 900 ».

La vérification de la conformité des tranches à l'état de référence en entrée de réexamen s'effectue sur site à partir :

- De contrôles in situ réalisés par l'exploitant avant et lors de l'arrêt de la Visite Décennale concernée.
- D'un examen de la documentation d'exploitation, des programmes de contrôles ou d'essais, de modes opératoires et de consignes ainsi que des plans et schémas associés.

En cas de détection d'un constat, une caractérisation est effectuée et peut conduire à l'identification ou non d'un non-respect d'une exigence définie d'un élément important pour la protection des intérêts (EIP), ce qui constitue un écart au sens de l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales applicables aux installations nucléaires de base.

Le tableau ci-dessous présente un bilan des thèmes retenus dans le programme de travail de l'ECOT 4^{ème} RP 900, le contexte ainsi que le contenu du programme pour chacun des thèmes.

N°	Thème	Volet	Contenu
1	Génie Civil	Risques faiblement radiologiques et non radiologiques	Les EIPR sont constitués des rétentions et puisards ultimes présents sur l'ensemble des ouvrages. Ces ouvrages ultimes sont ceux qui présentent une face directement en contact avec l'environnement et pour lesquels un défaut d'étanchéité pourrait conduire à un contournement direct du confinement et à un rejet dans l'environnement sans possibilité de collecte complémentaire. L'état de ces EIPR est régulièrement contrôlé au travers de l'application des PBMP Génie Civil (GC). Ainsi, le périmètre des contrôles pour l'ECOT 4^{ème} RP 900 consiste à dresser un état d'application des PBMP au regard de ces EIPR, le bilan des défauts constatés et les remises en état réalisées, le cas échéant. En cohérence avec l'ECOT 3^{ème} RP 1300, il est retenu de réaliser un examen de conformité des Bâtiments des Auxiliaires de Conditionnement (BAC), basé sur le bilan d'application du PBMP GC. Il a été retenu de réaliser un examen de conformité des galeries et tuyauteries de type BONNA du circuit SEC. Cet examen s'appuie sur les résultats PBMP.
2	Matériels identifiés EIPI	Inconvénients	Contrôle du bon fonctionnement des équipements sur la base des relevés d'essais périodiques, contrôle documentaire des listes d'équipements et de la documentation d'exploitation associée.
3	Qualification des matériels aux conditions accidentelles (EIPS)	Risques radiologiques (thème accidents)	Contrôle des dispositions organisationnelles et documentaires de MQCA, contrôle par sondage des matériels et si possible de matériels ayant fait l'objet d'écart ou d'ESS depuis le 3 ^{ème} RP.
4	Foudre	Risques radiologiques (thème agressions)	Contrôles de la conformité <i>in situ</i> avec les dispositions de l'analyse du risque foudre, des notices de maintenance, du carnet de bord des impacts foudre.
5	Spécificité de conception des systèmes de sauvegarde	Risques radiologiques (thème accidents)	Examen documentaire des schémas mécaniques de 11 systèmes nécessaires aux accidents de dimensionnement de la démonstration de sûreté.

N°	Thème	Volet	Contenu
6	Traitement des constats	Tous volets	Revue des fiches d'écarts et/ou PA CSTA, vérification par sondage de l'efficacité des actions de traitement pour la clôture des constats.
7	Tuyauteries	Tous volets	Contrôles <i>in situ</i> de tuyauteries et des réservoirs SER : « <i>Tuyauteries en acier noir</i> », « <i>Tuyauteries sous calorifuge</i> », « <i>Traversée sensible</i> »
8	Séisme - Supportage	Risques radiologiques (thème agressions)	Contrôle <i>in situ</i> des supports en y intégrant le contrôle de conformité au plan des Cadres Anti-Fouettlement RIS du CPY.
9	Séisme - Ancrage	Risques radiologiques (thème agressions)	Contrôle <i>in situ</i> des ancrages. Le programme initial est complété en intégrant le contrôle de conformité au plan des Cadres Anti-Fouettlement RIS du CPY.
10	Confinement - Ventilation	Risques radiologiques (thème agressions/accidents)	Contrôle <i>in situ</i> de l'étanchéité des dispositifs de captation (boîtes de reprise de fuites, boîtes à gants) et des gaines de ventilation.
11	Incendie	Risques radiologiques (thème agressions)	Contrôle de la bonne réalisation des modifications décidées après le 3 ^{ème} RP, vérification de la documentation opérationnelle et bilan des contrôles des trémies coupe-feu.
12	Explosion	Risques radiologiques (thème agressions)	Contrôle <i>in situ</i> des tuyauteries véhiculant des fluides à risque d'explosion, contrôle de l'absence de fuites à l'explosimètre, contrôle de la signalétique locale.
13	Inondation interne	Risques radiologiques (thème agressions)	Pour le bâtiment électrique et ses périphériques immédiatement adjacents, contrôle <i>in situ</i> des siphons, avaloirs, cunettes et trémies, et contrôle de la conformité de la documentation d'exploitation.
14	Inondation externe	Risques radiologiques (thème agressions)	Contrôle de la conformité des consignes d'exploitation, des notes d'organisation de crise et des dispositions matérielles associées.
15	Matériels Locaux de Crise (MLC)	Risques radiologiques (thème SOH)	Contrôle de la documentation d'exploitation et du repérage des MLC.

Compléments à l'ECOT

Le programme d'ECOT composé des 15 thèmes détaillés au paragraphe précédent a été complété par :

- Des visites terrain dites « CONF1 » avec des contrôles *in situ*, pour s'assurer de la conformité de matériels EIPS ciblés, en prenant notamment en compte l'environnement au plus près de ces matériels. Les matériels EIPS retenus pour engager cette démarche sont des matériels contribuant directement au repli et au maintien en état sûr : les pompes d'alimentation de secours des Générateurs de Vapeur ASG (motopompes et turbopompes), les motopompes d'alimentation en eau brute filtrée SEC, les moteurs (Diesel) des groupes électrogènes de secours LHP et LHQ et leurs auxiliaires.
- Des contrôles complémentaires qu'EDF s'est engagée à réaliser sur des thématiques variées :
 - Contrôles visuels de tuyauteries situées près des planchers dans le Bâtiment Réacteur (BR).
 - Contrôles visuels de capteurs situés dans le BR.
 - Contrôles de supportages du réseau incendie JPI.
 - Contrôles de supportages dans le BR, le BAN, le BK et le BW.
 - Contrôles d'étanchéité des trémies en toiture des bâtiments Diesel.
 - Contrôles d'assemblages boulonnés.
 - Contrôles d'un échantillon de tuyauteries incendie hors bâtiment électrique (BL).
 - Contrôles de relayage, porte-fusibles et connectique d'armoires hors Bâtiment Réacteur qualifiées aux conditions accidentelles de type séisme K3.
 - Contrôles complémentaires des systèmes d'extinction fixes du réseau incendie.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

Des contrôles complémentaires seront étendus à la bache ASG et aux échangeurs RRI/SEC au plus tard 3 ans après la Visite Décennale de la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

Bilan de l'état de la tranche

Le site de Gravelines a mis en œuvre les examens relatifs aux programmes des différents thèmes de l'ECOT.

Pour la tranche 2 de Gravelines, l'ensemble des contrôles demandés au titre des programmes de chacun des thèmes du volet « Risques radiologiques » ont été réalisés en amont de la divergence VD4.

Conformément au référentiel applicable, un rapport est établi dans les 3 mois suivant la divergence de l'arrêt VD4.

Un complément au Thème « Visites Terrain (CONF1) » est prévu dans les trois ans suivant la VD4.

Thème « Génie Civil »

Les contrôles réalisés consistent à dresser un état d'application des PBMP relatif aux EIPR et aux Conduites d'amenées et de rejet en Béton à Ame Tôle (CBAT) du circuit SEC.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Génie Civil* » a été réalisé et analysé. Ils concernent l'application du Programme de Base de Maintenance Préventive (PBMP) du domaine Génie Civil sur les 65 ouvrages de la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

Les ouvrages présentant des anomalies ont fait l'objet d'une définition de travaux de remise en conformité programmés selon un échéancier approprié aux enjeux.

Aucun écart n'a été mis en évidence suite aux contrôles ECOT pour ce thème.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats de l'examen de conformité du thème « *Génie Civil* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 du CNPE de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider le niveau de sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Matériels EIPi »

L'objectif du thème « *Matériels EIPi* » est de vérifier l'exhaustivité de la maintenance préventive des EIPi et de contrôler la conformité de l'état du matériel suite à la maintenance réalisée.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Matériels EIPi* » a été réalisé. L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé. Le seul écart identifié a été résorbé avant la divergence de la VD4. Il ne subsiste plus d'écart relatif aux contrôles ECOT pour ce thème.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats de l'examen de conformité du thème « *Matériels EIPi* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Qualification des matériels aux conditions accidentelles »

L'objectif du thème « *Qualification des matériels aux conditions accidentelles* » est de vérifier que les dispositions prescrites pour assurer la pérennité de la qualification sont intégrées dans les organisations locales.

Des vérifications des dispositions organisationnelles ont été menées et 257 Matériels Qualifiés aux Conditions Accidentelles (MQCA) ont été contrôlés physiquement sur la tranche. L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Qualification aux conditions accidentelles* » a été réalisé pour la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

Les anomalies relatives à la tranche 2 ont été analysées, justifiées et/ou réparées. Après caractérisation aucun écart n'a été détecté.

Les contrôles ECOT portant sur le thème MQCA ont permis de vérifier que les dispositions pérennes à mettre en œuvre sont bien intégrées dans l'organisation locale.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats de l'examen de conformité du thème « *Qualification des matériels aux conditions accidentelles* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Foudre »

L'objectif du thème « *Foudre* » est de s'assurer que les prescriptions du référentiel Foudre sont respectées.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Foudre* » a été réalisé.

L'analyse des résultats n'a mis en évidence aucune anomalie susceptible de remettre en cause une exigence définie d'un EIP. Aucun écart n'a été détecté.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats de l'examen de conformité du thème « *Foudre* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Spécificité de conception des systèmes de sauvegarde »

L'objectif du thème « *Spécificité de conception des systèmes de sauvegarde* » est de contrôler les différences entre les schémas mécaniques de référence et les schémas mécaniques disponibles dans les bases documentaires du CNPE pour les systèmes retenus de la tranche concernée (ASG, EAS, ETY, GCTa, RCV, REA, RIS, RRA, RRI, PTR, SEC).

Les contrôles des schémas prescrits ont été réalisés.

Des vérifications sur le terrain ou documentaires ont été mises en œuvre lorsque nécessaires afin de contrôler la conformité de l'installation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Spécificité de conception des systèmes de sauvegarde* » a été réalisé. Ces vérifications ont abouti à la caractérisation de 258 différences au plan aboutissant au traitement de 108 anomalies sur les schémas mécaniques locaux, aucun écart n'a été détecté.

L'ensemble des anomalies identifiées sur les schémas de la tranche 2 a été traité.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats de l'examen de conformité du thème « *Spécificité de conception des systèmes de sauvegarde* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Traitement des constats »

L'objectif du thème « Traitement des constats » est de contrôler la robustesse du processus de traitement des constats sur le CNPE de Gravelines.

Le programme de contrôle ECOT VD4 de ce thème prévoit deux volets qui concernent :

- Le traitement des écarts matériels au statut « *Soldé Non Clos* ».
- Un contrôle de type « *revue* » s'attachant à examiner la qualité des phases de caractérisation des constats, traitement des écarts et la pertinence de l'efficacité des actions de traitement.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « Traitement des constats » a été réalisé.

L'ensemble des PA CSTA à l'état « Ecart : Oui » et « Soldés Non Clos » sur des EIP a fait l'objet d'une ré-interrogation des conditions de clôture. Tous ont pu être justifiés en l'état.

La caractérisation de 220 DT AM sur les EIP de la tranche 2 a été menée : sept DT AM sur des EIP relevaient de l'instruction d'un PA CSTA. Seule une DT ne faisait pas l'objet d'un PA CSTA associé et celui-ci a été créé pour régularisation.

Le contrôle de type « revue » a été réalisé et est conforme.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats de l'examen de conformité du thème « Traitement des constats » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Tuyauteries »

L'objectif du thème « *Tuyauteries* » est de contrôler l'intégrité des tuyauteries en acier noir (hors incendie et TRICE), et plus particulièrement au droit des traversées en voile et paroi béton pour les systèmes ASG, EAS, ETY, LLS, PTR, RIS, SED et SER. Les contrôles portent sur l'intégrité des tuyauteries et ont pour objectif de vérifier l'absence de désordre de façon générale.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Tuyauteries* » a été réalisé. Les anomalies identifiées lors de ces contrôles ont été traitées (remise en conformité réalisée ou maintien en l'état justifié).

Une non-conformité liée à des sous-épaisseurs dues à de la corrosion externe a été identifiée en 2019 sur les tuyauteries 210BT et 211HT du diesel 2LHQ, au niveau du passage de trémie au niveau 7m80. L'écart a été traité par le remplacement des tuyauteries.

Une autre non-conformité a été détectée et traitée en 2023 lors de la VD4, liée également à une sous-épaisseur de la tuyauterie eau HT de refroidissement du diesel 2LHQ générée par de la corrosion. L'ensemble du tronçon a été remplacé lors de l'arrêt de tranche VD4.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats de l'examen de conformité du thème « *Tuyauteries* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thèmes « Séisme supportage » et « Séisme ancrage »

L'objectif des thèmes « *Séisme ancrage* » et « *Séisme supportage* » est de réaliser le bilan d'application des programmes de maintenance. Deux compléments ont été demandés au titre des contrôles ECOT. L'un pour effectuer le contrôle des ancrages de capteurs du noyau dur issu de la liste des matériels ancrés au génie civil au titre du retour d'expérience de l'ECOT VD3. L'autre complétant le thème « *séisme supportage* » demandant à effectuer un contrôle de conformité au plan des Cadres Anti-Fouettement (CAF) RIS sur les lignes d'injection en Branche Chaude et en Branche Froide.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme et compléments des thèmes « Séisme supportage » et « Séisme ancrage » a été réalisé.

L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé.

Au vu de l'ensemble des analyses et traitements réalisés, il ne subsiste pas d'écart relatif aux contrôles ECOT pour ces thèmes.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats des examens de conformité des thèmes « Séisme supportage » et « Séisme ancrage » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Confinement – Ventilation »

L'objectif du thème « *Confinement – Ventilation* » est de consolider les actions de contrôle découlant des résultats du programme d'examen de conformité précédent et de mener des contrôles sur un périmètre complémentaire au niveau des tronçons des gaines ou des dispositifs de captation mis en place au plus près du risque.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Confinement – Ventilation* » a été réalisé sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé. Après caractérisation des anomalies et constats, aucun écart n'a été détecté.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats des examens de conformité du thème « *Confinement – Ventilation* », ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Incendie »

L'objectif du thème « *Incendie* » est de vérifier le processus d'intégration des modifications du projet Maîtrise du Risque Incendie (MRI) et de certaines modifications locales réalisées entre les arrêts VD3 et VD4 (référentiel d'entrée de réexamen) d'une part, et d'autre part de contrôler le bilan des visites du PBMP des trémies coupe-feu.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Incendie* » a été réalisé. L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé. Après caractérisation, aucun écart n'a été détecté.

La totalité des modifications du projet Maîtrise du Risque Incendie (MRI) décidées après la troisième Visite Décennale est en exploitation.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats des examens de conformité du thème « *Incendie* », ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « *Explosion* »

L'objectif du thème « *Explosion* » est de réaliser :

- Le contrôle visuel externe des tuyauteries, y compris dans les zones difficiles d'accès, les tronçons calorifugés et les traversées.
- Le contrôle d'absence de fuite à proximité des organes de robinetterie installés sur ces tuyauteries à l'aide d'un explosimètre.
- Le contrôle de la présence de la signalétique de repérage sur les tuyauteries.

Le périmètre des contrôles porte sur les circuits véhiculant des fluides explosifs : hydrogène, fluide hydrogénés et tout autre fluide explosif utilisé localement tel que l'acétylène.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Explosion* » a été réalisé. L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé. Après caractérisation aucun écart n'a été détecté.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats des examens de conformité du thème « *Explosion* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « *Inondation interne* »

L'objectif du thème « *Inondation interne* » est de réaliser le contrôle des dispositions matérielles et documentaires de protection vis-à-vis du risque d'inondation interne. Cet examen de conformité a porté sur les traversées ouvertes (siphons, avaloirs, cunettes) et les traversées fermées (trémies) des bâtiments électriques (BL) et périphériques (BW).

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Inondation interne* » a été réalisé. L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé. Aucun écart n'a été identifié au titre de ces contrôles.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats des examens de conformité du thème « *Inondation interne* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « *Inondation externe* »

Les contrôles réalisés dans le cadre de l'ECOT sur le thème « *Inondation externe* » visaient à répondre au guide ASN n° 13 de vérification de la déclinaison des études du 4^{ème} RP 900.

L'objectif du thème « *Inondation externe* » est de :

- Contrôler la bonne intégration du nouveau référentiel, qui décline le guide ASN n° 13.
- Contrôler l'état des dispositions matérielles (batardeaux, clapets anti-retour, obturateurs, seuils métalliques et réhausses en béton, pompes mobiles et groupes électrogènes...).
- Contrôler la bonne intégration du nouveau référentiel de l'organisation de site.

Les modifications matérielles associées au Dossier De Site stade 5 n'étant pas intégrées pour la VD4 de la tranche 2, en cohérence avec la commandite de nos services nationaux, les contrôles ECOT ont été réalisés suivant le référentiel applicable lors des contrôles, soit le Dossier de Site stade 3.

L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Inondation externe* » a été réalisé.

L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé. Après caractérisation aucun écart n'a été détecté.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats des examens de conformité du thème « *Inondation externe* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Matériels Locaux de Crise »

L'objectif du thème « *Matériels Locaux de Crise* » est de contrôler l'opérabilité des Matériels Locaux de Crise (MLC) comprenant des matériels mobiles de sûreté, du Plan d'Urgence Interne et « Post-Fukushima » ainsi que des protections individuelles utilisables en situation accidentelle.

Suite à l'accident de Fukushima, les exigences associées et l'organisation pérenne pour garantir l'opérabilité des matériels locaux de crise ont été redéfinies.

Le programme de contrôle de l'ECOT est basé sur :

- Le contrôle de l'opérabilité des équipements et matériels.
- Le contrôle du respect des exigences documentaires et organisationnelles.

Les MLC ont tous été contrôlés (opérabilité, exigences documentaire et organisationnelle). L'ensemble des contrôles demandés au titre du programme du thème « *Matériels Locaux de Crise* » a été réalisé.

L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé. Après caractérisation aucun écart n'a été détecté.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats des examens de conformité du thème « *Matériels Locaux de Crise* » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Visites Terrain ECOT (CONF1) »

L'objectif du thème « *Visites Terrain ECOT (CONF1)* » est de réaliser avec des équipes multi- spécialités des visites in situ d'équipements importants pour la sûreté, afin de s'assurer de leur conformité.

Les matériels EIPS retenus pour engager cette première partie de la démarche dans le cadre de la VD4 de la tranche 2 de Gravelines sont :

- Les pompes d'alimentation des Générateurs de Vapeur ASG.
- Les pompes d'alimentation en eau brutes filtrée SEC.
- Les groupes électrogènes de secours LHP et LHQ.

En complément de ces visites dites « ciblées », l'ensemble des éléments importants pour la sûreté des trois systèmes élémentaires retenus (SEC, ASG, LHP/Q) ont fait l'objet d'une visite dédiée.

L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé. Le traitement de certaines anomalies est toujours en cours et elles ont été résorbées avant la divergence de la Visite Décennale. Aucune de ces anomalies ne constituait un écart et les actions réalisées relevaient de l'amélioration de l'état de l'installation et du patrimoine. A l'issue de la Visite Décennale, il ne subsiste pas d'écart relatif aux contrôles ECOT pour ce thème.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats des examens de conformité du thème « Visite ECOT (CONF1) » permettent d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

Thème « Contrôles complémentaires ciblés »

L'objectif du thème « Contrôles complémentaires ciblés » est de réaliser les contrôles complémentaires à l'ECOT VD4, conformément aux positions et actions prises par EDF dans le cadre de l'instruction relative à l'ECOT VD4 900 MWe et en réponse aux recommandations n° 4, 5 et 6 issues de l'avis technique de l'IRSN du 6 mars 2019.

L'ensemble des matériels concernés par les 9 thématiques demandées au titre du programme du thème « Contrôles complémentaires ciblés » a été contrôlé.

L'ensemble des anomalies identifiées lors de ces contrôles a été analysé, justifié et/ou réparé. Après caractérisation, un écart a été identifié, concernant un réducteur de débit. La remise en conformité a été réalisée lors de la Visite Décennale.

Conformément aux objectifs de l'ECOT, les résultats de l'examen de conformité du thème « Contrôles complémentaires ciblés » ont permis d'évaluer la conformité de la tranche 2 de Gravelines au référentiel applicable en entrée de réexamen, afin de consolider la sûreté de l'installation, dans la continuité de l'examen précédent en intégrant le retour d'expérience d'exploitation inter-réexamen.

1.2.2 Risques non radiologiques

1.2.2.1 Maîtrise de la conformité réglementaire

Partie générique Palier

Les principaux textes réglementaires applicables au Palier CPY, relatifs aux risques conventionnels, sont :

- Titre IX du livre V du code de l'environnement, relatif à la sécurité nucléaire et les Installations Nucléaires de Base, notamment les articles L.593-18 et L.593-19.
- Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base.
- Décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 juillet 2013, relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base, homologuée par l'arrêté du 9 août 2013, modifiée par l'arrêté du 5 décembre 2016 portant homologation de la décision n° 2016-DC-0569.

La conformité réglementaire de l'installation s'établit par une succession d'étapes clés : identification des textes et exigences réglementaires, évaluation de l'état de conformité associé, traitement en gestion de conformité des exigences partiellement ou non respectées, réévaluation régulière de l'état de conformité.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les résultats de la maîtrise de la conformité réglementaire sont présentés au Volet II - Chapitre 1 – § 1.1.2.2.

Parmi les exigences en gestion de conformité vis-à-vis des risques non radiologiques, le CNPE de Gravelines a engagé des études afin d'améliorer sa stratégie de confinement au titre de l'article 4.3.6 de la Décision n° 2013-DC-0360. Concernant les émissaires non confinés (B5 et B6), les études concluent à la nécessité d'ajouter un dispositif d'isolement de l'émissaire B5. La modification PNRL1952 tome B « confinement liquide –

émissaires non confinés » est déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. En revanche, aucun risque d'écoulement n'a été mis en évidence au niveau de l'émissaire B6, que celui-ci provienne d'un déversement lors d'une manipulation sur une zone de stockage ou d'entreposage de substances dangereuses ou d'un sinistre provenant de la zone, aucun dispositif de confinement ne sera donc ajouté.

Par ailleurs, les premiers résultats des études de faisabilité de confiner un déversement (issu d'une manipulation ou d'un sinistre) avec un cumul de pluie ont été transmis à l'ASN en juin 2021. La modification permettant le confinement d'un déversement de substances dangereuses cumulé avec les eaux de pluie est en cours d'étude.

Les autres exigences en gestion de conformité identifiées parmi ces textes ne relèvent pas du domaine des risques ou ne présentent pas d'impact sur les intérêts protégés.

1.2.2.2 Conformité aux exigences définies afférentes aux EIPR

Partie générique Palier

L'article 1.3 de l'arrêté du 7 février 2012 modifié définit ainsi un élément important pour la protection : *« élément important pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du code de l'environnement (sécurité, santé et salubrité publiques, protection de la nature et de l'environnement), c'est-à-dire structure, équipement, système (programmé ou non), matériel, composant, ou logiciel présent dans une installation nucléaire de base ou placé sous la responsabilité de l'exploitant, assurant une fonction nécessaire à la démonstration mentionnée au deuxième alinéa de l'article L.597-7 du code de l'environnement ou contrôlant que cette fonction est assurée ».*

Les Éléments Importants pour la Protection des intérêts vis-à-vis des Risques conventionnels (EIPR) du Palier CPY sont les rétentions et puisards, identifiés comme ultimes (ouvrage ayant au moins une face en contact direct avec l'environnement) et constituant une ultime barrière pour la protection de l'environnement.

Une démarche proportionnée aux enjeux basée sur la dangerosité des substances liquides et sur les quantités entreposées permet d'identifier des substances « *à enjeu environnemental méritant attention* ». Pour ces substances, les EIPR sont étendus aux équipements actifs contribuant au confinement liquide. D'autre part, en tant qu'ouvrages d'isolement ultimes avant rejet dans l'environnement, les ouvrages ultimes sur le réseau d'eaux pluviales constituent également des EIPR.

Le respect des exigences définies des EIPR est assuré par un contrôle périodique de leur bon fonctionnement et positionnement. Pour les EIPR historiques (puisards et rétentions ultimes), il a été retenu de faire un bilan de l'application des programmes de maintenance préventive. Une telle démarche revient à dresser le bilan du programme de maintenance relatif au génie civil qui est déjà par ailleurs demandé au travers du thème « *Génie Civil* » de l'ECOT du 4^{ème} RP 900 (cf. Volet I – Chapitre 1 – Section 1 – § 1.2.1). Ceci contribue à la réponse à la prescription [INC-A] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900. En complément, EDF a réexaminé la pertinence des opérations courantes de contrôle et de maintenance au regard de leurs objectifs et des meilleures techniques disponibles correspondantes.

La liste des nouveaux équipements présentant un statut EIPR (équipements actifs « *à enjeu environnemental méritant attention* » et ouvrages ultimes sur SEO) a été établie.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Conformément à la planification demandée au travers de l'ECOT du 4^{ème} RP 900, les puisards et rétentions ultimes de la tranche 2 du CNPE de Gravelines ont été contrôlés. Toutes les anomalies identifiées ont été traitées.

1.2.2.3 Examens complémentaires menés sur les ouvrages enterrés

Partie générique Palier

Le programme « *Tuyauteries enterrées ou en caniveaux difficilement accessibles* » est un programme de contrôle complémentaire engagé dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

La démarche mise en œuvre se déroule en 4 étapes :

1. Analyse de Risques :

Phase 1 : collecte des données d'entrée et état des lieux des tuyauteries.

Phase 2 : traitement informatique de ces données et analyse des résultats.

Phase 3 : définition des inspections à réaliser.

2. Inspections sur site : inspections par l'extérieur et/ou par l'intérieur selon la configuration des tuyauteries.

3. Diagnostics.

4. Réparations éventuelles des tuyauteries ou programme de suivi / remplacement.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état du palier.

Bilan de l'état de la tranche

L'évaluation de la tenue des tuyauteries enterrées et en caniveau difficilement accessibles du CNPE de Gravelines au-delà des VD4 repose sur la méthode « Fitness For Service » (FFS) tirée de la pratique internationale et des résultats de contrôles par Inspection TéléVisuelle (ITV).

L'objet de la méthode FFS est de démontrer l'aptitude des tuyauteries à assurer leur fonction jusqu'en 2038 (10 ans après la dernière VD4 du CNPE de Gravelines).

Au titre du programme tuyauteries enterrées appliquées sur le CNPE de Gravelines, des inspections de tuyauteries ont été effectuées entre 2018 et 2020 sur les systèmes JPD, DEB, JPU, KER, SDX, SEK, SES, TER, TES, RPE, SAT, SER, SDP, SEB, SRE et SGZ.

Des ITV ont été réalisées sur les systèmes JPU, RPE et SDX. Ces inspections ont montré un état interne conforme et n'ont pas révélé de défaut significatif.

Des mesures d'épaisseur (par Ultra Son) ont également été réalisées sur les systèmes DEB, JPD, JPU, KER, RPE, SAT, SDP, SEB, SEK, SES, SGZ, SRE, TER et TES. Sur ces systèmes, à l'exception d'une partie des réseaux JPU, RPE et TES, la méthode FFS permet de valider l'aptitude des tuyauteries inspectées à assurer leur fonction à VD4 + 10ans.

Concernant le système TES, les résultats des inspections permettent de vérifier l'aptitude des tuyauteries à assurer leur fonction jusqu'en 2031. Le remplacement du tronçon inspecté devra donc être réalisé avant 2031.

Concernant les tuyauteries JPU, d'après la méthode FFS, seule une des tuyauteries n'est pas apte à fonctionner jusqu'en 2038. Une analyse de l'impact en cas de fuites ou de ruptures de tronçons JPU a été réalisée et conclut sur la nécessité de contrôler 4 tronçons supplémentaires sur le système JPU. En fonction des résultats de ces examens, un programme de rénovation sera déterminé et déployé sur ce système.

Concernant le système RPE, le contrôle d'un tronçon a révélé un état fortement dégradé de celui-ci. Son remplacement a été réalisé en 2021.

Concernant les contrôles en caniveaux, les inspections ont montré des dégradations importantes au niveau des supports de certains caniveaux, en particulier dans 6 zones. Un programme de recensement et de remplacement des supports de tuyauterie en caniveaux a été réalisé et a permis de voir l'état des supports. La programmation des réparations est en cours.

1.3 Conclusion

La vérification de la conformité des tranches à l'état de référence s'effectue sur site à partir :

- De contrôles *in situ* réalisés par l'exploitant.
- D'un examen de la documentation d'exploitation, des programmes de contrôles ou d'essais, de modes opératoires et de consignes ainsi que des plans et schémas associés.

L'ensemble des contrôles requis par le programme de l'Examen de Conformité ainsi que les contrôles complémentaires à l'ECOT (visites terrain et contrôles ciblés) ont été menés sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de son réexamen périodique au titre de la 4^{ème} visite décennale.

Les anomalies détectées ont été analysées, justifiées et/ou réparées.

A la divergence, il n'y a pas d'écart relatif aux contrôles réalisés dans le cadre de l'Examen de Conformité.

En synthèse, les contrôles et traitements réalisés au titre de l'Examen de Conformité de la tranche 2 du CNPE de Gravelines consolident la démonstration de l'aptitude à la poursuite de l'exploitation de cette tranche pour la période décennale VD4 - VD5 dans des conditions de sûreté satisfaisantes.

Concernant la mise en œuvre du programme Tuyauteries enterrées appliquée sur le CNPE de GRAVELINES, la méthode FFS a permis de valider l'aptitude des tuyauteries inspectées à assurer leur fonction à VD4 + 10 ans, à l'exception d'une partie des tuyauteries des systèmes JPU, RPE et TES pour lesquelles des examens complémentaires ou des remplacements sont prévus.

Les inspections menées en caniveaux montrent des dégradations importantes dans certaines zones. La programmation des réparations est en cours.

SECTION 2 : PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES (PIC)

SOMMAIRE SECTION 2

SECTION 2 : PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES (PIC)	57
2.1 Objectif	59
2.2 Réponse	59
2.3 Conclusion	62

SECTION 2 : PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES (PIC)

2.1 Objectif

La réalisation du Programme d'Investigations Complémentaires « *PIC* » est une démarche qui vise à consolider la pertinence de la maintenance préventive des matériels et à confirmer l'absence de dégradations en fonctionnement dans des zones habituellement non contrôlées.

A ce jour, des PIC ont été établis et mis en œuvre à l'occasion des deuxièmes et troisièmes visites décennales des Paliers 900 MWe et 1300 MWe et deuxièmes visites décennales des 1450 MWe. Les examens proposés au titre du PIC sont définis en complément aux référentiels de surveillance et de maintenance applicables.

L'objectif principal du PIC est de s'assurer que les hypothèses prises en compte dans les programmes de maintenance d'absence de dégradation dans les zones réputées non sensibles à l'endommagement et qui ne sont pas surveillées ne sont pas remises en cause.

2.2 Réponse

Partie générique Palier

La démarche d'élaboration du PIC consiste à analyser l'adéquation entre la maintenance réalisée et la connaissance des modes de dégradation en service identifiés. Elle repose principalement sur :

- L'analyse du référentiel de maintenance et de surveillance.
- Le Retour d'EXpérience des PIC précédents.
- L'analyse du processus de maîtrise du vieillissement.
- Le Retour d'EXpérience d'exploitation national et international.
- L'analyse des thèmes retenus dans le cadre du programme ECOT.
- L'analyse du maintien de la qualification des Matériels Qualifiés aux Conditions Accidentelles (MQCA).

La démarche permet d'établir un programme d'investigation basé sur l'examen des éléments importants pour la protection des intérêts (EIP) qui ne font pas l'objet d'un programme de surveillance périodique dédié.

Ce programme d'investigation définit les zones à examiner, les examens non destructifs et les expertises à mettre en œuvre en précisant les objectifs visés ainsi que les justifications du choix de ces zones. Les examens non destructifs sont privilégiés par rapport aux expertises.

Les examens sont répartis par sondage de façon à ne pas réaliser les mêmes sur plusieurs tranches d'un même site. Le choix des tranches CPY ou CP0 est basé sur l'analyse des différentes configurations de conception de tranche ou de Palier (à défaut de particularité, le choix est dicté par une répartition adaptée entre les différentes Visites Décennales programmées entre 2019 et 2023).

Les examens prévus sont essentiellement réalisés lors des visites décennales. Si des indications sont notées à l'occasion de ces examens, elles sont traitées conformément aux règles en vigueur. Le cas échéant, en cas de découverte d'un mécanisme inattendu :

- Le sondage initialement proposé est étendu en fonction de l'évaluation du risque associé à la détection de ce mécanisme (mise à jour réactive sous 6 mois).
- Le référentiel de maintenance est mis à jour sous 2 ans à compter de l'établissement de la synthèse globale du PIC, après analyse des résultats consolidés.

L'application de la méthodologie d'élaboration du périmètre du PIC 4^{ème} RP 900 a conduit à retenir 3 domaines, couvrant les EIP :

- Domaine « *Circuits et matériels CPP et CSP* ».
- Domaine « *Circuits et matériels hors CPP et CSP* ».
- Domaine « *Génie Civil* ».

En ce qui concerne le domaine « *Matériels électriques et de contrôle-commande* », aucune action n'est réalisée au titre du PIC 4^{ème} RP 900, dans la mesure où l'ensemble des EIP a fait l'objet d'une étude systématique (et des investigations associées en cas de besoin) visant à étendre leur qualification aux conditions accidentelles ([cf. Volet III – Section 2](#)).

Il est à noter que le périmètre d'analyse prend en compte les structures et composants contribuant à la sûreté de l'entreposage en piscine combustible, à la limitation des rejets vers l'environnement et à la fiabilité des circuits assurant une mission post-accidentelle.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les examens réalisés dans le cadre du Programme d'Investigations Complémentaires du 4^{ème} RP 900 de la tranche 2 du CNPE de Gravelines ne révèlent pas d'écart. Les anomalies identifiées ont été analysées, justifiées et/ou réparées.

A ce stade, les résultats permettent de conforter les hypothèses sur l'absence d'écart notable apparu en service sur des zones habituellement non surveillées.

La Tranche 2 n'est pas concernée par le Programme d'Investigations Complémentaires du 4^{ème} RP 900. Néanmoins, un examen a été réalisé sur la bêche ASG suite à la non- réalisation de cet examen lors de la VD4 tranche 3 en 2022.

Libellé de l'examen ou de l'expertise	Système	Objectif	Résultats
Visuel ou Télévisuel de la soudure virole sur fond, en paroi interne de la bêche ASG.	2 ASG 001 BA	Absence de désordre (Critère RSEM)	Conforme

2.3 Conclusion

Les examens prévus dans le cadre du Programme d'Investigations Complémentaires (PIC) sont réalisés pendant les 4^{èmes} Visites Décennales. Si des dégradations sont constatées à l'occasion de ces examens, elles sont traitées conformément aux procédures. Le cas échéant, si des constats de dommages suspectés sont obtenus, les conséquences sur le référentiel de maintenance en sont tirées.

Le PIC s'inscrit dans une démarche visant à conforter les hypothèses sur l'absence de dégradation notable apparue en service sur des zones habituellement non surveillées. Le PIC contribue à l'examen de conformité décennal des installations.

Les examens réalisés dans le cadre du Programme d'Investigations Complémentaires 4^{ème} RP 900 de la tranche 2 du CNPE de Gravelines ne relèvent pas d'écart.

Ainsi, les examens réalisés au titre du PIC lors de la VD4 de la tranche 2 du CNPE de Gravelines consolident la démonstration de l'aptitude à la poursuite de son exploitation pour la période décennale VD4-VD5 dans des conditions de sûreté satisfaisantes.

**SECTION 3 : TRAITEMENT DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS
POUR LA SURETE (ESS) DE NIVEAU SUPERIEUR OU EGAL A 1 SUR
L'ECHELLE INES ET DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR
L'ENVIRONNEMENT (ESE) RELATIFS AU CONFINEMENT LIQUIDE**

SOMMAIRE SECTION 3

SECTION 3 : TRAITEMENT DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR LA SURETE (ESS) DE NIVEAU SUPERIEUR OU EGAL A 1 SUR L'ECHELLE INES ET DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR L'ENVIRONNEMENT (ESE) RELATIFS AU CONFINEMENT LIQUIDE		63
3.1	OBJECTIF.....	65
3.2	REPONSE	66
	3.2.1 ESS génériques Palier	66
	3.2.2 ESS spécifiques à la tranche 2 du CNPE de Gravelines	66
	3.2.3 ESE relatifs au confinement liquide du CNPE de Gravelines	66
3.3	CONCLUSION.....	68

SECTION 3 : TRAITEMENT DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR LA SURETE (ESS) DE NIVEAU SUPERIEUR OU EGAL A 1 SUR L'ECHELLE INES ET DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR L'ENVIRONNEMENT (ESE) RELATIFS AU CONFINEMENT LIQUIDE

3.1 Objectif

Conformément aux articles 2.6.1 à 2.6.5 de l'arrêté du 7 février 2012 modifié, le processus de gestion des écarts mis en œuvre par EDF vise à :

- Détecter les écarts relatifs à ses installations.
- Analyser les écarts détectés afin de déterminer leur importance vis-à-vis des intérêts protégés.
- Traiter les écarts détectés dans des délais adaptés aux enjeux.
- Le cas échéant, déclarer dans les meilleurs délais, ces écarts comme événements significatifs selon des critères précisés par l'ASN puis les analyser de manière approfondie afin d'en tirer les enseignements et définir des actions préventives, curatives et correctives.

Chaque Evénement Significatif pour la Sûreté (ESS) est classé selon l'échelle internationale INES (échelle internationale de classement de la gravité des événements nucléaires et radiologiques).

L'objectif du bilan présenté ci-dessous consiste à identifier les événements ayant donné lieu à la déclaration d'un ESS classé au niveau 1 ou plus sur l'échelle INES non résorbés à l'issue de la 4^{ème} VD et à identifier les modalités de traitement et le délai associé.

Par ailleurs, la notion de confinement liquide signifie que les substances liquides véhiculées dans le cadre de l'exploitation normale des tranches nucléaires depuis des réservoirs, dans des tuyauteries et tous les autres dispositifs nécessaires à l'exploitation des tranches, restent maintenues à l'intérieur des équipements au sein desquels elles circulent. Lorsque ce confinement n'est plus assuré cela représente un écart qui peut, en fonction de son impact faire l'objet d'une déclaration d'un Evénement Significatif pour l'Environnement (ESE).

L'objectif du bilan présenté ci-dessous consiste à identifier les événements ayant donné lieu à la déclaration d'un ESE relatif au confinement liquide non résorbés à l'issue de la 4^{ème} VD et à identifier les modalités de traitement et le délai associé.

3.2 Réponse

3.2.1 ESS génériques Palier

Tous les événements, ayant donné lieu à une déclaration d'ESS de niveau supérieur ou égal à 1 sur l'échelle INES, ont été traités à l'exception de l'ESS lié au cumul du phénomène de remontée de flux en extrémité de colonne fissile des crayons MOX et de l'événement anormal de fabrication M2019/11. Des mesures compensatoires sont mises en œuvre ou sont à venir afin de rendre plus robuste le bilan de marges en attendant le traitement définitif de l'anomalie d'étude par des dispositions pérennes. Les mesures compensatoires définies sont, entre autres, la modification du point de consigne de la chaîne Delta T surpuissance au plus tard à 70 % d'avancement dans le cycle, la mise en œuvre d'une cale en acier dans les assemblages MOX depuis 2020, et la modification de la position haute des groupes de grappes d'arrêt et de compensation de puissance. Ce sujet fait l'objet d'échanges réguliers avec l'ASN.

3.2.2 ESS spécifiques à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Lors de son redémarrage à l'issue de la quatrième Visite Décennale, la tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas d'ESS spécifique déclaré et classé au niveau 1 sur l'échelle INES avec des actions correctives prévues mais non terminées vis-à-vis du référentiel en vigueur.

3.2.3 ESE relatifs au confinement liquide du CNPE de Gravelines

Tous les écarts au sens de l'arrêté du 7 février 2012 modifié ayant donné lieu à une déclaration d'ESE relatif au confinement liquide concernant le réacteur n° 2 du CNPE de Gravelines ont été traités, à l'exception des sujets présentés ci-dessous compte tenu pour le premier de son traitement complexe et pour le second de son caractère récent :

- L'ESE déclaré en mars 2019, suite à la détection d'un marquage en hydrocarbures sur l'un des piézomètres de surveillance des nappes - sans conséquence pour l'environnement : la surveillance renforcée du piézomètre est toujours maintenue, et à ce jour, il n'y a plus eu de dépassement du seuil en hydrocarbures sur ce piézomètre. Les données de 2024 détermineront si un assainissement de la nappe est nécessaire ou non.

- L'ESE déclaré en juillet 2023, concernant le déversement des eaux de la laverie en galerie suite à une fuite au niveau de la tuyauterie d'évacuation vers OKER, a fait l'objet d'action immédiate pour stopper la fuite, cependant l'action de rénovation de la tuyauterie est prévue en 2024.

3.3 **Conclusion**

L'analyse montre que l'ensemble des événements ayant fait l'objet de la déclaration d'un Événement Significatif pour la Sûreté (ESS) de niveau supérieur ou égal à 1 sur l'échelle INES ou de deux Événements Significatifs pour l'Environnement (ESE) relatif au confinement liquide ont été résorbé pour la tranche 2 du CNPE de Gravelines à l'occasion de son arrêt VD4 par des modifications matérielles ou intellectuelles, à l'exception :

- D'un ESS générique pour lequel des dispositions transitoires ont été mises en œuvre dans l'attente de leur traitement pérenne, en vue de maîtriser son impact sur la sûreté.
- D'un ESE pour lequel une surveillance renforcée des seuils en hydrocarbures dans les nappes est toujours en cours.
- D'un ESE pour lequel une rénovation de tuyauterie est prévue en 2024.

SECTION 4 : REVUE DE CONFORMITE DES SYSTEMES

SOMMAIRE SECTION 4

4.1 Objectif	71
4.2 Réponse	71
4.2.1 Revue Sources électriques	72
4.2.2 Conformité de la fonction « Recirculation RIS-EAS »	75
4.2.2.1 Revue de la fonction « Recirculation RIS-EAS »	75
4.2.2.2 Instruction des résultats de la revue dans le cadre du Groupe Permanent consacré aux études d'accidents du 4ème RP 900 ...	78
4.2.2.3 Conclusion	81
4.2.4 Revues complémentaires des systèmes	86
4.3 Conclusion	90

SECTION 4 : REVUE DE CONFORMITE DES SYSTEMES

4.1 Objectif

Faisant suite au Groupe Permanent Orientations (GPO) du 4^{ème} RP 900, l'ASN a formulé la demande CONF n° 4 relative au programme de revues des systèmes élémentaires.

L'objectif est d'identifier les principaux systèmes relatifs à la sûreté pour lesquels les études de conception n'ont pas été réexaminées depuis la mise en service des installations ou pour lesquels le retour d'expérience d'exploitation est défavorable, ou pour lesquels la défaillance augmenterait notablement le risque de fusion du cœur en situation accidentelle, et de mener un programme de revues de ces systèmes pour en vérifier la conformité.

4.2 Réponse

Le processus de réexamen périodique amène EDF à se réinterroger tous les 10 ans sur la sûreté de ses installations et donc à réexaminer les études de conception support aux thèmes d'analyse retenus. Cette démarche est alimentée par le retour d'expérience événementiel national et international.

Ainsi, la conception initiale des réacteurs est basée sur une démarche de dimensionnement de systèmes de sauvegarde vis-à-vis de situations incidentelles et accidentelles de la chaudière qui a été progressivement étendue au Domaine Complémentaire puis aux accidents avec fusion du cœur et aux agressions. Ceci a amené à réexaminer les études de conception des systèmes pour s'assurer de leur cohérence avec les données et hypothèses considérées dans la démonstration de sûreté (ex : essais périodiques sur les systèmes de ventilation et plan d'actions associé).

De plus, dans le cadre de la poursuite du fonctionnement après 40 ans, un programme de vérification de la qualification après 40 ans a été entrepris pour s'assurer de la validité des études de conception initiales vis-à-vis du vieillissement ([cf. Volet III - Section 2](#)).

Pour l'analyse du REX sur les systèmes, EDF se base sur plusieurs sources d'information, à savoir :

- Les ESS de conception relevant d'écarts de conformité ou d'anomalies d'études.
- Les données de fiabilité des matériels.

- L'analyse de tendance, avec les outils probabilistes (démarche « *précurseurs* » avec les Etudes Probabilistes de Sûreté), qui complète l'analyse déterministe des événements.

EDF a développé une méthode d'identification des systèmes devant faire l'objet d'une revue dans le cadre de la réponse à une demande de l'ASN formulée lors du GPO. La liste obtenue comporte les systèmes liés au refroidissement et à la sauvegarde du cœur, complétée de fonctions supports importantes (cf. § 4.2.4).

Cette liste vient compléter les revues et actions déjà réalisées et intégrées au 4^{ème} RP 900 :

- Revue sur les systèmes relatifs aux sources électriques.
- Revue de conformité de la fonction recirculation RIS-EAS.
- Plan d'Actions Ventilation (PAV).

4.2.1 Revue Sources électriques

Partie générique Palier

A la suite de plusieurs avaries sur des équipements des systèmes des sources électriques, une revue de conception a été organisée en 2017, en complément de la revue d'exploitation tenue en juin 2016. En 2018, dans le cadre du 4^{ème} Réexamen Périodique, une revue spécifique au Palier CPY s'est tenue.

Ces revues ont porté sur les équipements (Groupe électrique d'Ultime Secours GeUS, Turbo Alternateur de Secours LLS, Groupes Diesels principaux de secours LHP/Q, sources électriques externes) ainsi que sur les méthodes d'études (calcul des données de fiabilité, restauration de marges probabilistes...). Elles ont été conduites selon 3 axes :

- Vérification de la conformité au référentiel, avec une projection prenant en compte des équipements nouveaux installés suite à la prise en compte du retour d'expérience Post-Fukushima.
- Analyse conjointe du retour d'expérience d'exploitation entre la DPN et l'ingénierie de conception, afin d'en tirer les éventuelles causes issues de la conception.
- Analyse probabiliste visant à identifier les équipements sensibles, les points faibles et les gisements de progrès.

Parmi les actions décidées lors de ces revues, celles qui concernent plus particulièrement le Palier CPY sont :

- Renforcement des stocks de transformateurs auxiliaires de rechange utilisables sur les CNPE.
- Réfection de certaines liaisons souterraines entre le poste RTE et le transformateur auxiliaire.
- Renforcement des exigences de qualification technique des fournisseurs et prestataires de maintenance des transformateurs.
- Meilleure prise en compte dans les études de la ventilation comme système-support aux sources électriques.
- Modélisation plus fine de certaines missions dans les modèles supports aux études probabilistes de sûreté.

En complément, la modification PNPP1955 qui consiste à empêcher la recirculation d'air chaud au niveau des aéroréfrigérants de certains diesels est mise en œuvre sur le Palier CPY (hors réacteurs de la centrale de Cruas).

Parmi les modifications engagées dans le cadre du 4^{ème} Réexamen Périodique, la substitution du Turbo-Alternateur de Secours LLS par le Diesel d'Ultime Secours (DUS) installé sur chaque réacteur au titre des modifications issues du retour d'expérience post Fukushima ainsi que le secours du DUS par le DUS de la tranche voisine contribuent au renforcement de la fiabilité des sources électriques.

Par ailleurs, concernant les diesels principaux, les exigences de conception ont été vérifiées au travers des documents relatifs aux exigences de sûreté, au bilan de puissance des diesels, aux règles d'essais périodiques du système LHP/LHQ, au bilan de qualification et au Dossier d'aptitude à la poursuite de l'exploitation. L'examen de ces documents montre que ces exigences sont respectées.

En particulier, le bilan de puissance des diesels est vérifié avec une marge strictement positive.

Afin d'une part de tenir compte des nouveaux consommateurs ajoutés à l'occasion du quatrième réexamen périodique et afin d'autre part d'augmenter les marges sur le bilan de puissance des diesels en situation de canicule et notamment de canicule cumulée à un aggravant (perte d'un Diesel) en situation de MDTE, EDF met en œuvre trois modifications :

- Le non-relestage des pompes REA eau et des chaufferettes du pressuriseur secourues par le diesel (PNPE1167 tome A).
- Le non-relestage de la motopompe ASG lorsque la pompe RRA est en service (PNPE1167 tome B).
- Le remplacement des moteurs des ventilateurs des aéroréfrigérants des diesels LHP et LHQ (PNRL 1823).

En application de la prescription [CONF-D] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF assure, avec un haut niveau de confiance, l'alimentation de l'ensemble des matériels secourus par chaque groupe électrogène de secours dans toutes les situations de la démonstration de sûreté. À ce titre, le bilan de puissance de chaque groupe électrogène de secours présente une marge d'au moins 5 %.

Enfin, pour permettre le passage de nouveaux câbles de contrôle commande associés aux modifications matérielles du 4^{ème} RP 900, EDF densifie certains cheminements de câbles (ex. : création de nouveaux axes de câblage comprenant de nouveaux chemins de câbles et les traversées associées) et met en place un faux plancher en coursive arrière de salle de commande et dans certains locaux du bâtiment électrique, dans le cadre des affaires PNPE1131 et PNPP1950. Ces modifications sont des préalables à certaines modifications du réexamen périodique.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPP1950 « Installation de faux plancher dans les locaux de relaying »
- PNPP1955 « Amélioration du refroidissement des diesels ».
- PNPE1167 tome A « Saturation des diesels de tranches CPY - Non relestage pompes REA eau et chaufferettes pressuriseur ».
- PNPE1167 tome B « Saturation des diesels de tranches CPY - Verrouillage ASG-RRA ».
- PNPE1131 « Densification de l'architecture électrique des chemins de câbles contrôle-commande et puissance ».
- PNRL1823 « Remplacement des moteurs des aéroréfrigérants diesels LHP/LHQ »

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

4.2.2 Conformité de la fonction « Recirculation RIS-EAS »

Partie générique Palier

En cas de brèche sur le circuit primaire non compensable par le système de contrôle volumétrique et chimique (système RCV), il est nécessaire, pour assurer le refroidissement du cœur du réacteur, d'injecter de l'eau borée pour compenser l'eau perdue à la brèche. Cette fonction de sauvegarde est assurée par le système d'injection de sécurité RIS. Par ailleurs, afin de faire diminuer la pression dans le Bâtiment Réacteur, il peut être nécessaire, selon la taille de la brèche sur le circuit primaire, d'utiliser également le système d'aspersion de l'enceinte (système EAS).

L'eau borée nécessaire au fonctionnement des systèmes RIS et EAS est dans un premier temps puisée dans la bêche du circuit de traitement et de refroidissement des piscines (système PTR). Dans un second temps, lorsque cette dernière atteint son niveau bas, les systèmes RIS et EAS basculent automatiquement en mode « *recirculation* » et aspirent l'eau récupérée dans les puisards situés au fond du Bâtiment Réacteur. Ce mode de fonctionnement des systèmes RIS et EAS, appelé par la suite fonction « *Recirculation RIS-EAS* », est utilisé à plus long terme pour évacuer la puissance résiduelle du cœur.

4.2.2.1 Revue de la fonction « Recirculation RIS-EAS »

En 2009, EDF a réalisé une revue de la fonction « *Recirculation RIS-EAS* », avec pour objectif de démontrer et de justifier la fiabilité de cette fonction dans les situations accidentelles où elle est requise. Les conclusions de cette revue ont été transmises à l'ASN au début de l'année 2010. Les analyses présentées constituaient selon l'ASN une avancée dans la démonstration de la fiabilité de cette fonction.

Par la suite, EDF a transmis à l'ASN un programme de travail détaillé présentant les principaux axes d'analyse d'une seconde revue technique de conformité de la fonction « *Recirculation RIS-EAS* », qui s'est tenue fin 2016, et dont les conclusions relatives au Palier CPY sont présentées dans le présent chapitre.

❖ Objectif de la revue

L'objectif est de démontrer la conformité de la fonction « *Recirculation RIS-EAS* » du Palier CPY, dans le cadre du 4^{ème} RP 900, avec en particulier l'analyse des thématiques suivantes :

- Thématique 1 : colmatage et Terme Source Débris (TSD).
- Thématique 2 : présence de poches d'air dans les tuyauteries RIS et EAS et analyse du risque de cavitation des pompes RIS et EAS.
- Thématique 3 : complément de revue de la fonction « *Recirculation RIS-EAS* » sur l'aspect conformité, intégrant notamment des analyses relatives aux fonctions support à la fonction « *Recirculation RIS-EAS* », au retour d'expérience d'exploitation, aux éventuels écarts de conception et à la complétude des Essais Périodiques.

❖ Résultats de la revue

L'ensemble des analyses réalisées dans le cadre de cette revue ont conclu à la conformité de la fonction « *Recirculation RIS-EAS* » sur le Palier CPY.

En particulier :

- Les analyses menées en profondeur sur le thème « *colmatage des filtres puisards* » permettent de démontrer avec un très bon niveau de confiance l'absence de risque de colmatage et l'efficacité des filtres puisards.
- Un bilan complet, mené sur la base d'hypothèses conservatives, a permis de conclure avec un très bon niveau de confiance à l'absence de risque de perte de la fonction « *Recirculation RIS-EAS* » par cavitation ou par passage d'air résiduel dans les pompes RIS et EAS.
- Concernant les compléments de revue sur l'aspect conformité, les points suivants sont à noter :

- La démonstration de la complétude du programme d'Essais Périodiques sur les systèmes RIS et EAS intervenant dans la fonction « *Recirculation RIS-EAS* » a été apportée.
- EDF s'est attachée à identifier de manière exhaustive les systèmes et équipements supports de premier niveau mis en jeu dans la fonction « *Recirculation RIS-EAS* » et à démontrer leur conformité vis-à-vis de leurs exigences de sûreté et de leur suivi en exploitation.
- Sur la base de la liste complète des équipements identifiés, une analyse de l'ensemble des éléments de retour d'expérience susceptibles d'affecter directement ou indirectement la fonction « *Recirculation RIS-EAS* » a permis de conclure à l'absence d'écart latent. Par ailleurs, un bilan des écarts en lien avec la fonction « *Recirculation RIS-EAS* » a été réalisé, incluant une analyse des conséquences liées au cumul d'écart, et n'a pas mis en évidence le besoin d'accélérer le traitement des écarts en cours de résorption.
- Tous les événements, y compris les événements ayant pour cause une défaillance organisationnelle ou une erreur humaine, ont été analysés dans le cadre de cette revue. Sur ce dernier point, il est à noter que les facteurs organisationnels et humains ont, la plupart du temps, et lorsqu'ils sont utilisés à bon escient et rigoureusement, des effets positifs sur l'installation. C'est le cas notamment des pratiques de fiabilisation, ou encore des analyses de risques, qui participent à sécuriser les interventions.
- Enfin, les analyses menées n'ont pas mis en évidence de besoin d'actions complémentaires dans le cadre du 4^{ème} RP 900 au titre de l'Examen de Conformité de Tranche (ECOT), du Programme d'Investigation Complémentaire (PIC) ou encore des Essais Décennaux (ED).

4.2.2.2 *Instruction des résultats de la revue dans le cadre du Groupe Permanent consacré aux études d'accidents du 4^{ème} RP 900*

Les conclusions de la revue des deux thèmes relatifs au colmatage des filtres puisards et au risque de perte de la recirculation par cavitation dans les pompes RIS et EAS ont fait l'objet d'une instruction dans le cadre du Groupe Permanent consacré aux études d'accidents du 4^{ème} RP 900. A la suite de cette instruction, EDF s'est ainsi engagée à fournir des éléments de justification complémentaires, par la réalisation d'un plan d'action visant notamment à :

- Approfondir la justification des hypothèses d'étude valorisées dans le dossier.
- Mettre en évidence les différentes marges d'étude du dossier.
- Consolider la marge vis-à-vis de la valeur minimale de pression (NPSH) nécessaire à l'aspiration des pompes ISBP et EAS.
- Démontrer la bonne capacité à refroidir les assemblages de combustible.

L'ASN a attiré l'attention d'EDF sur le fait que, compte-tenu de la complexité des phénomènes, de l'état des pratiques internationales, et du caractère incertain des conclusions qui pourraient être tirées des actions engagées par EDF, des modifications matérielles devaient être recherchées et étudiées en vue de réduire significativement les risques de dysfonctionnement de la fonction recirculation. EDF a répondu suivant les 2 volets :

- Amélioration de la compréhension physique des phénomènes :
 - Le Terme Source de Débris en amont des filtres (TSD) à considérer au 4^{ème} RP 900 pour la qualification des filtres a été mis à jour, en retenant des marges significatives sur plusieurs postes, aussi bien pour la quantité de débris fibreux que pour la quantité totale de débris particuliers.
 - La marge en NPSH des pompes ISBP et EAS sur le Palier CPY est très importante. La prescription [CONF-C-IV] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900 concerne uniquement les réacteurs de la centrale du Bugey ;

- Vis-à-vis de la capacité à refroidir les assemblages de combustible en recirculation suite à un APRP, les résultats des essais intégraux disponibles fin 2020 présentent des marges importantes vis-à-vis du critère en l'absence de calorifuge de type Microtherm® dans le TSD aval et une limitation de la quantité du calorifuge de type PROTECT1000S.
- Les essais de filtres et de combustible ne montrent pas d'effet chimique significatif en l'absence de calorifuge de type Microtherm® et une limitation de la quantité du calorifuge de type PROTECT1000S.
- A l'issue de ces analyses, les modifications suivantes ont été retenues pour garantir les hypothèses d'études et d'essais : EDF achève le remplacement des calorifuges microporeux de type « Microtherm® » du bâtiment du réacteur (PNRL1946). EDF remplace le calorifuge fibreux de type « Protect 1000S » de l'ensemble des lignes auxiliaires du bâtiment du réacteur dont le diamètre est supérieur ou égal à 50 mm (PNRL1947). EDF vérifie que les conditions de température restent compatibles avec le fonctionnement des matériels nécessaires à la sûreté de l'installation en situation normale, incidentelle ou accidentelle et met en œuvre les éventuelles modifications nécessaires. Cette modification et ces vérifications répondent à la prescription [CONF-C-III] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.
- En complément, dans une démarche de réduction du risque, les modifications suivantes ont été retenues :
 - EDF met en œuvre des cerclages de sécurité sur les calorifuges des tuyauteries reliant les accumulateurs de l'injection de sécurité au circuit principal, ainsi que sur la ligne d'expansion du pressuriseur (PNRL1954). Cette modification répond à la prescription [CONF-C-I] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

- EDF remplace les calorifuges fibreux installés sur les tuyauteries primaires et les fonds primaires des générateurs de vapeur qui sont susceptibles de libérer des fibres en cas de brèche en pied de générateur de vapeur (PNPE1342). EDF vérifie que les conditions de température restent compatibles avec le fonctionnement des matériels nécessaires à la sûreté de l'installation en situation normale, incidentelle ou accidentelle et met en œuvre les éventuelles modifications nécessaires. Cette modification et ces vérifications répondent à la prescription [CONF-C-II] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

En application de la prescription [CONF-C-V] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, au plus tard le 31 décembre 2024, EDF mettra à jour sa démonstration de la fiabilité de la fonction de recirculation de l'eau présente en fond du bâtiment du réacteur après un accident de perte de réfrigérant primaire. Cette mise à jour intégrera les enseignements d'essais de filtration réalisés dans des conditions représentatives des installations et de la situation d'accident.

4.2.2.3 Conclusion

Les travaux menés sur le Palier CPY dans le cadre de la revue de fonction « *Recirculation RIS-EAS* » et des actions de suite du GPO 4^{ème} RP 900 ont permis de démontrer avec un très bon niveau de confiance la présence de marges de sûreté et le bon fonctionnement des systèmes et équipements participant directement et indirectement à la fonction.

En complément, en réponse aux prescriptions émises par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900 :

- EDF mettra à jour sa démonstration de la fiabilité de la fonction de recirculation de l'eau présente en fond du bâtiment du réacteur après un accident de perte de réfrigérant primaire. Cette mise à jour intégrera les enseignements d'essais de filtration réalisés dans des conditions représentatives des installations et de la situation d'accident.
- EDF met en œuvre des modifications permettant de garantir les hypothèses associées aux études de conformité de la fonction recirculation (suppression totale du calorifuge de type Microtherm® et limitation de la quantité de calorifuge de type Protect1000S).

Par ailleurs, dans une démarche de réduction du risque, EDF remplace des calorifuges fibreux en pied de Générateurs de Vapeur par des calorifuges métalliques (RMI) et met en œuvre des cerclages de sécurité sur les calorifuges de certaines tuyauteries.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNRL1947 « Remplacement des calorifuges fibreux de type « Protect 1000S », pour les lignes auxiliaires de diamètre cinquante millimètres ou plus et susceptibles de libérer des fibres en cas de brèche sur le circuit primaire principal », sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines prévue au plus tard fin 2027.

La modification PNRL1954 « Mise en œuvre des cerclages de sécurité sur les calorifuges des tuyauteries reliant les accumulateurs de l'injection de sécurité au circuit principal, ainsi que sur la ligne d'expansion du pressuriseur » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines prévue au plus tard fin 2025.

Les modifications :

- PNPE1342 « Remplacement par des calorifuges métalliques des calorifuges fibreux installés sur les tuyauteries primaires et les fonds primaires des générateurs de vapeur qui sont susceptibles de libérer des fibres en cas de brèche en pied de générateur de vapeur »
- PNRL1946 « Remplacement des calorifuges microporeux de type « Microtherm® » du bâtiment du réacteur, installés sur le circuit primaire principal dans la zone du puits de cuve et de ses traversées »

seront déployées dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines prévue au plus tard fin 2027.

4.2.3 Plan d'Action Ventilation (PAV)

Partie générique Palier

❖ Contexte

En décembre 2007, faisant suite au GP REX 2003-2005, l'ASN a fait la demande suivante :

« Afin de garantir que les débits de ventilation requis au titre du confinement dynamique et du conditionnement de l'air des locaux contenant des EIPS soient respectés, l'ASN vous demande de réaliser un nouveau « point zéro » en programmant au plus tôt sur l'ensemble des réacteurs en exploitation :

- *Des campagnes de contrôle de position et de blocage des registres d'équilibrage des réseaux de ventilation.*
- *Des campagnes de mesures des débits de ventilation, à l'instar de ce qui a été réalisé sur les deux réacteurs de la centrale nucléaire de Chooz en 2005 ».*

EDF a mis en œuvre un Plan d'Action Ventilation (PAV), tous Paliers, ayant pour objectifs de réaliser un diagnostic, une remise en état et un réglage des systèmes de ventilation dont le débit est valorisé dans les études de sûreté Grands Chauds, Grand Froid ou Explosion Interne, et qui n'est pas déjà contrôlé par un essai périodique RGE IX.

Suite au GP Orientation du 4^{ème} RP 900, le déploiement du PAV pour le Palier CPY est réalisé dans le cadre du 4^{ème} réexamen périodique.

L'objectif est de garantir la conformité des systèmes de ventilation en termes de performance par rapport aux exigences issues des référentiels Grands Chauds, Grand Froid et Explosion Interne, sans régression vis-à-vis du confinement dynamique.

❖ Méthodologie

L'objectif principal est de caractériser les performances réelles des systèmes de ventilation et de les comparer aux débits requis de sûreté calculés dans le cadre des études Grands Chauds, Grand Froid, et Explosion Interne. La valeur du débit de ventilation retenue au titre des essais de performance tiendra compte des débits requis pour les systèmes de ventilation permettant de satisfaire les exigences de la démonstration de sûreté pour les agressions Grands Chauds, Grand Froid et Explosion Interne.

La démarche des études de vérification des performances des systèmes de ventilation est organisée en 4 phases :

- Etablissement des débits requis de sûreté.
- Réalisation des essais de performance sur une tranche pilote.
- Analyse des évolutions induites par comparaison des débits mesurés aux débits requis de sûreté.
- Généralisation au Parc de la reprise des réglages des systèmes concernés par les nouveaux requis de sûreté.

❖ Résultats des études

Etablissement des débits requis de sûreté

Faisant suite à l'analyse des exigences de sûreté des systèmes de ventilation, les débits requis de sûreté sont les débits les plus pénalisants issus soit des modèles thermiques Grands Chauds, soit des modèles thermiques Grand Froid, soit des études concernant l'Explosion Interne. A l'issue de cette première étape, EDF dispose des débits requis et des conditions de fonctionnement des ventilations associées.

Essais de performance sur tranche pilote

Les essais de performance des ventilations sont réalisés sur une tranche pilote. Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, ces essais ont été réalisés sur la paire de tranche 1/2 du CNPE du Blayais pour le Palier CPY avec des compléments pour les spécificités de site pour les CNPE de Gravelines, Cruas, Dampierre et Chinon.

Les essais sont réalisés en deux lots :

- Lot 1 : expertise mécanique visuelle, nettoyage et remise en état des systèmes de ventilation.

- Lot 2 : réglages, au plus proche des débits nominaux, avec les organes à disposition.

Les systèmes de ventilation de l'îlot nucléaire et de l'îlot conventionnel présentant un requis vis-à-vis des référentiels Grands Chauds, Grand Froid et Explosion Interne ont fait l'objet de mesures de débits.

Comparaison entre débits mesurés et débits requis

La comparaison entre les débits requis et les débits mesurés a été effectuée. Cette dernière étape a permis d'assurer le réglage de tous les systèmes présentant un requis vis-à-vis des référentiels Grands Chauds, Grand Froid et Explosion Interne.

❖ **Conclusion du PAV**

Chacun des systèmes du périmètre fait l'objet d'une phase de diagnostic, pouvant conduire à quelques actions de nettoyage ou de remise en état pour optimiser les performances, puis d'une phase de reprise de l'équilibrage des réseaux de ventilation si nécessaire sur tous les systèmes présentant un requis vis-à-vis des référentiels Grands Chauds, Grand Froid et Explosion Interne. Le maintien des réglages associés aux requis de sûreté est ensuite assuré par la mise en place de dispositions d'exploitation spécifiques.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines présente la spécificité, comme les autres tranches du site, d'avoir des dispositifs anti-explosion à chacune des entrées et sorties d'air des systèmes de ventilation du programme PAV : DVC, DVD, DVE, DVG, DVI, DVK, DVL, DVN, DVP, DVS, DVW. Seul le système DVH n'a pas de dispositif anti-explosion au regard de la conception du circuit qui fonctionne par recyclage de l'air des locaux des pompes RCV.

Ces dispositifs ont un impact majeur important sur la performance des ventilations des halls Diesels et de la Station de Pompage. Toutefois l'implantation géographique du site de Gravelines permet une relaxation des conditions d'agressions Grands Chauds par rapport aux conditions les plus pénalisantes du palier, ce qui a permis la définition, pour ces systèmes, de critères de performances spécifiques à Gravelines en dérogation pour lesquelles des demandes de dérogation aux Règles Générales d'Exploitation du palier ont dû être obtenues.

Bilan de l'état de la tranche

Les activités de diagnostic, de remise en état et de réglages ont été réalisées de 2022 à 2023 sur la tranche n° 2 du CNPE de Gravelines et sont satisfaisantes.

Des actions sont poursuivies afin de pérenniser les réglages mis en place et d'améliorer les performances obtenues.

Au niveau du système DVC, concernant la suppression de l'îlot de survie, il subsiste un transfert d'air non-conforme au niveau du local SIP voie A. Toutefois, cette non-conformité sera traitée par une modification de l'installation prévue en VD4 Phase B visant, pour la tranche 2, à déconnecter le LTC et les locaux SIP voie A du réseau DVC.

4.2.4 Revues complémentaires des systèmes

Partie générique Palier

❖ Contexte

La conception initiale des réacteurs est basée sur une démarche de dimensionnement de systèmes de sauvegarde vis-à-vis de situations incidentelles et accidentelles de la chaudière (accidents de dimensionnement de catégories 1 à 4) qui a été progressivement étendue au Domaine Complémentaire puis aux accidents avec fusion du cœur et aux agressions. Ceci a amené EDF à réexaminer les études de conception des systèmes pour s'assurer de leur cohérence avec les données et hypothèses considérées dans la démonstration de sûreté.

Une démarche complémentaire de sélection des systèmes élémentaires devant faire l'objet d'une revue a donc été définie par EDF. Cette démarche privilégie un raisonnement de sûreté pragmatique et a été conduite selon trois faisceaux d'analyses :

- L'identification des systèmes importants vis-à-vis du risque de fusion du cœur.
- Les études de conception non examinées depuis la mise en service du Parc nucléaire.
- Les systèmes dont le retour d'expérience est défavorable.

Les systèmes retenus au titre du premier faisceau d'analyse sont ceux qui contribuent directement au refroidissement de sauvegarde du cœur du réacteur, à savoir les circuits RIS, EAS et ASG. Ce périmètre a été complété avec les systèmes contribuant au refroidissement du réacteur à l'arrêt et au refroidissement intermédiaire à savoir les systèmes RRA et RRI, ainsi qu'avec le système PTR au titre de sa contribution au refroidissement de la piscine combustible.

Les deux autres faisceaux d'analyse ont fait émerger les systèmes relatifs aux sources électriques et aux ventilations en tenant compte notamment, des données de fiabilité des matériels, des ESS de conception et de la démarche « *précurseurs* » des EPS.

❖ Objectifs

Les objectifs de ces revues sont de vérifier :

- L'adéquation des requis fonctionnels de sûreté issus de la démonstration de sûreté du 4^{ème} RP 900 avec leur déclinaison dans le Chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation (RGE).
- L'adéquation des exigences définies de conception de la démonstration de sûreté du 4^{ème} RP 900 avec les exigences spécifiées dans la liste des EIPS :
 - Classement mécanique et électrique.
 - Secours électrique.
 - Tenue sismique.
 - Qualification à l'ambiance dégradée et au cas de chargement Accident avec fusion du cœur.

Pour ce faire, dans un premier temps, l'inventaire des requis fonctionnels de sûreté et des exigences définies de conception

issues de la démonstration de sûreté applicable à la Tranche Tête de Série de Tricastin 1 est réalisé. Dans un second temps, la cohérence entre ces exigences et leur déclinaison dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation (RGE) ainsi que dans la liste des matériels classés IPS est vérifiée.

❖ Réponse

L'ensemble des analyses réalisées dans le cadre de ces revues a permis de conclure à :

- L'adéquation du programme d'essais périodiques avec les requis fonctionnels de sûreté des systèmes revus à l'état 4^{ème} RP.
- L'adéquation des exigences définies de conception avec les exigences spécifiées dans la liste des EIPS du 4^{ème} RP 900.

Ces analyses ont conduit EDF à réaliser les actions suivantes :

- Mise à jour du Rapport De Sûreté (RDS) afin de décrire plus précisément les exigences définies de performance ou de conception afférentes aux systèmes revus.
- Mise en cohérence des Règles Générales d'Exploitation (RGE) avec les exigences définies afférentes aux systèmes revus. En particulier, EDF a mis à jour les procédures accidentelles H4/U3 afin d'assurer le respect de certaines limites de classe. Les analyses conduisent également à modifier les RGE associées au système PTR afin de prendre en compte les vidanges de la piscine d'entreposage du combustible initiées côté BR avec sa parade associée « Modification de la commande de la vanne du tube de transfert pour fermeture sous débit » (PNRL1895).
- Justifications complémentaires relatives à certaines limites de classe entre des portions de circuits sismiques et non sismiques accompagnées le cas échéant, de vérifications in situ de la conformité de ces interfaces à leurs exigences définies de conception applicables au 4^{ème} RP 900. Notamment, une extension du classement sismique et mécanique de la ligne de brassage de la soude a été réalisée. Les lignes et équipements ont été validés intègres au séisme, en l'état. Une disposition consistant à contrôler les couples de serrage aux brides et aux ancrages de la pompe de brassage de soude conformément à la note de calcul vérifiant son intégrité est mise en œuvre (PNRL1933).

- Mise à jour du Programme d'Essais Périodiques des Groupes Électrogènes de Secours afin d'améliorer la représentativité du critère relatif à l'intensité maximale du courant stator.

❖ Conclusion

Les travaux menés dans le cadre des revues de conformité en réponse à la demande CONF n°4 permettent de disposer d'un référentiel de conception conforme aux exigences définies dans le 4^{ème} RP 900.

Ces travaux ont permis, pour les systèmes de son périmètre, de :

- Vérifier la cohérence du Programme d'Essais Périodiques avec les requis fonctionnels de sûreté du référentiel du 4^{ème} RP 900.
- Vérifier la conformité des exigences définies des EIPS du Palier CPY au référentiel du 4^{ème} RP 900.
- Proposer le cas échéant des évolutions du référentiel des exigences définies 4^{ème} RP 900 en mettant en cohérence les Règles Générales d'Exploitation associées.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines est concernée par la modification PNPE1446 « Suppression des excroissances DVC CPY tranches paires ».

Bilan de l'état de la tranche

Les impacts documentaires des revues de conformité sur le Rapport de Sûreté, les Règles Générales d'Exploitation et la liste des EIPS ont été pris en compte.

La modification PNRL1895 « Modification de la commande de la vanne du tube de transfert pour fermeture sous débit » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

La modification PNRL1933 « Renforcement sismique de la ligne de brassage de la soude » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines au travers d'un prescriptif interne. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPE1446 « Suppression des excroissances DVC CPY tranches paires » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

4.3 **Conclusion**

En complément des revues déjà réalisées au 4^{ème} RP 900 (sources électriques, fonction recirculation RIS-EAS, Plan d'Action Ventilation), EDF a développé une méthode d'identification des systèmes principaux relatifs à la sûreté devant faire l'objet d'une revue.

La liste ainsi établie comporte les systèmes liés au refroidissement et à la sauvegarde du cœur, complétée de systèmes supports importants.

Les revues ont été menées et les actions issues de ces revues ont été déclinées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines à l'exception de certaines actions issues de la revue « recirculation RIS-EAS » encadrées par des prescriptions émises par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique

du 4^{ème} réexamen périodique 900 MWe.

CHAPITRE 2 : REEVALUATION

SOMMAIRE CHAPITRE 2

CHAPITRE 2 : REEVALUATION	92
SECTION 1 : ACCIDENTS SANS FUSION DU CŒUR	94
SECTION 2 : AGRESSIONS.....	146
SECTION 3 : PISCINE COMBUSTIBLE	306
SECTION 4 : ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR.....	326
SECTION 5 : RISQUES CONVENTIONNELS.....	364
SECTION 6 : ETUDES TRANSVERSES.....	373
SECTION 7 : CONTRIBUTION DU NOYAU DUR AUX OBJECTIFS DU REEXAMEN	394

SECTION 1 : ACCIDENTS SANS FUSION DU CŒUR

SOMMAIRE SECTION 1

1.1 Objectifs	96
1.2 Réponse aux objectifs	97
1.2.1 Respecter les critères de sûreté des études d'accidents en intégrant les évolutions de connaissance.....	97
1.2.1.1 Etudes du Domaine de Dimensionnement	98
1.2.1.2 Etudes du Domaine Complémentaire	106
1.2.1.3 Etudes additionnelles	113
1.2.1.4 Etudes Probabilistes de Sûreté (EPS) des événements internes « Chaudière » de niveau 1.....	122
1.2.2 Tendre vers des niveaux de conséquences radiologiques ne nécessitant pas de contre-mesures pour la population	126
1.2.2.1 Réévaluer les conséquences radiologiques « Chaudière »	128
1.2.2.2 Réévaluer la performance du confinement.....	132
1.2.2.3 Réévaluer les conséquences radiologiques « hors chaudière » ...	142
1.3 Conclusion	145

SECTION 1 : ACCIDENTS SANS FUSION DU CŒUR

1.1 Objectifs

L'objectif général de sûreté nucléaire est de protéger la population et son environnement en établissant et en maintenant dans les centrales nucléaires une défense en profondeur efficace contre les risques radiologiques et non radiologiques.

Dans la démonstration de sûreté, les incidents et accidents de dimensionnement, ainsi que les accidents du Domaine Complémentaire et les agressions font l'objet d'analyses de leurs conséquences radiologiques afin de s'assurer que les relâchements de produits radioactifs dans l'environnement consécutifs à ces situations ont, compte tenu des dispositions de conception et d'exploitation, des conséquences limitées pour les personnes du public et l'environnement. Au-delà de ces situations, les scénarios d'accidents avec fusion du cœur, de probabilité très faible, sont également étudiés.

Ce chapitre traite des accidents sans fusion du cœur liés aux incidents et accidents sur la chaudière, des domaines de dimensionnement et complémentaire.

Objectif n° 1 : Respecter les critères de sûreté des études d'accidents en intégrant les évolutions de connaissance

A l'occasion du 4^{ème} RP 900, la mise à jour de l'ensemble des études d'accidents est réalisée dans l'objectif de vérifier le respect des critères de sûreté en prenant en compte l'état des connaissances et des pratiques.

A cette fin, EDF a mené plusieurs types d'études :

- Les études des scénarios de dimensionnement initial de la chaudière (Domaine de Dimensionnement).
- Les études des scénarios complémentaires au dimensionnement (Domaine Complémentaire).
- Des études additionnelles résultant de justifications particulières sur des scénarios spécifiques supplémentaires, de demandes ASN (exercice de transposition EPR de Flamanville 3 sur le palier 900 MWe) ou d'études étayant les hypothèses retenues pour la démonstration de sûreté.
- Des études probabilistes de sûreté du risque de fusion du cœur et des rejets radiologiques permettant d'identifier des dispositions complémentaires à celles résultant du dimensionnement initial des réacteurs.

Objectif n° 2 : Tendre vers des niveaux de conséquences radiologiques ne nécessitant pas la mise en œuvre de contre-mesure pour la population

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF s'est fixé pour objectif de tendre vers des conséquences radiologiques accidentelles de l'ordre des seuils de mise en œuvre de mesures de protection de la population définis par l'arrêté du 20 novembre 2009 portant homologation de la décision n° 2009-DC-0153 de l'ASN du 18 août 2009 relative aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique, dont les valeurs sont rappelées ci-dessous :

- Une dose efficace de 10 mSv pour la mise à l'abri.
- Une dose efficace de 50 mSv pour l'évacuation.
- Une dose équivalente à la thyroïde de 50 mSv pour l'administration d'iode stable.

A cette fin, le 4^{ème} RP 900 réévalue :

- Les conséquences radiologiques des accidents liés à la chaudière.
- La performance du confinement.
- Les conséquences radiologiques des accidents « *hors chaudière* ».

1.2 Réponse aux objectifs**1.2.1 Respecter les critères de sûreté des études d'accidents en intégrant les évolutions de connaissance**

Au 4^{ème} RP 900, toutes les études de sûreté des situations incidentelles, accidentelles et complémentaires ont été reprises avec un corps d'hypothèses correspondant :

- Au cœur et au combustible.
- Au fonctionnement des tranches.
- A l'évolution des exigences de sûreté.
- A la prise en compte des anomalies d'études impactant les études du réexamen précédent.

Les méthodes d'études ont, par ailleurs, pu faire l'objet d'évolution depuis le 3^{ème} RP 900 :

- Soit pour intégrer des évolutions de l'état de l'art.
- Soit pour bénéficier des nouvelles méthodologies développées sur l'EPR Flamanville 3 lorsque la pertinence vis-à-vis du Palier CPY était avérée.

- Soit pour permettre de restaurer des marges aux critères de sûreté.

En réponse à une demande de l'ASN, tous les correctifs d'études concernant le 3^{ème} RP 900 ont été pris en compte et ont fait l'objet d'une information à l'ASN.

1.2.1.1 Etudes du Domaine de Dimensionnement

Partie générique Palier

❖ Contexte et objets des études

La protection de l'homme et de l'environnement contre les conséquences radiologiques, s'il y en a, des accidents pris en compte dans la conception de la centrale, même ceux de très faible probabilité, repose sur l'interposition en série de barrières de confinement qui sont, dans l'ordre :

- Le gainage du combustible (1^{ère} barrière).
- Le circuit principal de refroidissement du réacteur (2^{ème} barrière).
- L'enceinte de confinement (3^{ème} barrière), et ses extensions.

A chaque catégorie de fonctionnement (catégories 2, 3 et 4 suivant la probabilité d'occurrence) sont affectés des objectifs relatifs à l'intégrité des trois barrières. Ces objectifs sont gradués, de telle sorte qu'aux conditions de fonctionnement les plus probables correspondent les exigences les plus sévères.

Avec l'intégrité des barrières, s'ajoutent les exigences suivantes :

- La non-dégradation d'une condition de fonctionnement vers une condition plus sévère.
- La conduite et le maintien de l'installation vers un état sûr où les trois fonctions fondamentales de sûreté sont garanties durablement : la maîtrise de la réactivité (sous-criticité du cœur), l'évacuation de la puissance résiduelle et le confinement des substances radioactives.

Ainsi, pour les transitoires incidentels et accidentels étudiés au titre du Domaine de Dimensionnement (catégories de fonctionnement 2, 3 et 4), l'objectif est de démontrer avec les évolutions d'hypothèses associées au 4^{ème} RP 900 :

- Le respect des principes de sûreté.
- Le respect des critères de sûreté associés aux phénomènes physiques limitatifs permettant de garantir l'atteinte des objectifs généraux définis sur les 3 barrières de confinement.
- L'atteinte et le maintien d'un état sûr.

❖ Synthèse des études

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, l'ensemble des études du Domaine de Dimensionnement a été mis à jour :

- Retrait incontrôlé des groupes de régulation au démarrage.
- Retrait incontrôlé des groupes de régulation en puissance.
- Capacité de puissance de classe 2 qui vise à vérifier le bon dimensionnement des protections du réacteur.
- Mauvais positionnement, chute de grappe ou d'un groupe de grappes.
- Dilution incontrôlée d'acide borique.
- Perte partielle du débit primaire.
- Perte totale de charge et/ou déclenchement de la turbine.
- Perte de l'eau alimentaire normale des GV.
- Mauvais fonctionnement de l'eau alimentaire normale.
- Perte totale des alimentations électriques externes.
- Augmentation excessive de charge.
- Dépressurisation momentanée du circuit primaire.
- Ouverture Intempestive d'une Soupape Secondaire (OISS).
- Démarrage intempestif du système d'injection de sécurité.

- Accident de Perte de Réfrigérant Primaire (APRP) due à une petite brèche de diamètre inférieur ou égal à 2,5 cm.
- Réduction forcée du débit primaire.
- Retrait d'une Grappe de régulation en Puissance (R1GP).
- Petite brèche sur tuyauterie secondaire.
- Ouverture intempestive d'une soupape de sûreté du pressuriseur.
- Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur (RTGV) de 3^{ème} catégorie.
- Rupture importante d'une Tuyauterie Vapeur (RTV) de 4^{ème} catégorie.
- Rupture importante d'une tuyauterie d'eau alimentaire.
- Rotor bloqué d'une motopompe primaire.
- RTGV de 4^{ème} catégorie (Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur cumulée avec une soupape secondaire bloquée ouverte).
- Ejection d'une grappe de commande (EDG).
- Mauvais positionnement d'un assemblage de combustible dans le cœur.
- Accident de manutention du combustible.
- Accident de manutention du conteneur de combustible irradié.
- APRP Brèche Intermédiaire (APRP BI) de 4^{ème} catégorie.

Les études sont réalisées selon des méthodes éprouvées : soit reconduites du 3^{ème} RP 900, soit d'ores et déjà utilisées sur EPR Flamanville 3 ou sur les autres types de réacteur du parc. L'utilisation de méthodes 3D, à laquelle on recourt plus souvent en RP4 900, permet, grâce à des calculs tridimensionnels, de mieux représenter la physique des phénomènes en jeu dans les études d'accident, tout en conservant un niveau de pénalisation équivalent. Un changement notable concerne également la corrélation de flux critique dont l'évolution permet de mieux caractériser le comportement du combustible vis-à-vis du phénomène physique de crise d'ébullition. Enfin, une hypothèse structurante concerne la prise en compte dans les études de l'impact de la déformation des assemblages. Sous l'effet cumulé des contraintes hydrauliques et mécaniques, de l'irradiation et de la température, les assemblages de combustible se déforment latéralement. Ce phénomène se traduit par des élargissements de lames d'eau présentes entre les assemblages dont les impacts neutroniques et thermohydrauliques sur les études du Domaine de Dimensionnement sont évalués et intégrés au bilan des marges final du 4^{ème} RP 900.

Les principales évolutions issues du corps d'hypothèses du 4^{ème} RP 900 sont les suivantes :

- Au titre de la résorption d'anomalies d'études :
 - Augmentation du débit des vannes réglantes GCT-a (PNPE1141) : cette modification participe à la résorption de l'anomalie d'étude « *Incomplétude de la méthode de calcul de la consommation d'eau ASG par bilan d'enthalpie* » qui impacte l'aspect consommation ASG des phases C des études (la phase C des études est comprise entre l'instant de la première action manuelle et l'atteinte de l'état d'arrêt sûr).
 - Réalimentation de la bache ASG par le circuit d'eau incendie JP (PNPP1864) : cette modification participe à la résorption de l'anomalie d'étude « *Incomplétude de la méthode de calcul de la consommation d'eau ASG par bilan d'enthalpie* » qui impacte l'aspect consommation ASG des phases C des études.

- Installation d'un boremètre sur la décharge RCV (PNPP1797) : cette modification permet de résorber l'anomalie CNS dans les études de dilution en API/APR et est également valorisée dans l'étude de dilution en AN/RRA pompes primaires à l'arrêt.
- Au titre du 4^{ème} RP 900 (modifications issues d'autres thèmes du réexamen et prises en compte dans les études du Domaine de Dimensionnement) :
 - Remplacement des têtes de soupapes SEBIM du pressuriseur sur les tranches CPY à l'état VD4 (PNPP1595) : cette modification vise à augmenter la capacité de décharge des têtes de soupapes du pressuriseur en eau à basse pression.
 - Filtre Tmoy – SIP C (PNRL1817) : cette modification permet une meilleure exploitation de la tranche.
 - Rénovation du RPN CPY en VD4 (PNPP1838) : cette modification impacte essentiellement les études liées aux incertitudes de reconstruction du déséquilibre axial de puissance.
 - Généralisation des grappes absorbantes en hafnium dans le référentiel VD4 900 : cette modification est une donnée d'entrée pour les études d'accidents. Elle a pour objectif de limiter la fluence cuve (voir Volet III, section 1, § 1.2.2.1).

Au bilan, dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF met en œuvre les modifications suivantes pour répondre aux objectifs associés aux études du Domaine de Dimensionnement :

- Evolution Système SIP-Protection (PNPP1873) : cette modification permet d'ajuster les protections ΔT_{te} et ΔT_{sp} dimensionnées par les études de capacité de puissance de classe 2 ainsi que le seuil BPVA modifié par l'étude de RTV 100 % Pn.
- Augmentation du volume REA Bore requis et augmentation du volume libre TEP (PNRL1829) : ces modifications sont issues des études de contrôle de la réactivité dans les états d'arrêt.

- Augmentation de la pression des accumulateurs RIS (PNPE1359) et abaissement de la pression de remplissage des crayons MOX des assemblages de combustible neuf : ces modifications permettent d'assurer une marge plus confortable vis-à-vis des phénomènes combustible liés à l'étude d'APRP BI.
- Modification des fiches d'alarme valorisées dans l'étude du transitoire de dilution incontrôlée d'acide borique, réacteur en puissance, et modification des procédures de conduite incidentelle/accidentelle appliquées suite à l'Arrêt Manuel Réacteur demandé par ces fiches d'alarme, de manière à isoler définitivement la source de dilution, puis assurer la borication du circuit primaire.
- Modification de la droite de blocage du groupe R (PNRL1957) permettant de prendre en compte l'impact de la déformation des assemblages sur les marges au critère de l'étude de chute de grappes.

Sur le plan des études, les compléments suivants seront apportés en phase B :

- Pour l'accident de R1GP, le cas avec Arrêt Automatique du Réacteur (AAR) tardif.
- Pour l'accident d'EDG, le cas sans AAR par $d\phi/dt$ et l'application des critères définis dans le cadre du Groupe Permanent Réacteur « critères de tenue du combustible » de 2017.
- Pour l'accident de RTV à 100 % Pn, le cas avec et sans cumul d'un Manque De Tension Externe (MDTE).
- Pour le transitoire d'OISS, le cas de brèche interface de sollicitation de l'injection de sécurité.
- Pour l'aspect déformation des assemblages, les éléments relatifs à la prise en compte des impacts neutronique et thermohydraulique.

Enfin, en application des prescriptions émises par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF mène des compléments d'études sur les deux thématiques suivantes :

- En application de la prescription [Étude-D], EDF a réalisé les essais permettant de caractériser la limite de flambage des grilles des assemblages de combustible dans une configuration plus réaliste que sur le banc d'essais historique. Leurs résultats ont été exploités afin d'évaluer le comportement mécanique des assemblages en situation d'accident de perte de réfrigérant de quatrième catégorie cumulée avec un séisme survenant de manière concomitante. Cette évaluation ne remet pas en cause la capacité de refroidissement du cœur ou la maîtrise de sa réactivité par chute des grappes et conduit EDF à mettre à jour les rapports de sûreté concernés afin d'y intégrer les enseignements associés à échéance de la TTS du 5^{ème} réexamen périodique du palier 900 MWe.
- En application de la prescription [Étude-B], au plus tard le 31 décembre 2024, EDF évaluera, par une démarche expérimentale, la validité de la corrélation de flux critique utilisée en périphérie des assemblages déformés. À la même date, EDF définira le programme de travail à mener pour prendre en compte les enseignements de cette démarche expérimentale et le calendrier associé. EDF a transmis à l'ASN en juin 2021 un programme détaillé des configurations d'essais à réaliser.

❖ Conclusion

En conclusion, toutes les études d'accidents du Domaine de Dimensionnement ont fait l'objet d'une reprise d'étude avec les hypothèses définies dans le cadre du référentiel du 4^{ème} RP 900. Le respect des critères de sûreté est assuré pour l'ensemble des études réalisées.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La modification PNPP1864 consiste à installer une jonction fixe entre le système JP* et la bêche ASG. La spécificité des tranches de Gravelines est que le système JPP ne puise pas directement l'eau dans la source froide mais dans les bêches JPP présentes sur le site pour alimenter les tranches. La modification PNRL1903 consiste à modifier le capteur de niveau et le seuil du niveau très bas de l'alarme associée à ce capteur afin de renforcer les moyens de surveillance du niveau de ces bêches JPP pour garantir le respect du nouveau requis associé au niveau d'eau dans les bêches JPP.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1141 « Augmentation du débit des vannes réglantes GCT-a ».
- PNPP1595 Tome B « Remplacement des têtes de soupape SEBIM ».
- PNPP1838 « Rénovation du RPN CPY en VD4 ».
- PNPP1864 « Réalimentation de la bêche ASG par le circuit d'eau incendie JP* ».
- PNPP1873 « Evolution Système SIP-Protection ».
- PNRL1817 « Filtre Tmoy – SIP C ».
- PNRL1829 « Augmentation du volume REA bore requis - Augmentation du volume libre TEP ».
- PNRL1903 « Réalimentation ASG par JP* (alarmes STE : création sur seuils NTB JPP) ».
- Généralisation des grappes absorbantes en hafnium dans le référentiel VD4 900.
- Fiche d'alarme dilution en puissance.

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNPE1359 « Augmentation de la pression des accumulateurs RIS ».
- PNRL1957 « Modification de la droite de blocage du groupe R ».

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPP1797 sur l'ajout d'un boremètre sur la décharge du système de contrôle chimique et volumétrique (RCV) a été réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Sa valorisation, prévue initialement avant fin 2022, est provisoirement suspendue pour réaliser des investigations complémentaires. Dans l'attente, les dispositions compensatoires déjà mises en œuvre à l'état VD3 sont reconduites à l'état VD4 et permettent d'assurer la maîtrise des transitoires incidentels de dilution homogène dans les états d'arrêt.

La modification « Crayons MOX à pression de remplissage abaissée à 16 bars » est en cours de déploiement dans le cadre d'une programmation spécifique avec un premier chargement prévu sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines lors de la première VP suivant la 4^{ème} Visite Décennale (prévue en 2025) et une modification effective sur l'ensemble du cœur trois arrêts plus tard.

La modification PNPP1595 Tome C « Remplacement des têtes de soupape SEBIM » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique, prévue en 2025.

1.2.1.2 *Etudes du Domaine Complémentaire*

Partie générique Palier

❖ Contexte et objets des études

La vérification déterministe du dimensionnement initial d'une installation est complétée d'une vérification du niveau de sûreté sur la base des Etudes Probabilistes de Sûreté (EPS) qui permettent d'identifier des scénarii plausibles de défaillances multiples.

Le Domaine Complémentaire étudie des Conditions de Fonctionnement Complémentaires (CFC) aux conditions de fonctionnement de dimensionnement, dans une démarche de réduction du risque.

Ces CFC font appel à des Dispositions Complémentaires (DC), destinées à rendre acceptables les conséquences de tels cumuls de défaillances. L'étude thermohydraulique et/ou neutronique, adossée à une Condition de Fonctionnement Complémentaire, permet de démontrer l'efficacité de la Disposition Complémentaire vis-à-vis de la prévention de la fusion du cœur. Elle vérifie les critères d'acceptabilité des conditions de fonctionnement de dimensionnement de 4^{ème} catégorie ou de découplage.

❖ Synthèse des études

Le processus d'identification des dispositions complémentaires se décompose en trois étapes :

- Identification des dispositions complémentaires potentielles, c'est-à-dire les systèmes ou fonctions spécifiques utilisés dans l'EPS de niveau 1.
- Identification des séquences fonctionnelles associées aux dispositions potentielles : chaque disposition complémentaire potentielle est associée à un groupe de séquences élémentaires de l'EPS de niveau 1 (i.e. conduisant à la fusion du cœur).
- Détermination des dispositions complémentaires : cette étape consiste à déterminer les dispositions complémentaires qui permettent de réduire les risques significatifs. A cette fin, la fréquence de la séquence fonctionnelle sans la disposition complémentaire est comparée à la valeur probabiliste repère de quelques 10^{-7} / année.réacteur, définie en cohérence avec les cibles probabilistes :
 - Si la valeur repère est respectée sans la mise en œuvre de la disposition complémentaire potentielle, alors la nécessité de cette disposition dans la réduction du risque n'est pas démontrée ; dans ce cas, la disposition complémentaire potentielle n'est pas retenue.
 - Si la valeur repère est dépassée sans la mise en œuvre de la disposition complémentaire potentielle, la nécessité de la disposition complémentaire peut être appréciée au cas par cas en fonction de l'acceptabilité des risques encourus.

L'ensemble des études du Domaine Complémentaire est mis à jour dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

La réalisation de l'ensemble de ces études conduit à mettre à jour la liste des DC et CFC. Les matériels, informations ou systèmes assurant une fonction requise dans le cadre des études du Domaine Complémentaire sont ensuite déclinées dans les Règles Générales d'Exploitation (RGE).

Par ailleurs, il est vérifié que ces équipements satisfont aux exigences de classement et de qualification découlant de leur valorisation dans ces études.

Le tableau ci-après liste les conditions de fonctionnement complémentaires retenues au titre du Domaine Complémentaire du 4^{ème} RP 900 phase A, avec la ou les dispositions complémentaires associées.

Condition de Fonctionnement Complémentaire	Dispositions Complémentaires
Transitoire avec défaillance de l'AAR (ATWS) : Perte Totale de l'eau Alimentaire Normale cumulée au Blocage Mécanique de 3 grappes	Mise en service manuelle d'une borication au primaire
Transitoire avec défaillance de l'AAR (ATWS) : Ouverture Intempestive d'une Soupape Secondaire cumulée au blocage mécanique de 3 grappes	Mise en service manuelle d'une borication au primaire
Transitoire avec défaillance de l'AAR (ATWS) : Perte Totale des Alimentations Electriques Extérieures cumulée à la défaillance des disjoncteurs d'AAR	Nouveau Signal Palliatif

Condition de Fonctionnement Complémentaire	Dispositions Complémentaires
Transitoire avec défaillance de l'AAR (ATWS) : Perte Totale de l'Eau Alimentaire Normale cumulée avec l'échec total de l'AAR	Déclenchement en local des groupes RAM
Perte Totale de l'Alimentation en Eau des GV en RP	Mise en service manuelle du gavé ouvert
Perte totale de la source froide (H1) en RP et AN/GV	Isolement manuel du retour des joints n° 1 des GMPP et de la ligne de débit nul RCV Alimentation des échangeurs du circuit de graissage des pompes RCV par le RRI de la tranche voisine Isolement automatique de la décharge RCV Réalimentation manuelle de la bêche ASG par SER en gravitaire Mise en service manuelle d'une borication du primaire
Brèche primaire cumulée à la perte de l'ISHP en fonctionnement	Refroidissement maximal
Brèche primaire en AN/GV	Mise en service manuelle de l'IS
Brèche primaire en AN/RRA	Mise en service manuelle de l'IS
Perte ou Brèche RRA et échec de l'appoint automatique en API NF (Non Fermé)	Mise en service manuelle d'un appoint au primaire Isolement manuel de la liaison RRA-RCV Passage manuel en recirculation
Défaillance totale du RIS ou de l'EAS en recirculation suite à une brèche primaire en RP, AN/GV et AN/RRA	Secours mutuel de l'ISBP ou de l'EAS

Condition de Fonctionnement Complémentaire	Dispositions Complémentaires
Perte Totale des Alimentations Electriques (H3) avec secours de l'injection aux joints des GMPP en RP et AN/GV	Injection aux joints des pompes primaires par la pompe de test alimentée par le DUS Réalimentation électrique des mesures nécessaires à la conduite des GV Réalimentation manuelle de la bêche ASG par SER en gravitaire
Perte Totale des Alimentations Electriques (H3) avec défaillance de la pompe de test entrainant l'apparition d'une fuite aux joints des GMPP en RP et AN/GV	Appoint au primaire par RCV alimenté par le GUS Réalimentation électrique des mesures nécessaires à la conduite des GV Réalimentation manuelle de la bêche ASG par SER en gravitaire Appoint au primaire par la pompe EAS-ND alimentée par le DUS
Perte Totale des Alimentations Electriques (H3) avec défaillance de la pompe de test entrainant l'apparition d'une brèche aux joints des GMPP en RP et AN/GV	Réalimentation électrique des mesures nécessaires à la conduite des GV Réalimentation manuelle de la bêche ASG par SER en gravitaire Appoint au primaire par la pompe EAS-ND alimentée par le DUS
Perte Totale des Alimentations Electriques (H3) en Arrêt Pour Intervention, circuit primaire Non Suffisamment Ouvert	Mise en service d'un appoint au primaire par le RCV de la tranche voisine Isolement manuel de la liaison RRA-RCV Réalimentation électrique des mesures nécessaires à la conduite des GV
Perte Totale des Alimentations Electriques (H3) en Arrêt Pour Intervention, circuit primaire Suffisamment Ouvert	Mise en Service manuelle d'un appoint gravitaire au primaire Mise en service d'un appoint au primaire par le RCV de la tranche voisine

Condition de Fonctionnement Complémentaire	Dispositions Complémentaires
Perte Totale des Alimentations Electriques (H3) en AN/RRA	Réalimentation électrique des mesures nécessaires à la conduite des GV Réalimentation manuelle de la bâche ASG par SER en gravitaire
Perte des tableaux électriques LHA et LHB par mode commun (DCC-LH) entraînant l'apparition d'une fuite aux joints des GMPP en RP et AN/GV	Réalimentation électrique des mesures nécessaires à la conduite des GV Réalimentation manuelle de la bâche ASG par SER en gravitaire Appoint au primaire par la pompe EAS-ND alimentée par le DUS
Perte des tableaux électriques LHA et LHB par mode commun (DCC-LH) en RP et AN/GV	Injection aux joints des pompes primaires par la pompe de test alimentée par le DUS Fiabilisation de l'injection aux joints des pompes primaires Réalimentation manuelle de la bâche ASG par SER en gravitaire
Perte des tableaux électriques LHA et LHB par mode commun (DCC-LH) en AN/RRA	Réalimentation électrique des mesures nécessaires à la conduite des GV Réalimentation manuelle de la bâche ASG par SER en gravitaire
Perte des tableaux électriques LHA et LHB par mode commun (DCC-LH) en Arrêt Pour Intervention, circuit primaire Non Suffisamment Ouvert	Mise en service d'un appoint au primaire par le RCV de la tranche voisine Isolement manuel de la liaison RRA-RCV Réalimentation électrique des mesures nécessaires à la conduite des GV
Perte des tableaux électriques LHA et LHB par mode commun (DCC-LH) en Arrêt Pour Intervention, circuit primaire Suffisamment Ouvert	Mise en Service manuelle d'un appoint gravitaire au primaire Mise en service d'un appoint au primaire par le RCV de la tranche voisine

A noter que certaines Conditions de Fonctionnement Complémentaires valorisent des modifications matérielles mises en œuvre au 4^{ème} RP 900, notamment :

- PNPE1152 : la substitution du turboalternateur de secours LLS par le DUS : cette modification permet de disposer d'une source d'ultime secours plus fiable permettant la réalimentation d'une pompe RIS dans les situations H3 et DCC-LH.
- PNPP1811 : la disposition EAS-ND décrite dans le [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#).
- PNRL1894 : le remplacement des sondes de température Branche Froide par des modèles qualifiés et opérables à des conditions d'ambiance dégradées dans l'enceinte pour permettre leur valorisation dans la conduite des situations H3 ou DCC-LH avec fuite ou brèche du circuit primaire.

Les principales modifications intellectuelles qui concernent les études du Domaine Complémentaire sont :

- L'évolution de conduite des transitoires H3/DCC-LH intégrée dans le chapitre VI des RGE.
- L'intégration d'une démonstration du contrôle de la réactivité dans les études du Domaine Complémentaire.

Dans le cadre de la phase A, EDF met en œuvre une stratégie de conduite des transitoires H3/DCC-LH conçue pour gérer deux effets antagonistes liés à la température primaire : d'un côté, abaisser la température du circuit primaire favorise la préservation des joints des GMPP et donc l'inventaire en eau en cas de perte de l'injection compte tenu du phénomène de corrosion hydrothermique ; d'un autre côté, le maintien d'une température primaire élevée est favorable vis-à-vis de la sous-criticité du cœur. Le palier à 240° C est le compromis établi par EDF pour la phase A. Des compléments d'études ont permis de vérifier le contrôle de la réactivité dans les situations H3 et DCC-LH avec IJPP en mettant en œuvre un refroidissement jusqu'à 190° C. Ainsi, dans le cadre de la phase B, EDF fera évoluer la conduite des situations H3 et DCC-LH avec IJPP du Domaine Complémentaire et retient un palier de température à 190° C permettant de garantir le respect des critères d'acceptabilité.

Cette stratégie de conduite prend en compte le bon comportement des joints des GMPP dont la technologie a évolué par rapport à la conception initiale (glaces du joint n° 1 en nitrure de silicium et joints toriques à haute température) et qui ont fait l'objet d'essais sur les blocs joints à partir de 2015, sur une boucle expérimentale, dans des configurations de pression et température enveloppes des conduites en perte totale des sources électriques, avec des joints neufs et des joints à vieillissement simulé.

❖ Conclusion

Avec la mise en œuvre des Dispositions Complémentaires retenues au 4^{ème} RP 900 listées ci-dessus, toutes les études du Domaine Complémentaire réalisées dans le cadre du 4^{ème} RP 900 respectent les critères de sûreté en intégrant les évolutions des connaissances.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications des Règles Générales d'Exploitation en lien avec l'intégration de nouvelles Dispositions Complémentaires identifiées dans le cadre du 4^{ème} RP 900 phase A ont été réalisées et le Rapport Définitif de Sûreté a été mis à jour en conséquence.

Les modifications :

- PNPE1152 « Substitution de l'alimentation électrique par le Turbo Alternateur de Secours LLS par le Diesel d'Ultime Secours ».
- PNPP1811 « Mise en place d'un système EAS-ND d'injection d'eau au primaire et d'évacuation de la puissance résiduelle ».
- PNRL1894 « Remplacement des sondes de température du circuit primaire en branche froide ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

1.2.1.3 *Etudes additionnelles*

Partie générique Palier

En complément des études du dimensionnement initial et de celles du Domaine Complémentaire, des études additionnelles s'inscrivent dans une démarche d'amélioration de la sûreté des réacteurs.

❖ **Etudes Justificatives Particulières**

Certains phénomènes physiques ou certaines situations accidentelles, susceptibles de porter atteinte au bon accomplissement des fonctions de sûreté, mais non pris en compte à la conception et non couverts par les conditions de fonctionnement complémentaires, ont conduit à la mise en œuvre de dispositions matérielles ou opératoires spécifiques. L'objectif général des études justificatives particulières est d'évaluer la robustesse de l'installation vis-à-vis de ces phénomènes physiques et situations accidentelles, compte tenu des dispositions matérielles et opératoires mises en œuvre.

A l'occasion du 4^{ème} RP 900, les études justificatives particulières sont les suivantes :

- Études d'Interaction Pastille Gaine (IPG) qui définissent les durées autorisées de Fonctionnement Prolongé à Puissance Intermédiaire (FPPI).
- Étude d'Accident de Perte de Réfrigérant Primaire dû à une rupture guillotine doublement débattue (APRP 2A avec A la section de la tuyauterie).
- Dilution hétérogène inhérente à l'APRP Brèche Intermédiaire.
- Dilution homogène par rupture franche doublement débattue d'un tube de l'échangeur du Circuit d'Étanchéité des Pompes Primaires (CEPP).

- **IPG**

L'objectif des études IPG est de déterminer les durées autorisées de FPPI garantissant l'absence de rupture de la gaine en cas de transitoires de catégorie 2.

L'objectif est de mettre en œuvre une démarche permettant de couvrir les cycles dont le nombre d'assemblages neufs rechargés est variable (recharges dites « *variables* ») vis-à-vis du risque IPG et restant compatible avec la démonstration de sûreté. La démarche « *IPG variabilité* » est déclinée dans les études IPG 4^{ème} RP 900. Elle s'appuie sur l'évaluation par calculs 3D statiques des puissances linéiques en fonctionnement normal et lors des transitoires de catégorie 2. Le volet thermomécanique permet d'établir les nappes de puissances de rupture. Le bilan des marges IPG est établi à partir de la différence locale entre la puissance de rupture et la puissance linéique des transitoires de catégorie 2.

Dans certaines configurations, la variabilité des recharges mise en œuvre en 4^{ème} RP 900 conduit à affecter légèrement le bilan des marges IPG évalué avec le plan de référence de la gestion. L'impact de la variabilité des campagnes des gestions combustible PMOX reste limité.

○ **APRP 2A**

Les critères à vérifier pour l'étude de la brèche guillotine doublement débattue (APRP 2A) sont ceux de l'APRP de catégorie 4. Ils ont pour but, d'une part, de garantir l'intégrité de la 3^{ème} barrière de confinement, d'autre part, de préserver la géométrie du cœur de façon à permettre le refroidissement du combustible et ainsi d'éviter une détérioration importante du cœur.

L'étude traite la grosse brèche doublement débattue (APRP-2A) avec des hypothèses et méthodes réalistes. Le niveau de température maximale de gaine, déterminé en 4^{ème} RP 900, associé à un niveau de déformation maximale de gaine maîtrisé, permettent de respecter les critères.

○ **Dilution hétérogène inhérente à l'APRP BI**

L'objectif de sûreté de cette étude est de s'assurer de l'absence de retour en criticité suite au phénomène de dilution hétérogène inhérente en APRP BI. Une démarche d'étude de l'accident de dilution hétérogène inhérente a été développée et mise en œuvre dans le cadre des études EPR Flamanville 3. La dilution hétérogène inhérente à l'APRP BI est également étudiée pour le parc en exploitation avec cette méthodologie.

Les règles d'études des conditions de fonctionnement de dimensionnement sont appliquées à l'exception de la prise en compte d'un aggravant (un aggravant est une défaillance supplémentaire aléatoire, indépendante de l'événement déclencheur de l'accident). Cette étude montre que la séquence de dilution hétérogène inhérente en APRP BI, en référentiel 4^{ème} RP 900, en gestion combustible PMOX, n'entraîne pas de retour en criticité du cœur.

Une étude de sensibilité à la prise en compte d'un aggravant a été réalisée. Les résultats montrent que la conclusion de non-retour critique du cœur au passage d'un bouchon d'eau claire est robuste à la prise en compte d'un aggravant.

Une analyse thermohydraulique locale a également été réalisée pour étudier la sensibilité au volume du bouchon. L'analyse neutronique consiste, lorsque le critère de découplage en entrée cœur sur la concentration en bore critique n'est pas vérifié, à réaliser un calcul neutronique statique. Les résultats de cette étude :

- Concluent au non-retour critique du cœur pour des volumes de bouchon importants avec une marge importante.
- Démontrent également l'absence d' « effet falaise » : la conclusion de non-retour critique du cœur est robuste vis-à-vis de la modification d'un paramètre principal du transitoire, le volume du bouchon.

Des scénarios complémentaires faisant varier le nombre de bouchons, la cinétique d'envoi des bouchons (cinétique de reprise de circulation naturelle) et le décalage dans le temps de leur envoi dans la cuve démontrent, sur la base de calculs neutroniques cinétiques, l'absence de dommage sur le combustible et la non remise en cause de la capacité de refroidissement du cœur pour cet accident de dilution hétérogène inhérente en APRP BI sur les réacteurs 900 MWe du Palier CPY.

- **Dilution homogène par rupture franche doublement débattue d'un tube de l'échangeur du Circuit d'Etanchéité des Pompes Primaires (CEPP)**

Un programme d'étude est en cours afin d'intégrer dans la démonstration de sûreté du palier 900 MWe le scénario de dilution homogène par rupture franche doublement débattue d'un tube de l'échangeur du Circuit d'Etanchéité des Pompes Primaires (CEPP), pour les états Réacteur en Puissance et Arrêt Normal avec l'application des règles et des critères de la catégorie 4 du domaine de dimensionnement. Concernant le risque de dilution par fuite ou rupture de tube de l'échangeur CEPP, EDF mettra en œuvre une modification matérielle (PNPE1189) permettant la réalisation d'un prélèvement chimique en aval de l'échangeur CEPP afin de s'assurer périodiquement de l'intégrité de cet échangeur.

- ❖ **Transposition des situations et délais opérateurs de l'EPR Flamanville 3**

Ces études permettent d'évaluer le comportement des réacteurs du Palier CPY pour les événements et délais opérateurs du référentiel de l'EPR Flamanville 3, en appliquant les règles des études des conditions de fonctionnement de dimensionnement ([cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 1 – § 1.2.1.1](#)).

L'objectif est d'évaluer, à travers deux volets distincts :

- Le comportement des réacteurs du Palier CPY du Parc en exploitation pour les conditions de fonctionnement non prises en compte à leur conception mais retenues dans le référentiel de dimensionnement de l'EPR Flamanville 3 (FLA3).

- L'impact sur les réacteurs du Palier CPY de la prise en compte des valeurs fixées pour les délais d'action des opérateurs sur l'EPR Flamanville 3 sur les conditions de fonctionnement de dimensionnement.

Les études montrent que :

- La majorité des conditions de fonctionnement non traitées par conception à l'état 3^{ème} RP 900 (environ 70 % des cas) respecte les critères de sûreté en appliquant les règles d'études du Domaine de Dimensionnement. Les autres conditions de fonctionnement sont couvertes par les études et les dispositions du Domaine Complémentaire.
- La majorité des conditions de fonctionnement (plus de 70 % des cas) respecte les critères de sûreté du Domaine de Dimensionnement avec les délais opérateurs retenus dans le référentiel déterministe de conception de l'EPR Flamanville 3. Les autres conditions de fonctionnement respectent des critères issus d'une démarche de type « *Domaine Complémentaire* ». L'augmentation du délai opérateur ne génère aucun « *effet falaise* ».

❖ **Cumul d'un Manque De Tension Externe (MDTE)**

A l'occasion du 4^{ème} RP 900, les études réalisées concernent la prise en compte du cumul d'un Manque De Tension Externe (MDTE) pour les accidents de catégories 2 et 3 et la vérification de l'atteinte de l'état sûr avec des critères de catégorie 4 en valorisant uniquement des matériels classés sismiques.

○ **Accident de catégories 2 et 3, aspect court terme**

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a pris en compte le cumul d'un MDTE dans les études des conditions de fonctionnement de catégories 2 et 3, tout en conservant les règles d'études spécifiques utilisées pour celles-ci sur le Palier CPY.

EDF a valorisé la disposition « Arrêt Automatique du Réacteur sur séisme » (PNPP1419), déployée sur l'ensemble des réacteurs du Palier CPY.

EDF s'est assuré sur le Palier CPY (gestion combustible PARITE MOX) que l'intervention précoce de l'AAR sur séisme dans l'étude des phases court terme (c'est-à-dire avant intervention de l'opérateur à 20 minutes) des conditions de fonctionnement des catégories 2 et 3, avec cumul d'un MDTE, permet d'éviter le phénomène de crise d'ébullition au niveau de la gaine garantissant ainsi le respect des critères de sûreté de catégorie 4. La modification « Arrêt Automatique du Réacteur sur séisme » permet en effet d'avancer la chute des grappes, avant que les paramètres de la chaudière ne soient dégradés dans les différentes conditions accidentelles étudiées.

○ **Accident de catégories 2, 3, 4, aspect long terme**

Le MDTE pouvant être la conséquence d'un séisme, EDF s'est assurée pour tous les accidents de dimensionnement, qu'un état sûr peut être atteint en ne valorisant que des moyens sismiques pour les initiateurs de catégorie 2 à 4 avec cumul d'un MDTE.

L'évacuation de la puissance résiduelle est réalisée, selon les accidents :

- Soit par l'Injection de Sécurité (IS) pour les scénarios d'APRP brèche intermédiaire par exemple.
- Soit par l'Alimentation de Secours des Générateurs de vapeur (ASG) puis la réalimentation de la bêche par la Source d'eau de l'appoint Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289).
- Soit par la mise en service du gavé ouvert en parade complémentaire.

L'inventaire primaire est assuré par l'IS pour les initiateurs avec primaire ou secondaire non intègre.

❖ **Accessibilité des locaux pour la réalisation des actions pour les études des domaines de dimensionnement et complémentaire**

L'analyse d'accessibilité consiste à s'assurer que les situations du Domaine de Dimensionnement et du Domaine Complémentaire ne génèrent pas d'évolution d'ambiance susceptible de compromettre la réalisation des actions en local nécessaires pour la gestion d'une situation incidentelle ou accidentelle. Les actions dont la réalisation est nécessaire à court terme sont analysées pour garantir le respect des objectifs de sûreté.

En situation d'accident du Domaine de Dimensionnement ou du Domaine Complémentaire, les conditions d'ambiance susceptibles d'évoluer de manière anormale du fait de l'initiateur sont de nature radiologique et thermique. L'analyse est donc réalisée sur ces deux aspects.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a appliqué la démarche mise au point dans le cadre du 3^{ème} RP 1300 et instruite par l'ASN pour l'ambiance radiologique. Pour l'ambiance thermique, pour chacune des actions sélectionnées, l'analyse repose sur la comparaison entre les conditions thermiques en fonctionnement normal du local considéré et ces mêmes conditions dans la situation spécifique du transitoire analysé. Cette comparaison est réalisée à partir de l'identification d'une évolution pénalisante de l'ambiance thermique induite par un accroissement significatif des dissipations calorifiques et/ou une dégradation du conditionnement dans le local d'intérêt.

Dans la situation très improbable d'APRP4 avec cumul MDTE et perte d'un diesel conduisant à la perte de l'ensemble de la voie A, EDF identifie le besoin d'une modification permettant de réalimenter les organes nécessaires pour l'action « *lignage IS voie A en injection simultanée* ». Cette modification (PNPE1442) permet d'effectuer cette action depuis le bâtiment électrique (BL) dans une ambiance compatible avec la démarche d'accessibilité.

Suite à l'ensemble des vérifications menées dans le cadre du 4^{ème} RP du Palier CPY, les ambiances générées dans les locaux où des actions seraient requises pour la gestion des situations du Domaine de Dimensionnement (radiologique et thermique) et du Domaine Complémentaire (radiologique) ne remettent donc pas en cause la capacité des intervenants à réaliser des actions dans ces locaux pendant la durée nécessaire.

EDF a réalisé l'analyse d'accessibilité pour les accidents du Domaine Complémentaire avec un enjeu vis-à-vis de l'ambiance thermique et confirme l'accessibilité dans ces situations.

En complément, en application de la prescription [FOH-B] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a vérifié la capacité effective des agents de terrain à accéder aux locaux et à y réaliser les actions de conduite requises dans la démonstration de sûreté nucléaire en cas d'accident (par exemple, accessibilité des organes de contrôle et de commande, capacité de réalisation des actions en cas de port d'équipements de protection individuels, disponibilité de l'outillage, délai nécessaire aux accès).-Les dispositions envisagées par EDF dans le cadre du 4^{ème} Réexamen Périodique des réacteurs du palier 900 MWe sont les suivantes :

- Modification d'exploitation pour permettre l'utilisation de cellules d'autocontrôle afin de manœuvrer les vannes RCV-RIS depuis le BL en cas d'APRP de 4^{ème} catégorie. Le déploiement de cette modification est prévu lors de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.
- Mise en application du guide pour la radioprotection en situation d'urgence radiologique, prévue au plus tard lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.
- Mise à disposition de l'exploitant de la liste des locaux contenant des circuits en recirculation (accidents avec et sans fusion) et/ou des traversées enceinte, prévue au plus tard lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.
- Mise à jour de la Règle Particulière de Conduite Événement Météorologique Sévère afin de demander le pré-lignage de la réalimentation de la bûche ASG par SER en cas de pré-alerte Grand Vent, prévue lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.

Par ailleurs, une solution est en cours de développement sur le palier CPY pour éviter de devoir accéder à l'intérieur du BR en situation H3 en état Arrêt Pour Intervention, primaire Non Suffisamment Ouvert. EDF a pour objectif de mettre en œuvre cette solution lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1419 « Mise en place d'un AAR sur séisme » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNPE1189 « Ajout d'un dispositif de prélèvement du fluide primaire en état d'arrêt en aval échangeur CEPP (Circuit d'Etanchéité des Pompes Primaires) vis-à-vis des risques de dilution hétérogène par fuite CEPP ».
- PNPE1442 « Modification d'exploitation : Accessibilité Cellules d'autocontrôle pour manœuvrer les RCV-RIS depuis le BL (injection simultanée ISHP) ».

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPE1289 « Création d'une source d'eau de l'appoint d'Eau ultime » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique prévue au plus tard fin 2024.

1.2.1.4 *Etudes Probabilistes de Sûreté (EPS) des événements internes « Chaudière » de niveau 1*

Partie générique Palier

Les Etudes Probabilistes de Sûreté (EPS) sont utilisées lors du réexamen périodique pour évaluer la fréquence de fusion du cœur (niveau 1) et son évolution par rapport à l'évaluation faite à l'issue du réexamen périodique précédent, en intégrant une analyse des modifications des caractéristiques des systèmes, des pratiques d'exploitation ainsi que l'évolution des connaissances.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, l'EPS CPY événements internes de niveau 1 a été mise à jour pour être représentative d'un réacteur du Palier CPY à l'état RP4 900.

EDF s'est fixé un objectif de réduction de la fréquence des scénarios menant à des rejets précoces et importants. Pour cela, EDF vise à réduire le risque de fusion du cœur, ce qui permet de réduire les rejets associés. Cette EPS permet également de vérifier et de mettre à jour la liste des Dispositions Complémentaires, en fonction des résultats en termes de risque de fusion du cœur (valeur repère à quelques 10^{-7} / année.réacteur).

En préparation du 4^{ème} RP 900, l'EPS du Palier CPY a été mise à jour pour intégrer l'expérience d'exploitation la plus récente (notamment les données de fiabilité des matériels, l'identification et la fréquence des initiateurs, le profil de fonctionnement). Elle prend en compte les nouvelles connaissances sur le comportement de l'installation issues des études les plus récentes.

Plusieurs évolutions notables du périmètre de l'EPS ont été réalisées à cette occasion dont une meilleure prise en compte des systèmes de ventilation et leurs systèmes supports (alimentation électriques, source froide), le traitement d'un plus grand nombre d'événements initiateurs et la prise en compte des actions humaines à réaliser au-delà de 4 heures. La modélisation des systèmes RRI/SEC et des systèmes électriques a également été affinée.

Ces développements ont permis de tirer des enseignements qui ont conduit à décider lors du 4^{ème} RP 900 les modifications suivantes :

- Le remplacement des contacteurs électriques des ventilateurs du système de ventilation des bâtiments électriques par des contacteurs à accrochage (inclus dans la modification PNPE1068 pour Tricastin 1, PNRL1879 pour toutes les autres tranches du Palier CPY).

- L'évolution des procédures de conduite afin d'améliorer :
 - La fiabilité de la ventilation des bâtiments électriques dans les états où le réacteur est à l'arrêt.
 - La fiabilité de la mise en œuvre d'une parade en cas de perte de la fonction d'eau brute secourue constitutive de la source froide de la tranche.

Suite au réexamen périodique, une nouvelle version de l'EPS, nommée « *EPS 900 CPY VD4* » est réalisée afin d'être représentative d'un réacteur du Palier CPY à l'état VD4 et intègre l'expérience d'exploitation la plus récente, ainsi que les nouvelles connaissances sur le comportement de l'installation.

L'EPS 900 CPY VD4 permet ainsi d'évaluer le risque de fusion du cœur pour les événements internes chaudière de l'ordre de 3.10^{-6} / année.réacteur. La contribution est relativement équilibrée entre les différentes familles d'accidents.

Les familles prépondérantes sont par ordre décroissant de contribution :

- Les pertes de sources électriques de haute tension (PSLHT) dont la prédominance est la résultante de l'intégration de systèmes de ventilation en particulier des locaux électriques. Les dernières évolutions des connaissances liées à ces situations ont conduit à des modifications de conduite en valorisant notamment la pompe dite Noyau Dur (PNPP1811) et à une modification matérielle consistant à remplacer des contacteurs des ventilateurs des locaux électriques (PNPE1068 pour Tricastin 1, PNRL1879 pour toutes les autres tranches du Palier CPY).
- Les accidents de perte de réfrigérant primaire (APRP).
- Les transitoires cumulés à une défaillance de l'arrêt automatique réacteur (ATWS).
- Les transitoires sur le circuit secondaire (TGTA).
- Les pertes de sources électriques de basse tension (PSLBT).
- Les pertes de sources froides (PSF) qui intègrent le retour d'expérience le plus à jour en termes d'initiateur.

Trois familles contribuent dans une moindre mesure au risque de fusion du cœur, par ordre décroissant :

- Les transitoires sur le circuit primaire (TRCP).

- Les ruptures de tuyauteries secondaires (RTS).
- Les ruptures de tube(s) de générateur de vapeur (RTGV).

Au final, les dispositions mises en œuvre lors du 4^{ème} RP 900 ayant un impact favorable en termes de risque de fusion du cœur sont les suivantes :

- Le remplacement des contacteurs d'alimentation électrique des ventilateurs des locaux électriques (PNPE1068 pour Tricastin 1, PNRL1879 pour toutes les autres tranches du Palier CPY).
- L'isolement de la barrière thermique du GMPP (PNPP1371).
- La substitution du turbo-alternateur LLS par le Diesel d'Ultime Secours DUS (PNPE1152).
- Le secours inter-tranche des Diesel d'Ultime Secours (PNPE1166).
- La pompe Noyau Dur vis-à-vis des pertes de source électrique de haute tension (PNPP1811).
- La valorisation des parades en situation de perte de la source froide : secours du RRI par PTR et secours du RCV par le RRI de la tranche voisine.

Par ailleurs, la prise en compte du REX d'exploitation a permis de réévaluer à la baisse les fréquences d'un certain nombre d'initiateurs (perte des tableaux LH par mode commun) et de mettre à jour certaines données de fiabilité (blocage mécanique de grappes, pompes de sauvegarde).

L'EPS événements internes chaudière CPY de niveau 1 a ainsi été réactualisée pour être représentative de l'état de réalisation de référence d'un réacteur du Palier CPY après le 4^{ème} RP 900. Une diminution de l'ordre de 30 % du risque global de fusion du cœur a été évaluée pour les EPS événements internes chaudière par rapport au précédent réexamen.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1152 « Substitution de l'alimentation électrique par le Turbo Alternateur de Secours par une alimentation par le Diesel d'Ultime Secours ».
- PNPE1166 « Ajout d'une architecture électrique permettant la substitution du Diesel d'Ultime Secours par le Diesel d'Ultime Secours de la tranche voisine ».
- PNPP1371 « Fiabilisation de l'isolement des barrières thermiques GMPP ».
- PNPP1811 « Mise en place d'un système EAS-ND d'injection d'eau au primaire et d'évacuation de la puissance résiduelle ».
- PNRL1879 « Contacteurs à accrochage DVLa ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

Les évolutions des procédures de conduite relatives à la ventilation et à la mise en œuvre d'une parade en cas de perte de la fonction d'eau brute secourue ont été intégrées dans la documentation d'exploitation.

1.2.2 Tendre vers des niveaux de conséquences radiologiques ne nécessitant pas de contre-mesures pour la population

Les incidents et accidents de dimensionnement représentent les conditions de fonctionnement retenues à la conception initiale des tranches et classées en catégorie de 2 à 4 selon la fréquence d'apparition estimée :

- Catégorie 2 : incidents de fréquence modérée.
- Catégorie 3 : accidents à fréquence très faible.
- Catégorie 4 : accidents hautement improbables.

Chaque incident ou accident correspond en général au cas le plus représentatif et/ou le plus sévère d'un certain type de transitoire.

Afin de vérifier que les incidents et accidents de dimensionnement ont des conséquences radiologiques limitées sur la population, il est nécessaire de comparer les résultats des calculs de doses à des limites de doses adaptées à la situation étudiée, ainsi qu'à la période de temps considérée. On distinguera ainsi la dose associée à la phase court terme de l'accident, calculée à 24 heures et à 7 jours.

En ce qui concerne les transitoires de 2^{ème} catégorie, il n'est pas fixé de limite de doses. Ces transitoires s'inscrivent dans la limite annuelle (1 mSv) de dose efficace pour l'exposition de la population à des rayonnements ionisants (article R1333-11 du code de la santé publique).

En ce qui concerne les transitoires de 3^{ème} et 4^{ème} catégorie (phase court terme), le niveau d'exigence retenu est adapté à la fréquence d'occurrence de la situation concernée. Il est défini en tenant compte des niveaux d'intervention associés à la mise en œuvre des mesures de protection de la population en situation d'urgence radiologique :

- Pour les conditions de fonctionnement de 3^{ème} catégorie : dose efficace < 10 mSv.
- Pour les conditions de fonctionnement de 4^{ème} catégorie : dose efficace < 50 mSv.

La limite de dose associée aux conditions de fonctionnement complémentaires, relative à la phase court terme des accidents, est identique à celle retenue pour les accidents de dimensionnement de 4^{ème} catégorie soit :

- Dose efficace < 50 mSv.

Pour les accidents susceptibles de conduire à des rejets en iode importants, le calcul de la dose efficace à court terme est complété par le calcul de la dose équivalente à la thyroïde sur la même période de temps afin de pouvoir apprécier la nécessité d'administration d'iode stable par comparaison avec le niveau de dose retenu en situation d'urgence radiologique, considéré comme valeur de référence, soit 50 mSv.

Au 4^{ème} RP 900, EDF se fixe une cible plus ambitieuse que le strict respect des limites de doses exigées au titre de la démonstration de sûreté pour les différentes catégories d'accident. EDF vise un niveau de conséquences radiologiques, catégories 3 et 4 confondues, ne nécessitant pas de mise en œuvre de protection des populations. Cela se traduit en pratique par une dose à la thyroïde court terme en limite de site qui doit tendre vers 50 mSv et une dose efficace qui doit tendre vers 10 mSv.

Pour répondre à cet objectif, le programme de travail et les dispositions associées d'EDF comportent plusieurs volets :

- Réévaluation des conséquences radiologiques des accidents liées à la chaudière et identification d'amélioration pour répondre à l'objectif.
- Réévaluation de la performance du confinement et identification d'améliorations pertinentes dans ce domaine.
- Vérification des conséquences radiologiques « *hors-chaudière* » (BAC).

1.2.2.1 Réévaluer les conséquences radiologiques « Chaudière »

Partie générique Palier

❖ Méthodologie

La méthodologie d'évaluation des conséquences radiologiques des rejets atmosphériques accidentels intègre les instructions précédentes ainsi que les exigences réglementaires.

❖ Synthèse des études

Toutes les études de sûreté des domaines de dimensionnement et complémentaire sont suivies d'une évaluation des conséquences radiologiques.

Les calculs des conséquences radiologiques des incidents (catégorie 2) et accidents (catégories 3 et 4) de dimensionnement ainsi que ceux des accidents du Domaine Complémentaire montrent que les relâchements de produits radioactifs à l'extérieur de l'installation, consécutifs à ces situations, ont des conséquences limitées pour les personnes du public et l'environnement. Les doses calculées respectent les limites de dose associées à ces catégories d'incident et accident.

Un focus est réalisé sur les études d'APRP et RTGV de 4^{ème} catégorie car elles présentent les valeurs de doses les plus élevées.

➤ **Accident de Perte de Réfrigérant Primaire de 4^{ème} catégorie (APRP4)**

Les résultats court terme du 4^{ème} RP 900, menés avec des hypothèses pénalisantes notamment sur le taux de rupture de gaines, répondent à l'objectif que s'est fixé EDF dans le cadre du 4^{ème} RP 900 de tendre vers des niveaux ne nécessitant pas de mise en œuvre de mesures de protection de la population pour l'ensemble des accidents de dimensionnement à la distance de la première habitation :

- La dose efficace totale est inférieure à la limite de 10 mSv relative à la mise à l'abri.
- La dose équivalente thyroïde, pour le Palier CPY en gestion combustible PMOX, est inférieure à la limite des 50 mSv, valeur associée à l'administration d'iode stable.

➤ **Accident de Rupture de Tube de Générateur de Vapeur de 4^{ème} catégorie (RTGV4)**

De manière à réduire les conséquences radiologiques et ainsi avoir un impact aussi faible que raisonnablement possible, EDF a analysé la faisabilité d'un certain nombre d'améliorations. EDF a retenu deux solutions :

- Augmentation de la capacité d'évacuation du GCTa (PNPE1141), cette modification répond à la prescription [CR-A-II-1] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

- Abaissement de 33 % (de 150 à 100 GBq/t) de la valeur maximale en équivalent Iode 131 en transitoire autorisée par les spécifications radiochimiques du primaire pour maintenir le réacteur en fonctionnement.

Cet abaissement permet de réduire les conséquences radiologiques de tous les accidents sans rupture de gaine de combustible, dont la RTGV de 4^{ème} catégorie, accident ayant les conséquences radiologiques les plus importantes au titre de la démonstration de sûreté des accidents sans fusion du cœur. Il a, en effet, une incidence directe et proportionnelle sur les doses thyroïde, et dans une moindre mesure, une incidence directe sur les doses efficaces. Il limite ainsi les conséquences radiologiques associées à la masse d'eau primaire rejetée pendant le transitoire accidentel de RTGV4 permettant de tendre vers la non-nécessité de mise en œuvre de mesures de protection de la population.

Il est à noter que la méthode utilisée pour l'évaluation des conséquences radiologiques prend en compte des pénalités substantielles notamment liées à la météorologie. Cette méthode correspond, à date, à l'état de l'art au niveau des méthodes disponibles. Une prise en compte plus réaliste et représentative de la météorologie et de sa variabilité, selon une approche statistique, permettrait un gain notable en termes de doses pour l'accident de RTGV4.

De plus, en application des prescriptions émises par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, et afin de réduire encore les rejets radioactifs, notamment liquides :

- EDF met en œuvre une modification de conduite des transitoires de RTGV4 qui permet une réduction de plusieurs dizaines de tonnes des rejets liquides, cette modification répond à la prescription [CR-A-II-2].
- EDF met en œuvre un abaissement supplémentaire (de 100 à 80 GBq/t) de la valeur maximale en équivalent Iode 131 en transitoire autorisée par les spécifications radiochimiques du primaire pour maintenir le réacteur en fonctionnement. Cette disposition répond à la prescription [CR-A-I].

Au bilan, l'abaissement de 150 à 80 Gbq/t permet un gain de l'ordre de 50 % sur la valeur de dose équivalente à la thyroïde.

❖ **Conclusions**

En termes de conséquences radiologiques, les doses évaluées pour les études de sûreté des domaines de dimensionnement et complémentaire du 4^{ème} RP 900 respectent les limites de dose associées aux différentes catégories d'incident et accident et respectent l'objectif que s'est fixé EDF pour le 4^{ème} RP 900.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier avec des Générateurs de Vapeurs de type 47/22.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1141 « Augmentation du débit des vannes réglantes GCT-a ».
- Intellectuelle « Abaissement des spécifications équivalent lode 131 à 100 GBq/t ».
- Intellectuelle « Abaissement des spécifications équivalent lode 131 à 80 GBq/t ».
- Intellectuelle « Modification de conduite du transitoire de RTGV4 ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

1.2.2.2 *Réévaluer la performance du confinement*

Partie générique Palier

EDF a engagé depuis plus de 10 ans un programme de travail sur la problématique « *durée de vie des enceintes* ». Celui-ci fait l'objet de présentations périodiques auprès de l'ASN. Pour le Palier CPY, la réévaluation du confinement a été intégrée au programme de travail du 4^{ème} RP 900. Cette démarche participe à la maîtrise des conséquences radiologiques des accidents de dimensionnement et à la limitation d'impact d'un accident avec fusion du cœur (cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 4](#)).

Dans ce cadre, EDF a mené des études visant à valider :

- La conformité des critères fonctionnels en situation accidentelle :
 - Vérifier que la pression maximale atteinte dans l'enceinte au cours d'un APRP ou d'une RTV est inférieure à la pression de dimensionnement (5 bars absolus), ce qui garantit le respect des critères fonctionnels de résistance et d'étanchéité de l'enceinte en situation accidentelle.
 - Vérifier que les pressions et les températures de rosée maximales atteintes au cours d'un APRP ou d'une RTV sont inférieures au profil de qualification des matériels aux conditions accidentelles, ce qui garantit de fait la tenue des matériels en situation accidentelle.
 - Vérifier que la température maximale de l'eau dans les puisards au cours de la phase de recirculation ne dépasse pas la valeur de découplage fixée, ce qui garantit le bon fonctionnement des systèmes de sauvegarde en situation accidentelle.
- Le comportement mécanique des enceintes de confinement et les phénomènes de corrosion et autres pathologies.
- La fonctionnalité et l'étanchéité de l'enceinte de confinement.

Etudes des conditions de pression et de température dans l'enceinte en situation accidentelle

A partir des transitoires APRP et RTV, les Masses et Energies Libérées (MEL) dans l'enceinte, données d'entrée des études de tenue de l'enceinte, sont déterminées.

La prise en compte des brèches doublement débattues dans l'évaluation des Masses et Energie Libérées pour le calcul des conditions de pression et de température dans l'enceinte de confinement constitue une hypothèse pénalisante car non réaliste.

Les études des conditions de pression et de température enceinte concluent au respect des critères.

De plus, la dépression maximale dans l'enceinte de confinement en fonctionnement normal, suite à la mise en service intempestive de l'aspersion enceinte est déterminée. Cela permet de vérifier le respect de la dépression maximale considérée dans le dimensionnement.

Comportement mécanique et étanchéité des enceintes de confinement - Phénomènes de corrosion et autres pathologies

❖ Comportement mécanique et pathologies susceptibles d'affecter l'enceinte de confinement

La prise en compte des problématiques « *comportement mécanique de l'enceinte* » et « *corrosion et phénomènes pathologiques* » est prévue dans les DAPE (Dossier d'Aptitude à la Poursuite de l'Exploitation) « *Enceintes des réacteurs 900 MWe* » et « *Structures de Génie Civil des centrales de 900 MWe vis-à-vis des risques de gonflement interne du béton* » ([cf. Volet III – Section 1](#)).

Des éléments permettant de confirmer l'adéquation des mesures prises pour assurer la protection contre les phénomènes de corrosion de la peau métallique sont également apportés dans le DAPE.

❖ Comportement mécanique de l'enceinte de confinement « VD4 + 10 ans »

Les études menées dans le cadre du 3^{ème} RP 900 vis-à-vis de la tenue mécanique des enceintes de confinement de ce Palier (paroi béton et peau métallique) ont été réalisées en considérant une poursuite du fonctionnement à 60 ans avec une marge adéquate. De plus, EDF a démontré que les phénomènes de vieillissement du béton étant limités dès 20 ans et très limités après 40 ans, les résultats obtenus sont transposables au 4^{ème} RP 900.

❖ Phénomènes pathologiques susceptibles d'affecter l'enceinte de confinement « VD4 + 10 ans »

Les études et actions menées à l'issue du 3^{ème} RP 900 concernant les problématiques de corrosion et phénomènes pathologiques restent applicables au 4^{ème} RP 900.

Les enceintes des Paliers 900 MWe font l'objet d'un suivi périodique, vis-à-vis des pathologies pouvant affecter leurs fonctions de sûreté, à travers les PBMP. Le retour d'expérience montre, dans une perspective de poursuite du fonctionnement des réacteurs, que la surveillance effectuée permet la détection de désordres de façon assez précoce, tant sur les aspects corrosion des armatures et risque de Réaction Alkali-Granulat (RAG) que de Réaction Sulfatique Interne (RSI).

❖ **Corrosion de la peau métallique d'étanchéité**

La démonstration de l'aptitude à l'exploitation des enceintes de confinement du Palier CPY, par rapport à la problématique de la corrosion de la peau métallique d'étanchéité, est basée sur les informations obtenues relatives à l'état de la peau métallique lors :

- De la mise en œuvre de réparations dans la zone du fond du bâtiment réacteur sur toutes les tranches de 900 MWe (affaire réalisée au début des années 90).
- De la réalisation d'inspections visuelles de la peau lors des épreuves décennales confirmant l'état satisfaisant de la peau et de la protection métallique du joint radier / gousset.
- De la réalisation d'inspections visuelles de la peinture et de la partie supérieure (niveau – 3,50 m) de la jonction radier / gousset au titre des PBMP « *Ouvrages Génie Civil / PS* » confirmant l'état satisfaisant de la peinture.
- De la réalisation de mesures d'épaisseur des tôles de la peau métallique du fût, de mesures d'épaisseur des tôles de la peau métallique du dôme et la surveillance de la partie supérieure de la jonction radier / gousset, qui ne mettent pas en évidence de dégradation en service pouvant remettre en cause la maintenance des enceintes de confinement.
- De la réalisation d'une étude complémentaire des zones affectées par la corrosion qui conclut à l'intégrité de la peau métallique qui n'est pas affectée par les zones corrodées et ce, pour l'ensemble des configurations étudiées.
- De l'évaluation de la profondeur de la corrosion susceptible d'affecter la peau métallique qui indique que le risque de percement est faible.
- De l'exploitation du REX national et international disponible.

Ainsi, la corrosion par piqûres de la peau métallique, associée à un percement de la peau, n'est pas un mode de vieillissement probable pouvant remettre en cause la fonction étanchéité de l'enceinte compte tenu du suivi mis en œuvre.

❖ Traversées de réserve

Une campagne de contrôle visuel de ces traversées a été réalisée afin d'établir un état des lieux complet pour l'ensemble des tranches du Palier CPY. Le but est de détecter tout phénomène de corrosion susceptible d'affecter les traversées et d'en déterminer la nocivité.

Les constats visuels pour chaque traversée de toutes les tranches sont classés en 5 catégories :

- Traversées non corrodées.
- Traversées avec fleur de rouille (traces de rouille en surface...).
- Traversées avec corrosion modérée (une surface ou plusieurs points de corrosion conséquents).
- Traversées avec corrosion importante (cloquage, feuilletage sur zone importante...).
- Autres cas : traversées inaccessibles.

Les résultats de ces contrôles sont présentés dans le paragraphe « *Bilan de l'état de la tranche* ».

❖ Auscultation

Afin de se prémunir de la perte de certains extensomètres noyés dans le béton des enceintes, EDF a défini une instrumentation dite « Dispositif d'Auscultation Optimal » (DAO) qui s'attache à préserver la continuité des mesures d'auscultation permettant de surveiller le comportement mécanique et l'évolution des déformations différées dans la fourchette attendue en fonctionnement à l'occasion des épreuves enceintes.

Ainsi, EDF a mis en œuvre, de manière préventive, des extensomètres de parement à l'extrados de la paroi précontrainte des bâtiments réacteur du Palier CPY (« Amélioration de la robustesse du système EAU vis-à-vis du DAO » PNPP1546), afin de garantir un DAO fonctionnel.

Fonctionnalité et étanchéité de l'enceinte de confinement

❖ Double-enveloppes RIS et EAS

Le rôle de la double-enveloppe est de confiner une fuite accidentelle (tuyauterie d'aspiration RIS ou EAS) entre les puisards et la première vanne d'isolement ou sur la vanne elle-même. Un dispositif pour tester l'étanchéité de la double-enveloppe est installé.

Cette double-enveloppe constitue le prolongement de la 3^{ème} barrière de confinement pendant les phases accidentelles de recirculation sur les puisards.

Lors des essais périodiques de l'étanchéité de la 3^{ème} barrière de confinement, EDF démontre que ces doubles-enveloppes sont étanches et assurent leur rôle en tant qu'extension de la 3^{ème} barrière.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a analysé le risque de bipasse du confinement associé aux tronçons non isolables de tuyauteries RIS et EAS situés à l'extérieur du BR en réalisant :

- Une revue des différents moyens envisageables pour assurer une surveillance complète de la double-enveloppe des tuyauteries RIS et EAS.
- Une analyse détaillée des avantages et inconvénients de la mise en œuvre des modifications induites.

Il en ressort que le confinement en exploitation courante est vérifié par l'étanchéité extérieure de la double-enveloppe. Le confinement en situation accidentelle est assuré par l'intégrité de la double-enveloppe vis-à-vis de son requis pour assurer cette fonction. La démonstration de la maîtrise de l'intégrité de la double-enveloppe vis-à-vis de la fonction de sûreté de confinement repose sur deux types de surveillance :

- La surveillance de l'étanchéité de la double-enveloppe.
- La surveillance de l'absence d'eau stagnante qui représenterait un potentiel initiateur de corrosion pouvant générer à long terme une perte d'épaisseur de la double-enveloppe. Cette surveillance est réalisée par le biais :
 - Des essais périodiques.
 - De la maintenance préventive du revêtement époxy armé au niveau des puisards.

- De la maintenance préventive de la vanne d'isolement.

Cette triple surveillance permet une surveillance à maille fine et une discrimination des origines potentielles de l'eau. Les programmes de maintenance tous Paliers prévoient une ouverture de la purge à chaque arrêt pour rechargement, éliminant ainsi l'eau éventuellement stagnante, en particulier celle générée par la condensation qui ne serait pas détectable par la surveillance de l'étanchéité.

En complément, dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF prévoit la création d'un piquage afin de permettre un contrôle visuel de l'intérieur de la double-enveloppe via un système d'endoscope ou vidéo (PNPP1932).

❖ **Extension de la troisième barrière de confinement**

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a procédé à la mise à jour de la définition de l'extension de la 3^{ème} barrière. La définition retenue est la suivante :

- L'extension de la troisième barrière est constituée des circuits, ou des portions de circuits, et de leurs équipements associés qui répondent simultanément aux critères suivants :
 - Ils sont extérieurs à la 3^{ème} barrière que constitue l'enceinte.
 - Ils peuvent véhiculer, depuis l'intérieur de l'enceinte, au-delà des limites constituant la 3^{ème} barrière, lorsque la fonction confinement est requise (isolement de la troisième barrière).
- Soit du fluide primaire après une situation accidentelle susceptible d'entraîner une détérioration de la première barrière (ruptures de gaines).
- Soit l'atmosphère de l'enceinte après une situation accidentelle susceptible de conduire simultanément à une dégradation de la première barrière et à un relâchement d'activité primaire dans l'enceinte (perte de la deuxième barrière).
 - Ces circuits ou portions de circuits :
 - Soit sont mis en service lors d'une situation accidentelle car nécessaires à l'accomplissement d'une fonction de sûreté radiologique.

- Soit sont en service préalablement à une situation accidentelle et sont maintenus en service pendant l'accident.
- Les situations accidentelles considérées pour l'identification des circuits constituant l'extension de la 3^{ème} barrière selon la définition ci-dessus sont les conditions de fonctionnement étudiées au titre de la démonstration de sûreté nucléaire : les conditions de fonctionnement de dimensionnement, les conditions du Domaine Complémentaire et les situations d'accidents avec fusion du cœur vis-à-vis desquelles des dispositions matérielles ou d'exploitation sont définies.

Les exigences associées aux circuits appartenant à l'extension de la 3^{ème} barrière complètent les exigences de conception relatives à l'enceinte de confinement et à son système d'isolement ainsi qu'aux systèmes de sauvegarde associés à l'enceinte de confinement. L'ensemble des matériels de l'extension de la 3^{ème} barrière nécessaires à la mitigation des accidents de dimensionnement ou du Domaine Complémentaire font l'objet d'une exigence d'aptitude à l'étanchéité externe. Les matériels situés en limite de l'extension de la 3^{ème} barrière font l'objet d'une aptitude à l'étanchéité externe et interne. Les circuits nécessaires à la mitigation des situations d'accidents avec fusion du cœur relevant également de la définition de l'extension de la 3^{ème} barrière doivent également satisfaire à ces exigences.

En complément, des études ont été menées dans le cadre du 4^{ème} RP 900 pour :

- Dans un premier temps, identifier les circuits, portions de circuits et moyens mobiles non nécessaires pour atteindre l'état sûr dans les accidents de la démonstration de sûreté mais susceptibles de véhiculer du fluide actif en dehors de l'enceinte de confinement, en application des procédures accidentelles, y compris celles qui sont mises en œuvre par les équipes en charge de la conduite du réacteur à la demande de l'équipe de crise.
- Dans un deuxième temps, pour les matériels identifiés, démontrer leur aptitude à l'étanchéité pour les situations accidentelles considérées.

Les analyses menées par EDF ont permis d'identifier deux circuits (le circuit mobile de secours des systèmes EAS et ISBP, et le circuit de décompression-filtration de l'enceinte en situation d'accident avec fusion du cœur) et de démontrer leur aptitude à l'étanchéité dans les situations accidentelles considérées.

❖ **Essai périodique d'étanchéité des joints du TAM**

EDF a évalué la représentativité des essais d'étanchéité actuellement pratiqués au niveau du double-joint du TAM. Ces essais permettent de vérifier de manière périodique l'absence de dégradation de l'étanchéité des joints du TAM et donc de garantir la disponibilité de la fonction confinement. Une analyse de données issues du REX des contrôles pratiqués a confirmé le caractère adéquat des contrôles mis en œuvre pour vérifier l'étanchéité du TAM.

❖ **Dispositif de surveillance du confinement de l'enceinte**

En application de la prescription [CONF-E] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a établi les exigences définies du système de surveillance en exploitation du taux de fuite de l'enceinte de confinement (SEXTEN) pour chaque réacteur du palier 900 MWe qui correspondent au classement IPS-NC des capteurs essentiels entrant dans l'élaboration du taux de fuite de l'enceinte de confinement. La déclinaison de ces exigences définies se traduit par la création d'essais périodiques sur ces mêmes capteurs ainsi que par les évolutions documentaires suivantes :

- Mise à jour du rapport de sûreté ;
- Création d'une règle de maintenance ;
- Mise à jour de la règle d'essai non RGE ;
- Rédaction d'un guide décrivant les modalités du suivi du débit de fuite de l'enceinte au redémarrage et référencement de ce guide dans le document justificatif des STE des paliers concernés.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1546 « Amélioration de la robustesse du système EAU vis-à-vis du DAO » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPP1932 « Implantation d'un piquage sur la double enveloppe des systèmes d'injection de sécurité RIS et d'aspersion EAS, pour prise endoscopique » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

Bilan des résultats des contrôles visuels des traversées de réserve obturées

EDF a réalisé une campagne de contrôles visuels des traversées de réserve obturées afin de détecter tout phénomène de corrosion susceptible d'affecter les traversées et d'en déterminer la nocivité.

Le bilan pour les 19 traversées auscultées est le suivant :

- 0 traversée non corrodée.
- 18 traversées avec fleur de rouille.
- 1 traversée avec une corrosion modérée.
- aucune traversée avec corrosion importante.

L'ensemble des contrôles réalisés montre un bon état général des traversées de réserve obturées : aucun endommagement susceptible de remettre en cause leur intégrité et donc l'étanchéité globale de l'enceinte n'a été constaté.

1.2.2.3 Réévaluer les conséquences radiologiques « hors chaudière »

Partie générique Palier

Dans la continuité du 3^{ème} RP 1300, EDF a analysé les incidents et agressions de dimensionnement des bâtiments BAC afin de s'assurer de l'acceptabilité des conséquences radiologiques éventuellement induites vis-à-vis du niveau d'intervention retenu par les pouvoirs publics pour la mise à l'abri des populations, soit 10 mSv en dose efficace.

Les principales règles inhérentes à cette démonstration sont les suivantes :

- Les événements, incidents ou agressions, dans les BAC ne touchant pas le process chaudière, sont étudiés au titre des conséquences radiologiques, par vérification de la fonction de sûreté de maîtrise du confinement.
- La structure des bâtiments doit assurer une fonction de rétention des produits liquides contenus en cas de défaillance des circuits et réservoirs qu'ils contiennent afin de prévenir un éventuel marquage des eaux souterraines.
- En fonctionnement normal, dans le cadre de la protection du personnel, l'installation et son fonctionnement doivent conduire à une exposition aux rayonnements ionisants aussi faible que raisonnablement possible.
- Des scénarios enveloppes sont définis pour la détermination des situations incidentelles ou accidentelles et la vérification de l'acceptabilité de leurs conséquences.

Les analyses de sûreté menées concluent à l'acceptabilité des conséquences radiologiques en cas d'accident. En particulier, la dose calculée sur le scénario enveloppe retenu (incendie généralisé du BAC) est très inférieure au critère de 10 mSv en dose efficace.

Le référentiel d'exploitation des BAN, BAC, BTE pour la gestion des déchets nucléaires complète les dispositions de conception par des dispositions d'exploitation et contribue au respect des exigences de sûreté. Ce référentiel contribue notamment à la maîtrise du débit de dose résultant des entreposages des BAC, à la maîtrise de la charge calorifique dans le bâtiment (maîtrise du risque incendie) et à l'amélioration de la propreté radiologique.

Les dispositions de conception sont également complétées par la mise en œuvre de dispositions d'exploitation, concourant à la prévention des déversements incidentels et des fuites susceptibles d'atteindre l'environnement.

A l'issue de l'instruction relative au réexamen de sûreté des BAC CPY, EDF complètera son analyse afin notamment d'intégrer un inventaire déchets actualisé sur une période de 10 ans, l'identification et la justification des exigences associées aux équipements et dispositions permettant de limiter les risques de dissémination de substances radioactives, la justification du caractère enveloppe des scénarios d'incendie retenus et l'évaluation des conséquences radiologiques.

Les dispositions prises à la conception et en exploitation sont adéquates pour garantir un niveau de sûreté satisfaisant dans le BAC.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Il n'y a pas de modification concernant ce thème sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

1.3 **CONCLUSION**

Les études d'accidents intègrent les évolutions de connaissance et des méthodes éprouvées, pour certaines utilisées sur l'EPR Flamanville 3. Elles respectent tous les critères de sûreté qui leur sont associés.

En outre, l'évaluation du comportement des réacteurs du Palier CPY aux transitoires et délais opérateur retenus pour le Domaine de Dimensionnement de l'EPR de Flamanville 3 a été effectuée. Les moyens de protection actuels ou prévus dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permettent aux réacteurs du Palier CPY de répondre aux enjeux de sûreté liés à la prise en compte des conditions de fonctionnement et délais opérateur du référentiel déterministe de conception du réacteur EPR de Flamanville 3.

Les EPS événements internes chaudière CPY de niveau 1 ont été réactualisées pour être représentatives de l'état de réalisation de référence d'un réacteur du Palier CPY après le réexamen 4^{ème} RP 900. Les résultats de ces EPS montrent une amélioration globale du résultat vis-à-vis du précédent réexamen (diminution du risque global de fusion du cœur de l'ordre de 30 %).

En termes de conséquences radiologiques, les doses déterminées pour les études de sûreté des domaines de dimensionnement et complémentaire du 4^{ème} RP 900 respectent les limites de dose associées aux différentes catégories d'incident et accident.

Vis-à-vis de l'objectif d'amélioration des conséquences radiologiques vers des niveaux ne nécessitant pas de contre-mesures pour la population, EDF réduit, dans les spécifications radiochimiques de l'eau du circuit primaire, la valeur limite d'activité en équivalent iode 131 et met en œuvre une augmentation du débit GCT-a et une modification de conduite en RTGV.

L'accident de RTGV, qui constitue le transitoire de dimensionnement entraînant les conséquences radiologiques les plus élevées, fait l'objet de calculs avec des méthodes à l'état de l'art pour lesquelles les perspectives d'amélioration permettront de se rapprocher encore de la non-nécessité de mise en œuvre de mesures de protection de la population par une meilleure prise en compte de la variabilité météorologique.

SECTION 2 : AGRESSIONS

SOMMAIRE SECTION 2

SECTION 2 : AGRESSIONS	146
2.1 Objectifs	149
2.2 Réponse aux objectifs.....	152
2.2.1 S'assurer de la robustesse des installations à des niveaux d'agressions réévalués à l'occasion du réexamen ainsi qu'aux préconisations internationales (WENRA).....	152
2.2.1.1 Incendie	158
2.2.1.2 Explosion interne	172
2.2.1.3 Inondation interne, défaillance de tuyauteries et défaillances de réservoirs, pompes ou vannes haute énergie.....	199
2.2.1.4 Inondation externe	207
2.2.1.5 Séisme.....	216
2.2.1.6 Collisions et chutes de charges	226
2.2.1.7 Interférences électromagnétiques (IEM) internes.....	233
2.2.1.8 Grands Chauds	235
2.2.1.9 Grand Froid	243
2.2.1.10 Agressions de la source froide	248
2.2.1.11 Grands vents et projectiles générés par grand vent	253
2.2.1.12 Tornade	258
2.2.1.13 Foudre et interférences électromagnétiques (IEM) externes.....	261
2.2.1.14 Neige.....	264
2.2.1.15 Maîtrise du risque industriel	266
2.2.1.16 Maîtrise du risque aérien	274

2.2.1.17	Etudes complémentaires	278
2.2.2	Viser un risque de fusion du cœur incluant les agressions de quelques 10^{-5} / année réacteur	285
2.2.2.1	EPS Incendie	287
2.2.2.2	EPS Explosion interne.....	292
2.2.2.3	EPS Inondation interne.....	295
2.2.2.4	EPS Inondation externe.....	297
2.2.2.5	EPS Séisme	299
2.2.2.6	Remontage global EPS.....	301
2.3	Conclusion	304

SECTION 2 : AGRESSIONS

2.1 Objectifs

Les agressions sont des événements ou des situations qui peuvent entraîner de manière directe ou indirecte des dommages aux structures, systèmes ou composants nécessaires pour remplir les fonctions fondamentales de sûreté.

Dans la démonstration de sûreté nucléaire relative aux agressions, les familles d'agressions suivantes sont définies :

- Agressions internes.
- Agressions externes, qui sont de deux types :
 - Agressions externes naturelles.
 - Agressions externes d'origine humaine.

A l'origine, la démonstration de sûreté nucléaire prenait en compte les agressions selon une approche de dimensionnement essentiellement déterministe. Ce volet « *Domaine de dimensionnement* » (ou Domaine de conception de référence) apporte, pour chacune des agressions prises en compte, une démonstration déterministe du respect des objectifs de sûreté dans le cas d'une agression dite « *agression de référence* ».

A partir du 3^{ème} RP 1300, un volet probabiliste est introduit dans la démonstration de sûreté nucléaire pour certaines agressions.

Le 4^{ème} RP 900 s'inscrit dans cette approche avec un volet déterministe de la démonstration de sûreté et un volet probabiliste. Ceci se traduit par les deux objectifs suivants :

Objectif n° 1 : s'assurer de la robustesse des installations à des niveaux d'agressions réévalués à l'occasion du réexamen ainsi qu'aux préconisations internationales (WENRA)

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, la démarche générale de prise en compte des agressions a évolué et les études d'agressions ont été réactualisées pour tenir compte notamment de l'état de l'installation, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances, dont celles sur le changement climatique et ses effets, et des règles applicables aux installations similaires.

L'objectif est de limiter, en cas d'agression, le risque de mise en défaut des objectifs de sûreté suivants :

- Intégrité de l'enveloppe sous pression du circuit primaire principal.
- Arrêt et maintien du réacteur en état sûr.
- Prévention et limitation des conséquences radiologiques des accidents sur l'homme et l'environnement à un niveau aussi faible que raisonnablement admissible dans des conditions économiquement acceptables.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, l'objectif d'EDF est d'appliquer aux études d'agressions les niveaux de référence WENRA et de vérifier l'accessibilité des locaux pour la réalisation des actions nécessaires à la protection contre les agressions.

Objectif n° 2 : viser un Risque de Fusion du Cœur (RFC) global incluant les agressions de quelques 10^{-5} / année.réacteur

Le volet probabiliste complète le volet déterministe pour évaluer le risque de fusion du cœur afin d'apprécier le niveau de sûreté des installations. Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a étendu le périmètre des EPS au domaine des agressions internes et externes. EDF a réalisé des études probabilistes de sûreté de niveau 1 liées aux agressions suivantes :

- EPS Incendie.
- EPS Explosion interne.
- EPS Inondation externe.
- EPS Inondation interne.

- EPS Séisme.

2.2 Réponse aux objectifs

2.2.1 S'assurer de la robustesse des installations à des niveaux d'agressions réévalués à l'occasion du réexamen ainsi qu'aux préconisations internationales (WENRA)

La conception des tranches du Palier 900 MWe intègre depuis l'origine la protection vis-à-vis des agressions internes ou externes plausibles. Cette exigence se traduit le plus souvent par la limitation du risque de mode commun pour les systèmes nécessaires au repli et au maintien du réacteur en état sûr. Les réévaluations menées à l'occasion des réexamens périodiques successifs et notamment la prise en compte du Retour d'EXpérience ont par la suite conduit à une amélioration des modalités de prise en compte des différentes agressions et plus particulièrement celles liées au changement climatique.

En complément du Dossier d'Orientation du 4^{ème} Réexamen Périodique 900, EDF a précisé le périmètre et les objectifs d'amélioration de sûreté vis-à-vis des agressions. Ces éléments sont présentés ci-après.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a vérifié l'exhaustivité de la liste des agressions considérées en regard de celles identifiées dans l'arrêté du 7 février 2012 modifié aux articles 3.5 et 3.6 et dans les niveaux de référence WENRA. Les agressions sont soit prises en compte de manière explicite, soit couvertes par d'autres agressions prises en compte (ex. : grêle, émissions de substance dangereuses), soit écartées pour les raisons suivantes :

- elles ne sont pas pertinentes pour les installations françaises (ex. : tempêtes de sable ou de sel, avalanche),
- elles sont exclues du champ de l'analyse du fait de leur très faible probabilité (ex. : météorite).

Les agressions traitées dans le cadre du 4^{ème} RP 900 sont présentées dans la suite de ce paragraphe.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, les objectifs d'amélioration pour les études des agressions de référence sont :

- La prise en compte de l'extension des exigences réglementaires introduite par l'arrêté du 7 février 2012 modifié et les décisions ASN publiées, qui conduit notamment à l'explicitation des exigences au travers de la création de nouveaux chapitres agressions dans la démonstration de sûreté.

- L'intégration du retour d'expérience acquis depuis le 3^{ème} RP 900 (exploitation, évolution des connaissances) qui se traduit notamment par la prise en compte des instructions des autres Paliers (3^{ème} RP 1300, 1^{er} RP N4) et des Groupes Permanents à thème (inondations externes, REX...), ainsi que de la veille climatique.

De plus, les équipements nécessaires à la protection contre les agressions sont redevables d'un statut EIPS. Les exigences associées au statut EIPS (notamment le suivi en exploitation de ces équipements) sont intégrées lors du 4^{ème} RP 900.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, les objectifs d'amélioration des exigences de sûreté pour les études des agressions de référence intègrent aussi la prise en compte des niveaux de référence WENRA 2008. En pratique, l'analyse conduit à intégrer les niveaux de référence E8.2 relatifs à l'application d'un aggravant et E9.3 relatifs au délai d'intervention de l'opérateur. Des études de sensibilité à ces règles ont été menées. EDF a également analysé les niveaux de référence WENRA 2014, et en particulier a positionné, lorsque cela est techniquement pertinent, les niveaux d'aléas naturels pris en compte lors du 4^{ème} RP 900 pour les agressions climatiques à des niveaux correspondant à une fréquence d'occurrence annuelle inférieure à 10^{-4} (niveau de référence T4.2).

Les évolutions des exigences pour les études des agressions de référence, fixées à l'occasion du 4^{ème} RP 900, sont ainsi cohérentes avec les niveaux des standards européens les plus avancés pour les réacteurs existants.

Application d'un aggravant :

EDF a défini une démarche d'application de l'aggravant aux agressions de référence de la démonstration de sûreté (vis-à-vis des niveaux de référence WENRA 2008). Pour chaque agression de référence, une étude a été menée en considérant les cumuls plausibles avec un aggravant appliqué aux équipements actifs¹ permettant de prévenir l'agression ou d'en limiter ses conséquences (Equipements de Disposition Agression). Cette analyse a permis de vérifier que malgré la prise en compte d'une défaillance sur un matériel valorisé dans l'étude d'agression, les critères de rejets définis pour les accidents de dimensionnement de catégorie 4 sont respectés.

¹ Au sens de la démarche de prise en compte d'un aggravant dans les situations d'agressions, les équipements dits « actifs » regroupent les équipements commandés ou contrôlés extérieurement et activés manuellement ou automatiquement avec

Les conclusions de ces études ont été déclinées dans la démonstration de sûreté et sont présentées agression par agression par la suite.

EDF a complété cette approche pour certaines agressions par une démarche visant à justifier le haut niveau de fiabilité des équipements passifs valorisés dans les études d'agression et en identifiant, le cas échéant, des dispositions à mettre en œuvre pour renforcer cette fiabilité. Ces dispositions sont mises en œuvre pour les équipements qui revêtent un enjeu de sûreté important, évalué sur la base des EPS agressions ou de considérations déterministes. Cette démarche a été appliquée pour les agressions Incendie (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1.1), Inondation interne (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1.3) et Explosion interne (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1.2).

Délais d'intervention opérateur :

Les études d'agressions de référence prennent en compte les délais d'intervention de l'opérateur similaires à ceux des études d'accidents de dimensionnement, à savoir :

- Un délai d'intervention de l'opérateur en salle de commande de 20 minutes.
- Des délais d'intervention en local de 25 minutes pour les actions dans le bâtiment électrique ou à proximité immédiate, et de 35 minutes pour les actions dans les autres bâtiments.

Une étude de sensibilité à un délai opérateur en salle de commande de 30 minutes a été menée pour chaque agression de référence afin de vérifier l'absence d'« effet falaise ».

Enfin, EDF a réalisé une étude de sensibilité au délai opérateur de 1h en local sur les configurations identifiées comme les plus sensibles.

Cibles d'occurrences annuelles inférieures à 10^{-4} pour les agressions climatiques :

l'assistance de moyens de transfert et de conduite (par exemple, courant électrique, systèmes hydrauliques ou pneumatiques) ainsi que les équipements « non-statiques ».

Un nouveau chapitre a été créé fin 2014 dans les niveaux de référence WENRA spécifiquement pour les agressions naturelles. Le niveau de référence T4.2 demande en particulier la prise en compte d'une fréquence d'occurrence annuelle de 10^{-4} pour la définition des niveaux de référence des agressions naturelles ou, dans les cas où il ne serait pas possible de calculer cette fréquence, de justifier d'un niveau de sûreté équivalent.

Le programme de travail du 4^{ème} RP 900, établi en amont de la parution de niveaux de référence WENRA, a été actualisé.

Les conclusions de l'analyse menée par EDF sont les suivantes :

- Pour la plupart des agressions externes d'origine naturelle, l'état des connaissances entraîne des difficultés pour estimer un niveau d'aléa correspondant à une fréquence d'occurrence annuelle de 10^{-4} . Cette estimation est simple quand les données historiques existent et que les conditions évoluent peu : c'est le cas pour l'inondation externe, le séisme, les plus basses eaux et la tornade. Elle est plus complexe pour les autres agressions externes d'origine naturelle qui ont nécessité dans certains cas la mise en œuvre d'une démarche spécifique pour déterminer, lorsque cela était nécessaire, des niveaux d'aléas significativement supérieurs à ceux retenus au titre du dimensionnement. Dans ce cas, la démarche est basée sur une valeur d'aléa de fréquence d'occurrence « *raisonnablement quantifiable* » (typiquement, une période de retour centennale) à laquelle est appliquée une marge qui conduit, sur la base du jugement de l'ingénieur, à un niveau d'aléa pouvant être assimilé à la cible décamillénale WENRA. Cette démarche a été appliquée pour les agressions suivantes : Grands Vents, Canicule et Grand Froid.
- Le niveau de référence pour le 4^{ème} RP 900 des agressions séisme, inondation externe, agressions de la source froide, foudre et tornade est conforme à l'attendu WENRA. Les études menées sur le Palier CPY montrent la bonne robustesse des installations pour les agressions Canicule et Grand Froid. . L'étude relative à la Canicule a notamment été reprise dans le cadre de la prescription [AGR-C] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, afin d'améliorer la prise en compte des incertitudes associées aux modélisations et aux valeurs de températures extérieures de l'air. EDF a défini un aléa allant au-delà des températures retenues dans son référentiel « Grands Chauds », correspondant à une période de retour décamillénale, et l'a justifié au regard des incertitudes liées à son évaluation. EDF a vérifié la disponibilité des équipements nécessaires pour faire face à cette situation, y compris en cas de perte des alimentations électriques externes et a initié un traitement spécifique à chacun des cas identifiés en dépassement, adapté aux enjeux de sûreté.
- Pour les Grands Vents, la robustesse des installations est également démontrée directement sans modification de l'installation.

- Pour la Neige, EDF intégrera dans le référentiel d'exploitation, à échéance de la phase B, une prescription portant sur les ouvrages requérant un déneigement afin d'assurer la robustesse des installations à des niveaux d'aléa supérieurs au dimensionnement.

Prise en compte des effets du changement climatique sur les installations :

Dans une démarche d'anticipation, EDF souhaite s'assurer que le changement climatique ne remet pas en cause la garantie du bon dimensionnement des installations face aux aléas redoutés dont les caractéristiques seraient modifiées.

EDF a donc développé une démarche de prise en compte des changements climatiques pour les agressions externes naturelles qui est réalisée en lien avec la publication périodique des rapports du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) destinée à :

- Identifier les aléas climatiques dont l'évolution est plausible ou certaine, ce qui pourrait conduire à une réévaluation à la hausse du niveau de l'aléa de référence.
- Surveiller l'atteinte de critères représentatifs d'un niveau d'aléa déclenchant une analyse approfondie afin de garantir la robustesse des valeurs de référence entre deux réexamens périodiques.

Ainsi, les niveaux d'aléas climatiques sont actualisés en se basant sur l'état des connaissances scientifiques le plus récent, tant pour les données que pour les modèles ou les méthodes. Le bon dimensionnement des installations face aux aléas climatiques conduit pour chaque agression de référence à définir un niveau d'aléa basé, suivant les cas, sur un objectif de temps de retour ou sur un texte normatif (niveau de foudre par exemple). Ces niveaux d'aléas sont pris comme données d'entrées des études d'agressions menées dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

La suite de ce paragraphe est dédiée à la présentation des résultats d'études des différentes d'agressions retenues au titre du 4^{ème} RP 900.

2.2.1.1 Incendie

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

Au-delà des objectifs généraux applicables à l'ensemble des agressions à considérer lors du 4^{ème} RP 900 (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1), l'objectif d'amélioration des exigences de sûreté visé par EDF pour les risques liés à l'incendie porte sur la vérification du bon dimensionnement de la sectorisation. Pour ce faire, EDF a exploité les progrès de modélisation afin d'améliorer la prise en compte des phénomènes liés à l'incendie.

Ces objectifs sont complétés par le respect des exigences réglementaires introduites par l'arrêté du 7 février 2012 modifié et la décision incendie n° 2014-DC-0417 du 28 janvier 2014 relative aux règles applicables aux Installations Nucléaires de Base (INB) pour la maîtrise des risques liés à l'incendie.

Enfin, l'approche déterministe est complétée par une approche probabiliste qui fournit une évaluation plus globale de la robustesse de l'installation vis-à-vis de l'incendie (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.2.1).

La conception des tranches du Palier 900 MWe intègre depuis l'origine la protection contre les risques liés à l'incendie. La mise en œuvre du « PAI » (Plan d'Action Incendie) a déjà conduit EDF à un renforcement significatif de la prévention, de la détection et de la lutte contre l'incendie sur l'ensemble des tranches, tant sur le plan matériel qu'organisationnel.

Les réévaluations menées à l'occasion des réexamens périodiques successifs et notamment la prise en compte du retour d'expérience ont par la suite conduit à une amélioration des modalités de prise en compte de l'incendie.

Des modifications ont ainsi été réalisées à l'occasion du 3^{ème} RP 900, notamment à l'issue des études d'évaluation des marges existantes (10 minutes supplémentaires de marge par rapport au dimensionnement à l'état 2^{ème} RP 900) sur le dimensionnement des protections contre les modes communs de câblage et des moyens minimaux de conduite vis-à-vis de leur résistance au feu.

Concernant les effets induits par les fumées d'incendie sur le fonctionnement des équipements, et des effets de pression en cas d'incendie, EDF a, dans le cadre du 3^{ème} RP 1300, entrepris d'une part une démarche R&D qui s'est concrétisée par un programme d'actions proposé à l'ASN. D'autre part, EDF a engagé des études paramétriques sur les effets de pression en vue d'établir une méthode d'identification des locaux ou volumes de feu de sûreté dans lesquels un incendie est susceptible d'induire des ruptures de sectorisation de sûreté par effet de pression. Ces thèmes issus de l'instruction du 3^{ème} RP 1300 sont pris en compte dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

Enfin, suite à l'accident de Fukushima, l'ASN a formulé la prescription technique ECS 12 demandant à EDF :

- D'évaluer la tenue au Séisme Majoré de Sécurité (SMS) des structures et matériels soumis à un requis de tenue au Demi-Séisme de Dimensionnement (DSD) et contribuant à la sectorisation incendie, à la détection incendie ou à l'extinction d'un incendie (systèmes d'extinction fixes).
- Pour les éléments dont la tenue au SMS ne pourrait être justifiée, de présenter un programme de modifications.

A l'issue du GPO du 4^{ème} RP 900, l'ASN a formulé des demandes complémentaires concernant l'agression interne « *Incendie* ». EDF a alors complété les objectifs d'amélioration des études et intégré, dans son programme de travail du réexamen de sûreté 4^{ème} RP 900, des évolutions sur les thématiques suivantes liées à l'incendie :

- Justification de la sectorisation suivant des approches issues de l'EPR.
- Effets induits par les fumées d'incendie.
- Effets de pression induits par l'incendie.

- Ré-inflammation des imbrûlés dans les gaines de ventilation.
- Aggravant appliqué à l'incendie.
- Sensibilité aux délais opérateur.
- Modalités de déclinaison de la décision ASN sur l'incendie.

En complément, EDF a réalisé des analyses de l'impact d'un incendie sur les circuits véhiculant des fluides hydrogénés (jet enflammé). EDF a également réexaminé les conséquences d'un départ de feu dans les locaux de production d'eau glacée pour le bâtiment électrique (DEL), afin de tenir compte des évolutions des connaissances sur la dynamique de montée en température dans les locaux électriques.

❖ **Synthèse des études**

• **Justification de la sectorisation**

Sur la base de la méthode EPRESSI (méthode d'Evaluation des Performances Réelles des Eléments de Sectorisation Sous Incendie) déclinée sur l'EPR, EDF a développé, dans le cadre du 4^{ème} RP 900, une nouvelle méthode dénommée PEPSSI (Principe d'Evaluation Pour la Suffisance des éléments de Sectorisation Incendie) pour vérifier la robustesse des éléments des volumes de feu de sûreté du Parc en exploitation.

Cette méthode est déployée sur les protections contre les modes communs de câblage dans tous les volumes de feu de sûreté, sur les éléments de sectorisation en limite des zones de feu de sûreté et dans les locaux des volumes de feu à fort enjeu de sûreté. Lors de ces études, l'existence d'une marge de sécurité (10 %) entre la courbe de feu du local et la courbe de performance réelle de l'élément de sectorisation étudié est vérifiée.

Suite à ces études, EDF met en place des dispositions de protection complémentaires : PNPE1302 (protections de câbles), PNPE1420 (remplacements ou ajouts de portes coupe-feu), PNPE1405 tome D (Modification Protection Incendie en Station de Pompage), PNPE1444 (renforcement à l'incendie des éléments de sectorisation de type « protection passive ») ou de nouvelles affaires si d'autres types de dispositions sont nécessaires. EDF met également en place une disposition visant à diminuer la charge calorifique dans certains locaux à enjeux de sûreté (PNRL1925).

Les études de déclinaison de la méthode PEPSSI sur les éléments de sectorisation ont été achevées en décembre 2022. Elles ont notamment permis d'identifier les modifications qui seront réalisées sur les éléments de sectorisation dont la robustesse n'a pu être démontrée.

En complément de ces études, la pertinence des critères PFL (locaux « à *possibilité de feu localisé* ») et PFG (locaux « à *possibilité de feu généralisé* ») utilisés dans les études dites « PAI » a été vérifiée.

• Effets induits par les fumées d'incendie

La démarche entreprise par EDF depuis le début des années 2000 sur les risques de dysfonctionnement d'équipements sous l'effet des fumées a conduit à la mise au point d'un banc d'essais spécifique (banc « MAFFE ») et d'un protocole d'essai associé.

En l'état actuel des connaissances, les effets de fumées restent un phénomène complexe qui a amené EDF à faire les choix industriels suivants :

- Dans le cadre des études déterministes incendie du 4^{ème} RP 900, EDF intègre les effets induits par les fumées d'incendie sur les équipements les plus sensibles (matériel électronique). Ces effets sont pris en compte à travers l'adoption de critères (température, présence de suie, durée d'exposition) traduisant l'effet des suies.
- EDF a également introduit ce critère de dysfonctionnement dans ses études probabilistes de sûreté (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.2).

- EDF poursuit ses actions de R&D sur cette thématique.

Les études de déclinaison relatives aux effets de fumées sont présentées dans la partie « *Spécificités de la tranche* » compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

- **Effets de pression induits par l'incendie**

En complément des études de justification de la sectorisation, une analyse du phénomène de montée en pression dans les locaux en cas d'incendie et de son effet potentiel sur les éléments de sectorisation est réalisée pour les volumes de feu de sûreté du Palier CPY.

Les travaux menés dans le cadre du 4^{ème} RP 900 s'appuient sur la méthodologie déclinée et instruite dans le cadre du 3^{ème} RP 1300. Les principes suivants ont été retenus pour l'analyse des effets de pression en cas d'incendie :

- Identification des configurations susceptibles d'induire des ruptures de sectorisation.
- Evaluation par calcul, des niveaux de pression couvrant les conditions les plus défavorables pouvant être rencontrées, du fait d'un incendie plausible.

Les résultats des études des effets de pression induit par l'incendie sont présentés dans la partie « *Spécificités de la tranche* » compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

- **Ré-inflammation des imbrûlés dans les gaines de ventilation**

Les études de sectorisation ont été complétées par une analyse du risque de ré-inflammation d'imbrûlés par des gaz frais dans les gaines de ventilation.

Les études de déclinaison de la méthodologie de prise en compte du risque de ré-inflammation des imbrûlés par les gaines de ventilation sur le palier CPY ont conclu à la robustesse des dispositions existantes.

La robustesse de l'installation vis-à-vis de ce risque repose principalement sur la présence de clapets coupe-feu en limite des zones de feu de sûreté. Pour les zones de feu de sûreté non munies de clapets coupe-feu, la démonstration repose soit sur des analyses de risque incendie complémentaires s'appuyant pour quelques situations sur des modélisations incendie montrant l'absence de risque de propagation de gaz imbrulés par les gaines de ventilation, soit sur des analyses fonctionnelles montrant l'absence d'impact sur la sûreté. Aucune modification n'est nécessaire pour le 4^{ème} RP 900.

- **Impact d'un incendie sur les circuits véhiculant des fluides hydrogénés (jet enflammé)**

En cas d'incendie conduisant à la perte d'intégrité de circuits véhiculant des fluides hydrogénés, les études de sectorisation ont été complétées par une analyse du risque de génération d'un jet d'hydrogène enflammé. Les études de déclinaison de la méthodologie de prise en compte du risque de jet d'hydrogène enflammé et d'analyse des conséquences associées ont été réalisées sur le Palier CPY.

Suite à ces études, EDF met en œuvre :

- Une modification qui permet d'automatiser la fermeture de vannes d'isolement H2 du système SGZ en cas de détection incendie par le système JDT dans certains locaux (PNPE1393).
- Un dispositif d'aspersion automatique dans les locaux des compresseurs TEG, pour éliminer la possibilité de feu généralisé (PFG) constituée par leur réserve d'huile respective (PNPP1232).

- **Déclinaison de l'aggravant**

Conformément à la démarche générale décrite au paragraphe § 2.2.1, l'application d'un aggravant dans les études incendie a conduit à considérer la défaillance des clapets coupe-feu, des mécanismes de commande des portes coupe-feu asservies à la détection incendie et des matériels actifs des systèmes de lutte contre l'incendie.

En complément de ces études, une démarche d'analyse a été mise en œuvre pour le cas particulier de la défaillance des matériels statiques pour les études incendie.

Enfin, en application des prescriptions émises par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF mène des compléments d'études sur les deux thématiques suivantes :

- En application de la prescription [AGR-E-I] (partie relative aux portes), EDF a défini et mis en œuvre des dispositions d'exploitation adaptées, qui intègrent des actions de maîtrise des charges calorifiques et de maîtrise des travaux pouvant occasionner un départ de feu, dans les locaux suivants :
 - Les locaux pour lesquels un incendie contribue significativement au risque de fusion du cœur ou de découvrement des assemblages dans la piscine d'entreposage du combustible ;

- Les locaux dont la sectorisation est assurée par, au moins, une porte dont la position ouverte lors d'un incendie conduit à une augmentation significative du risque de fusion du cœur ou à la perte des moyens redondants d'appoint en eau ou des moyens de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible.
- En application de la prescription [AGR-E-II] (partie relative au risque de fusion du cœur), EDF identifiera, indépendamment de leur fiabilité, les dispositions de protection contre l'incendie dont la défaillance conduit à une augmentation significative du risque de fusion du cœur ou à la perte des moyens redondants d'appoint en eau ou des moyens de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible. EDF mettra en œuvre des moyens permettant de réduire le risque de défaillance de ces dispositions et définira les exigences d'exploitation associées à ces moyens.

Application d'un aggravant	Synthèse des études
Clapets et portes asservies	La prise en compte d'un aggravant sur les Equipements de Disposition Agression (EDA) clapets coupe-feu et portes asservies à la détection incendie consiste à considérer qu'à la sollicitation ces équipements restent, en cas d'incendie, dans leur position initiale (ouvert). La démarche consiste alors à vérifier, dans ces conditions, que les conséquences de l'incendie ne dépassent pas les critères de rejets des accidents de dimensionnement de catégorie 4. Les études de déclinaison prenant en compte un aggravant sur les Equipements de Disposition Agression (EDA) clapets coupe-feu et portes asservies à la détection incendie ont permis de vérifier l'absence de mode commun sur les matériels des systèmes redevables de l'application du Critère de Défaillance Unique (CDU) et leurs systèmes supports. Aucune modification n'est nécessaire pour le 4^{ème} RP 900.

Application d'un aggravant	Synthèse des études
Systèmes d'extinction fixes	Les systèmes d'extinction fixes installés au titre de la démonstration de sûreté dans les bâtiments BK, BW et BL ne disposent pas d'équipements actifs. Seuls les bâtiments BAN, BR et Diesels comportent des systèmes fixes d'aspersion, dont les tuyauteries sont maintenues en air en condition normale d'exploitation, composés de matériels actifs. La défaillance de ces matériels est postulée. L'accessibilité et la manœuvrabilité en local de ces équipements (vannes) ont été vérifiées. L'existence de redondances fonctionnelles associées à la mise en service manuelle des systèmes d'extinction (en appliquant les délais opérateurs définis) garantit la disponibilité des fonctions à protéger des effets de l'incendie en cas de départ de feu dans les locaux concernés. Ainsi, les études de sensibilité menées afin d'apprécier l'impact des conséquences de l'incendie, en considérant un aggravant appliqué aux équipements actifs du système d'extinction automatique fixe de lutte contre l'incendie concluent à la robustesse des dispositions existantes. Aucune modification n'est nécessaire pour le 4^{ème} RP 900.
Pompes d'eau incendie	Le circuit de production d'eau incendie (JPP) de chaque tranche est alimenté à partir de 2 pompes entraînées chacune par un moteur électrique, dont l'alimentation en électricité est assurée respectivement par les voies A et B secourues chacune par le groupe électrogène de la voie concernée. Par ailleurs, les lignes de refoulement des installations de pompage de chaque tranche sont interconnectées par une bretelle. En conséquence, la prise en compte d'un aggravant, sur une pompe incendie, ne remet pas en cause la capacité du système à fournir la quantité d'eau requise pour l'incendie de référence de l'îlot nucléaire. Aucune modification n'est nécessaire pour le 4^{ème} RP 900.

Pour le cas particulier de la défaillance des matériels statiques :

Application d'un aggravant	Synthèse des études
Equipements de sectorisation passifs	L'application de la démarche pour le cas particulier de la défaillance des matériels statiques a conduit EDF à retenir comme à fort enjeu de sûreté certaines portes coupe-feu non asservies à la détection incendie. Pour celles-ci, EDF met en place des dispositifs d'alarme « porte ouverte » visant à assurer leur maintien fermé. Ces dispositifs font l'objet de la modification PNPE1337. Par ailleurs, d'autres éléments de sectorisation passifs ont été identifiés à enjeu de sûreté. Ces matériels seront tous traités en exploitation en leur attribuant un niveau d'importance maximal, c'est-à-dire comme les éléments de sectorisation situés entre voies opposées.
Systèmes d'extinction fixes	Pour les locaux à fort enjeu, la non prise en compte des systèmes d'extinction fixe a permis d'identifier les locaux pour lesquels la sectorisation à elle seule n'est pas suffisante pour éviter la propagation d'un incendie. L'aspersion incendie est alors considérée à enjeu de sûreté dans ces locaux, sauf si une modification est réalisée pour renforcer la sectorisation. L'analyse conclut qu'aucun local muni d'un système d'extinction fixe ne présente d'élément de sectorisation non robuste si le système d'extinction fixe équipant ce local n'est pas valorisé.

➤ **Prise en compte des délais opérateurs**

Conformément à la démarche générale décrite au paragraphe § 2.2.1, l'étude a consisté à identifier l'ensemble des actions opérateur requises, en salle de commande et en local, pour la justification de la sectorisation incendie de sûreté, et à vérifier l'absence d'« *effet falaise* » lorsqu'un allongement du délai opérateur est pris en compte pour leur réalisation.

L'analyse des actions manuelles réalisées en salle de commande ou en local n'a pas identifié d'« *effet falaise* » lié à la prise en compte de ces délais opérateurs.

A noter qu'une modification matérielle (PNPP1092) réalisée au titre du Projet Maîtrise du Risque Incendie sur le Palier CPY visant à automatiser l'aspersion des locaux RCV permet d'exclure ces locaux de l'analyse.

➤ **Déclinaison de la décision incendie**

Conformément à l'arrêté du 20 mars 2014 portant homologation de la décision ASN n° 2014-DC-0417 (dite « *Décision Incendie* »), la Démonstration de Maîtrise des Risques Incendie (DMRI) a été réalisée.

Elle a pour but de justifier que les dispositions de conception, de construction et d'exploitation prises à l'égard des risques liés à l'incendie sont appropriées et définies selon le principe de défense en profondeur.

Cette DMRI traite des risques radiologiques et des risques non radiologiques (appelés également dans le reste du texte « *risques conventionnels* »). Des méthodes différentes sont appliquées à ces deux types de risque.

La DMRI intègre :

- Les éléments permettant d'apprécier le caractère enveloppe des incendies pris en compte.
- La démarche d'identification des EIP et des AIP et de leurs exigences définies (à la conception, la construction et en exploitation).
- L'analyse des moyens, matériels et humains, d'intervention et de lutte contre l'incendie.
- Les systèmes et structures identifiés comme EIP (avec un niveau de détail proportionné aux enjeux).

➤ **Vérification de la tenue au Séisme Majoré de Sécurité des équipements incendie**

Au titre de la prescription technique ECS 12, EDF a évalué la tenue au Séisme Majoré de Sécurité (SMS) des structures et matériels soumis à un requis de tenue au Demi-Séisme de Dimensionnement (DSD) et contribuant à la sectorisation incendie, à la détection incendie ou à l'extinction d'un incendie (systèmes d'extinction fixes).

A l'issue de ces études :

- La détection incendie est robuste au SMS après la rénovation de l'ensemble des matériels de détection (PNPP1196).

- Concernant la sectorisation active : les portes coupe-feu et les clapets coupe-feu sont robustes au SMS.

- Concernant les systèmes d'extinction fixes :
 - L'îlot conventionnel est robuste au SMS sans modification.
 - L'îlot nucléaire (intérieur du bâtiment réacteur) est robuste au SMS sans modification.
 - L'îlot nucléaire (extérieur du bâtiment réacteur) sera robuste au SMS suite au déploiement de la modification PNRL 1990 (robustesse au séisme majoré de sûreté du réseau incendie JP* à l'extérieur du bâtiment réacteur).

En conclusion, les équipements incendie dont le requis est la tenue au DSD sont robustes au SMS suite à ces études et au déploiement des modifications associées.

➤ **Autres études de mode commun**

EDF a réévalué les conséquences d'un incendie dans les locaux du système de production d'eau glacée pour le bâtiment électrique (DEL), suite au changement des groupes froids, à la lumière de plusieurs nouveaux éléments comme la meilleure connaissance des dynamiques de montée en température dans les locaux électriques sur perte DEL. A l'issue de ces études, EDF met en œuvre une modification visant à s'affranchir de la perte du DEL par mode commun incendie. Cette modification (PNPE1182) concerne uniquement les tranches impaires. Elle consiste à protéger le câble d'alimentation de la pompe DEL voie B par enrubannage.

➤ **Etudes complémentaires**

En application de la prescription [AGR-D-I] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a pris en compte dans les études de maîtrise des risques liés à l'incendie (justification de la sectorisation, effet des fumées, effets de la pression) :

- L'ensemble des locaux de l'îlot nucléaire et de la station de pompage.

- Des hypothèses de modélisation enveloppes permettant de déterminer les courbes de température atteintes dans les locaux pour les feux d'armoires électriques et de chemins de câbles électriques susceptibles d'être rencontrés. En particulier, EDF a retenu pour les feux d'armoires électriques un coefficient de croissance du feu indépendant des conditions d'allumage et représentatif de l'atteinte d'une phase de combustion autoentretenu.

En application de la prescription [AGR-D-II], EDF mettra en œuvre les modifications identifiées au plus tard 5 ans après la remise du rapport de conclusions du réexamen.

EDF réalisera des études complémentaires en application de la prescription [AGR-E-III] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900 : « *L'exploitant identifie les locaux les plus sensibles à l'indisponibilité des systèmes fixes d'aspersion. Il définit et met en œuvre des dispositions pour limiter les risques de perte de la sectorisation incendie dans ces locaux* ».

❖ Conclusion

Des évolutions significatives ont été introduites à l'occasion du 4^{ème} RP 900, notamment par l'amélioration de la prise en compte des effets de l'incendie dans les études déterministes et l'introduction des niveaux de référence WENRA (aggravant, délai opérateur).

Ces études ont permis de vérifier la robustesse de l'installation vis-à-vis des niveaux de référence WENRA, et d'identifier, le cas échéant, les modifications nécessaires pour répondre aux exigences de sûreté liées à la protection contre le risque d'incendie.

Faisant suite à l'instruction des thématiques liées au risque incendie, EDF complète la démonstration par des études qui s'accompagnent le cas échéant de modifications complémentaires à celles d'ores et déjà prévues.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

- **Justification de la sectorisation**

Les études de déclinaison de la méthode PEPSSI ont permis d'identifier les modifications qui seront réalisées sur les éléments de sectorisation dont la robustesse n'a pu être démontrée.

- **Effets induits par les fumées d'incendie**

Pour le site de Gravelines, les études de prise en compte des effets des fumées permettent de conclure à la robustesse de l'installation vis-à-vis de ces effets.

- **Effets de pression induits par l'incendie**

Pour le site de Gravelines, les études de prise en compte du phénomène de montée en pression en cas d'incendie permettent de conclure à la robustesse de l'installation vis-à-vis de ces effets.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPP1092 « Protection incendie des locaux des pompes RCV ».
- PNPP1196 « Rénovation Globale Détection Incendie ».
- PNPP1232 « Mise en place de rampes d'aspersion dans les locaux des compresseurs TEG du palier CPY ».
- PNRL1990 « Robustesse au séisme majoré de sûreté du réseau incendie JP* à l'extérieur du BR ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNPE1302 « PEPSSI - Référentiel incendie : enrubannage ».
- PNPE1393 « Fermeture de la vanne d'isolement H2 du système SGZ en cas de détection incendie par le système JDT ».
- PNPE1405 tome D « Modification protection incendie en station de pompage suite aux études PEPSSI ».
- PNPE1420 « PEPSSI - Remplacement de portes coupe-feu ».
- PNPE1444 « Protections passives « traitement de traversées et de joints » ».

- PNRL1925 « Traitement de risques incendie par gestion des nouvelles charges calorifiques ».
- PNRS1012 « Déclinaison de la méthodologie PEPSSI BR CPY et CPO Bugey »

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPE1337 « Création de dispositifs d'alarme sur les portes coupe-feu à enjeu en vue de garantir leur maintien fermé » sera intégrée dans le cadre d'une programmation spécifique prévue lors de la phase B de la tranche 1 du CNPE de Gravelines (tranche jumelle).

2.2.1.2 *Explosion interne*

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

L'objectif recherché est d'assurer la protection de l'installation contre le risque d'Explosion Interne. Cette démarche a été déclinée pour la première fois lors du 3^{ème} RP 900. Elle intègre depuis les conclusions du GPR de clôture du 3^{ème} RP 900.

A l'occasion du 4^{ème} RP 900, EDF a décliné cette démarche mise à jour dans le but de conforter la robustesse des tranches.

En complément des nouvelles analyses dues au titre de l'instruction relative au « *complément du référentiel* » (études de sensibilité aux niveaux de référence WENRA, aggravant et délais opérateur – cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1), EDF a :

- Consolidé les principes d'évaluation des effets de l'explosion sur la sûreté.
- Pris en compte l'impact des effets de l'explosion sur la sectorisation incendie.
- Pris en compte les suites de l'instruction du 3^{ème} RP 1300, en intégrant des analyses détaillées sur des thématiques particulières (notamment : fuites en dehors des organes démontables, risque interne aux circuits).

Dans une démarche de vérification de la conformité des installations, EDF s'assure que les débits de ventilation mesurés sur les sites sont conformes aux hypothèses retenues dans les études relatives au risque d'explosion ([cf. Volet I - Chapitre 1 - Section 4](#)).

La démonstration de sûreté relative au risque d'Explosion Interne est axée sur la prévention de l'explosion. L'objectif des études consiste à identifier les locaux et emplacements pour lesquels, en considérant des hypothèses enveloppes, la formation d'un nuage inflammable ne peut pas être exclue malgré les dispositions prévues pour éviter l'accumulation de gaz. Dans ce cas, des mesures sont prises pour supprimer les sources possibles de fuite ou, a minima, d'ignition.

De plus, une analyse des conséquences fonctionnelles est menée pour les locaux pour lesquels la formation d'un nuage inflammable ne peut être exclue pour vérifier que les dommages engendrés par l'explosion ne remettent pas en cause les cibles de sûreté présentes. Ces locaux sont dits « *à risque majeur de sûreté* ». Pour ces locaux, l'analyse vise à renforcer si nécessaire, les dispositions constructives (prévention, exclusion, limitation des effets...).

❖ Synthèse des études

Ilôt nucléaire

Les études consistent à vérifier la prévention (par défaut la limitation) de dégagements d'hydrogène, de formation de nuages inflammables et l'absence de risques d'ignition pour les locaux identifiés à risque. Cette démarche est complétée par l'analyse des conséquences pour la sûreté donnant lieu pour les locaux à risque majeur de sûreté à un renforcement des dispositions de prévention. Concernant l'analyse du risque d'Explosion Interne aux circuits de l'îlot nucléaire, les études consistent à identifier l'ensemble des scénarios potentiels et plausibles.

L'analyse du risque d'Explosion Interne à l'îlot nucléaire est basée sur la présence de circuits véhiculant de l'hydrogène et de batteries (procédé générateur d'hydrogène, notamment en charge) qui sont considérés comme les seules sources pouvant être à l'origine de la formation d'un nuage inflammable en fonctionnement normal.

Seuls ces éléments sont considérés pour l'analyse de risques car :

- Les risques liés à la présence temporaire de bouteilles de gaz pour intervention sont couverts par des dispositions organisationnelles.
- Les transformateurs et disjoncteurs présents dans l'îlot nucléaire ne contiennent pas d'huile. Or, le retour d'expérience montre que le risque d'explosion relatif aux transformateurs et disjoncteurs est lié aux matériels avec capacité d'huile. Il n'est donc pas retenu de risque d'explosion sur ce point.

Les études menées ont notamment permis d'identifier les circuits véhiculant de l'hydrogène et les locaux dans lesquels cheminent des circuits hydrogénés avec singularités².

La synthèse des études est décrite dans les paragraphes suivants.

Les études supports du 4^{ème} RP 900 sont menées selon trois axes qui sont la déclinaison de la méthodologie de protection contre le risque d'Explosion Interne, la prise en compte de l'aggravant et la prise en compte des délais opérateurs. Ces études intègrent l'ensemble des enseignements des précédents réexamens, l'instruction du GPO du 4^{ème} RP 900, ainsi que l'instruction dédiée de la thématique explosion dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

➤ **Déclinaison de la méthodologie de protection contre le risque d'Explosion Interne**

- Vérification de l'adéquation des exigences de conception :

Deux types d'agressions sont susceptibles d'entraîner une rupture franche de tuyauterie et donc un dégagement d'hydrogène : la RTHE (Rupture de Tuyauterie Haute Énergie) et le séisme. Le démontage erroné de singularités a également été identifié comme un initiateur potentiel.

Exigences de conception applicables aux circuits

² Exemples de singularités sur un circuit : une vanne, un raccord non soudé entre 2 portions de tuyauteries.

Les dispositions de prévention applicables aux circuits véhiculant de l'hydrogène exigées par le référentiel permettent d'éviter les dégagements d'hydrogène et le risque d'ignition :

- Etanchéité à la conception (vannes à membrane privilégiées, liaisons soudées, suivi en exploitation et maintenance adaptée).
- Circuits et matériels mis à la terre.
- En dehors du BR : vérification systématique de l'intégrité sous séisme (dont séisme-événement) et suite à la Rupture de Tuyauteries Haute Energie (fouettement).

A noter que des supports ont été ajoutés ou modifiés de manière à assurer la tenue au séisme, et des cadres anti-fouettement ont été mis en place dans le cadre du 3^{ème} RP 900.

Exigences de conception applicables aux locaux

Les dispositions de prévention applicables aux locaux dans lesquels cheminent des circuits hydrogénés avec singularités exigées par la démonstration de sûreté permettent de limiter le risque de formation d'un nuage inflammable :

- Existence d'une ventilation mécanique.
- Limitation des zones mortes dans les locaux et équipements.
- Présence d'une détection hydrogène (hors BR).
- Mise en place dans les locaux à risque, de matériels et appareils de catégorie ATEX (adaptés aux conditions d'ATmosphère Explosive) appropriée.

EDF a réalisé en complément une analyse des transferts d'hydrogène d'un local à risque vers un local non à risque et donc non équipé de matériel ATEX. Cette analyse a permis de conclure à l'absence d'impact des transferts par les inétanchéités pour le Palier CPY.

Déclinaison des exigences de conception

Dans le cadre du 3^{ème} RP 900, des modifications ont été réalisées afin de limiter, voire supprimer, les dégagements d'effluents hydrogénés dans les locaux du BAN.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, au regard de ces exigences de conception, aucune modification supplémentaire n'est à mener. En effet, les exigences du référentiel sont respectées :

- Les dispositions préconisées pour exclure ou en tout cas limiter significativement le risque de dégagement de gaz inflammable sont respectées, en particulier la ventilation des locaux batteries est dimensionnée pour évacuer l'hydrogène produit et permet d'éviter toute accumulation.
- Dans les locaux où le risque de fuite d'hydrogène ne peut pas être écarté, une détection est en place pour assurer la surveillance.
- Vérification de la limitation des risques d'ignition pour les locaux à risques et les gaines de ventilation associées

Pour tous les locaux classés « à risque d'atmosphère explosive », les sources possibles de déclenchement d'une explosion doivent être supprimées : des matériels certifiés « ATEX » (conçus pour ne pas constituer une source d'inflammation dans une ATmosphère EXplosive) sont installés dans ces locaux et les circuits sont mis à la terre afin de limiter le risque d'inflammation des mélanges inflammables.

Par ailleurs, l'absence de risque d'ignition d'un nuage inflammable repris par une gaine de ventilation doit être vérifiée jusqu'au point de dilution à partir duquel la concentration en hydrogène est en dessous de la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE).

A l'occasion du 3^{ème} RP 900, tous les matériels situés sur les gaines de ventilation depuis la bouche d'extraction jusqu'au point de dilution ont été remplacés par des matériels certifiés ATEX 3G a minima, à l'exception des chaînes de mesure KRT.

La certification ATEX de ces chaînes KRT n'étant pas réalisable, la solution retenue est la coupure automatique de l'alimentation des chaînes KRT de surveillance des gaines de ventilation par le système de détection de présence d'hydrogène KHY (PNPP1926 volet A). Ainsi, en cas de présence d'hydrogène dans les locaux scrutés et identifiés à risque et de propagation dans les gaines de ventilation, le risque d'ignition de l'atmosphère explosive par les chaînes KRT est supprimé.

EDF a complété l'analyse des risques d'ignition d'une atmosphère explosive dans les gaines d'extraction des locaux du BAN dans le cadre du 4^{ème} RP 900. Cette analyse a permis de conclure à l'absence de matériels à risque d'ignition dans les portions des gaines des ventilations d'extraction nouvellement identifiées. En complément, la mise à la terre de certaines gaines de ventilation est réalisée (PNPP1945 tome B pour Tricastin 1 et 2, PNRL1924 pour les autres tranches du palier CPY).

- Traitement du Bâtiment Réacteur (BR)

Le Bâtiment Réacteur (BR) fait l'objet d'une démarche de vérification spécifique puisque la conception, les mesures d'exploitation et d'installation du BR sont telles que le risque de formation d'une atmosphère explosive est jugé résiduel, compte tenu des volumes d'air mis en jeu dans le BR.

De plus, EDF a démontré l'absence de risque d'agression des lignes hydrogénées connectées au pressuriseur en cas de séisme ou effet de fouettement d'une Rupture de Tuyauterie Haute Energie à l'exception d'une ligne du système d'échantillonnage nucléaire (REN) dans un local spécifique aux tranches impaires. Pour ces tranches, EDF met en place un dispositif permettant de supprimer le risque d'agression de cette ligne (PNPE1445).

Ainsi, les études menées dans le cadre du 3^{ème} RP 900 présentant l'analyse du risque d'explosion dans le bâtiment réacteur concluent à l'absence de risque et restent applicables au 4^{ème} RP 900.

EDF a également réalisé l'analyse du risque de formation locale de mélange inflammable H₂-air dans le cadre du 4^{ème} RP 900. Elle a permis de conclure à l'absence de risque. En complément, la prescription [AGR-G-I] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900 demande qu'au plus tard le 31 décembre 2025, EDF « *évalue, de manière quantifiée, les risques de formation d'une atmosphère explosible dans le bâtiment du réacteur, y compris en cas de survenue d'un séisme, en étudiant les phénomènes susceptibles de se produire à proximité des fuites considérées* » et définisse « *les éventuelles dispositions à mettre en œuvre au regard des enjeux pour la sûreté et le calendrier associé* ».

- Analyse des conséquences fonctionnelles – Traitement des locaux « à risque majeur de sûreté »

Conformément aux objectifs annoncés (consolidation des principes d'évaluation des effets de l'explosion sur la sûreté, prise en compte de l'impact des effets de l'explosion sur la sectorisation incendie), EDF a mis à jour l'analyse des conséquences sur la sûreté d'une explosion dans l'îlot nucléaire, hors Bâtiment Réacteur (le risque de formation d'une atmosphère explosive dans le Bâtiment Réacteur faisant l'objet d'un traitement spécifique – voir ci-dessus), dans le but de vérifier que les effets des explosions potentielles ne remettent pas en cause l'accomplissement des fonctions de sûreté.

Pour le Palier CPY, les études permettent de justifier et d'affiner les hypothèses considérées dans les analyses des conséquences fonctionnelles : sur la base des résultats de calculs (bon comportement des structures primaires du BAN, champs des surpressions obtenus dans le bâtiment considérant l'effacement de fusibles type portes, cloisons parasismiques et murs en parpaings), des zones d'impact réalistes ont été définies au cas par cas et les effets considérés dans les zones ont été adaptés au niveau de sévérité des explosions dans celles-ci. De plus, l'impact de la perte d'éléments de sectorisation incendie suite à une explosion a été pris en compte dans ces analyses. Il est considéré que dans les locaux contenus dans les volumes de feu mis en communication avec la zone d'explosion, les matériels non intrinsèquement robustes à l'incendie sont perdus.

Les résultats des analyses des conséquences fonctionnelles sont une liste de locaux identifiés comme étant « *à risque majeur de sûreté* » :

- Pour les locaux du BAN identifiés « *à risque majeur de sûreté* » et en cas d'impossibilité de supprimer le risque (à titre d'exemple le déplacement ou la protection des cibles de sûreté, l'isolement automatique de la fuite), les matériels de ces locaux doivent être ATEX 2G.
- Pour les locaux batteries identifiés « *à risque majeur de sûreté* », la ventilation doit être secourue électriquement et être robuste au séisme.

Aucun nouveau local du BAN sur le Palier CPY n'a été identifié « *à risque majeur de sûreté* ». En revanche les locaux batteries situés dans les bâtiments BL et BW deviennent « *à risque majeur de sûreté* » par application des principes de la méthodologie du 4^{ème} RP 900. En conséquence, le système DVE doit être robuste au séisme. L'affaire PNPE1118 « Renforcement sismique du système DVE locaux batteries » est déployée lors du 4^{ème} RP 900 pour renforcer au séisme le système de ventilation DVE des locaux batteries et constitue la disposition répondant à l'objectif de prévention du risque. Par ailleurs, en cas de détection de la perte de la ventilation ou d'hydrogène dans les locaux batteries, différentes actions opérateur sont mises en œuvre : ouverture des éventuels registres inter-voie afin de mettre en communication les circuits d'extraction des locaux batterie, ouverture des portes des locaux batteries pour rétablir une circulation d'air grâce à la ventilation des locaux adjacents.

Les locaux « *à risque majeur de sûreté* » ont fait l'objet d'investigations complémentaires par EDF afin d'analyser la faisabilité et la pertinence de moyens de protection complémentaires. Dans ce cadre, afin de réduire le risque de fuite d'hydrogène, EDF mettra en œuvre une condamnation d'exploitation sur les singularités de certains locaux à enjeux majeur de sûreté dans le cadre de la phase B. Par ailleurs, pour les scénarios d'explosion conduisant à une perte du refroidissement PTR et de l'appoint JPI, l'appoint à la piscine d'entreposage du combustible par la Source d'eau de l'appoint Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258, cf. [Volet 1 – Chapitre 2 – Section 7](#)) est valorisé afin d'éviter le découverture des assemblages de combustible présents en piscine. De plus, EDF met en œuvre un dispositif de protection de certaines lignes RRI afin d'exclure leur agression par projection d'une porte en cas d'explosion (PNPE1445).

En complément des études réalisées et des dispositions déjà identifiées, la prescription [AGR-G-I] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900 demande qu'au plus tard le 31 décembre 2025, EDF « *identifie, pour les explosions susceptibles de conduire à la perte d'une fonction de sûreté, les situations pour lesquelles la disponibilité des équipements nécessaires à l'atteinte et au maintien de l'état sûr du réacteur n'est pas assurée* » et définisse « *les éventuelles dispositions à mettre en œuvre au regard des enjeux pour la sûreté et le calendrier associé* ».

- Prévention des risques à l'intérieur des circuits

Les dispositions de conception et d'exploitation existantes (oxygènemètre, inertage à l'azote, manchette amovible...) permettent d'éviter le risque de formation d'une atmosphère explosive à l'intérieur des circuits.

Afin de s'assurer que ces dispositions répondent bien à l'objectif de prévention du risque, une analyse du risque de formation d'un nuage inflammable dans les circuits a été réalisée sur la base d'un REX national et international. Cette analyse conduit à mettre en œuvre une modification visant à limiter les entrées d'air dans certains circuits contenant de l'hydrogène (modification PNPP1709 « Remplacement vannes SIERS et interverrouillage des vannes manuelles RPE »). Ce REX a été étendu au risque hors des circuits (y compris hors des bâtiments de l'îlot nucléaire). Il conclut que les dispositions de prévention et d'exploitation existantes répondent à l'objectif, au regard des incidents remontés.

En complément, EDF a développé et décliné une méthodologie permettant d'identifier l'ensemble des scénarios potentiels et plausibles concernant l'analyse du risque d'Explosion Interne aux circuits de l'îlot nucléaire. La déclinaison sur les installations du Palier CPY confirme la robustesse des principes généraux de fonctionnement en surpression, soutenus par des systèmes techniques tels que l'inertage (gaz inerte : azote), le suivi instrumenté en continu, les prises d'échantillon et l'arrêt automatique sur détection d'oxygène (TEG) qui contribuent à la maîtrise des risques d'Explosion Interne au sein des circuits. L'analyse réalisée dans le cadre de cette déclinaison fait toutefois ressortir deux scénarios plausibles d'explosion. Pour ces scénarios :

- EDF met en œuvre une disposition complémentaire permettant de réduire le risque d'explosion à l'intérieur d'une bache TEG (PNPE1338).
 - EDF met en œuvre une disposition complémentaire permettant de réduire le risque d'explosion à l'intérieur d'une bache RCV (PNRS1024).
- Dégagements d'hydrogène en dehors des singularités à caractère démontables

EDF a renforcé ultérieurement sa démonstration relative au risque d'explosion associé aux lignes hydrogénées du BAN en analysant la possibilité de fuites en dehors des organes démontables. Cette étude a mis en évidence la robustesse de la conception.

Les locaux retenus à l'issue de l'étude des dégagements en dehors des singularités, et pour lesquels une explosion conduirait à un mode commun sur une fonction de sûreté sont appelés « locaux sensibles ».

Dans le cadre des suites du GP Agressions, EDF a par ailleurs enrichi son analyse en vérifiant les conséquences fonctionnelles d'une explosion consécutive à une fuite en portion courante. Les locaux pour lesquels un initiateur potentiel de fuite est considéré et identifié comme sensible vis-à-vis de la sûreté ont fait l'objet d'analyses complémentaires par EDF. Pour ces locaux, l'enjeu sûreté est lié à la perte du refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible. Le découvrage des assemblages de combustible en piscine est évité grâce à l'appoint par la Source d'eau de l'appoint Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258, cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#)). En réponse au premier alinéa de la prescription [AGR-G-I] citée en amont, EDF apportera des compléments d'analyse également pour les locaux sensibles.

➤ **Déclinaison de l'aggravant**

Conformément à la démarche générale décrite au paragraphe § 2.2.1, la démarche de vérification de la robustesse de l'installation vis-à-vis de l'aggravant consiste en une étude considérant les cumuls plausibles d'Explosion Interne avec un aggravant appliqué aux équipements actifs permettant de prévenir l'agression ou d'en limiter ses conséquences (Équipement de Disposition Agression).

Le but est de s'assurer que les objectifs suivants ne sont pas remis en cause par la prise en compte d'un aggravant (et le cas échéant l'absence d'impact sur les fonctions de sûreté est vérifiée) :

- La prévention de la formation d'un nuage inflammable.
- La prévention d'une explosion.

Les fonctions participant à la prévention de la formation d'un nuage inflammable sont :

- La ventilation (en appliquant le principe de continuité de service, la prise en compte d'un aggravant peut être écartée).
- L'asservissement d'une vanne de coupure à la détection d'hydrogène dans certains locaux du BAN et du BW.
- La surveillance de la présence d'un débit de ventilation dans les locaux batteries.

La seule disposition permettant de prévenir l'ignition d'une explosion consiste à installer du matériel certifié ATmosphère EXplosive (ATEX) de niveau 3G, ou 2G pour les locaux à enjeu majeur de sûreté. Il s'agit d'une disposition passive.

Afin de prévenir le déclenchement d'une explosion dans un local présentant un risque d'atmosphère explosive, l'alimentation des matériels électriques est asservie à la détection d'hydrogène dans certains locaux. Un aggravant est considéré sur cet asservissement.

Des analyses de prise en compte de l'aggravant sur les différentes chaînes d'asservissement ont été réalisées : elles concluent toutes à la nécessité de renforcer la détection (élément le moins fiable de la chaîne) qui est donc doublée (« Déclinaison aggravant WENRA pour détection hydrogène » PNPP1926 volet C).

La détection de sous-débit des ventilations des locaux batteries est également complétée, au titre de la prise en compte d'un aggravant, par l'ajout d'une détection hydrogène dans ces locaux (« Ajout de détecteur hydrogène dans les locaux batteries » - PNPP1926 Volet B).

Les études réalisées sur la prise en compte de l'aggravant permettent de répondre à la prescription [AGR-G-II] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, qui demande qu'au plus tard le 31 décembre 2022, EDF « identifie, indépendamment de leur fiabilité, les dispositions de protection contre l'explosion dont la défaillance conduit à une augmentation significative du risque de fusion du cœur ou à la perte des moyens redondants d'appoint en eau ou des moyens de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible » et définisse « les moyens à mettre en œuvre pour réduire le risque de défaillance de ces dispositions, les exigences d'exploitation associées à ces moyens et le calendrier associé ».

Ces études ont conduit à prévoir notamment :

- La création d'un dispositif d'alerte sur les portes à enjeux de sûreté (PNPE1337).
- La mise en place d'une conduite à tenir adaptée en cas d'indisponibilité du clapet antiretour des effluents gazeux hydrogénés vers le circuit de contrôle chimique et volumétrique (RCV).
- L'intégration aux programmes de maintenance et aux consignes d'exploitation de dispositions supplémentaires.

➤ **Prise en compte des délais opérateurs**

Conformément à la démarche générale décrite au paragraphe § 2.2.1, l'étude consiste à identifier l'ensemble des actions opérateur requises, en salle de commande et en local, pour la protection contre l'agression, et de vérifier l'absence d'« *effet falaise* » lorsque l'on prend en compte un allongement du délai opérateur pour accomplir celles-ci.

Le seul cas de figure nécessitant une action d'un opérateur est la perte de la ventilation ou la détection d'hydrogène dans un local batterie, entraînant la surveillance en local de la concentration en hydrogène, l'ouverture des éventuels registres inter-voies et de la porte du local. L'action opérateur est réalisée dans un délai bien inférieur à l'atteinte de la LIE, il n'y a pas de risque de formation d'un nuage inflammable. Aucune disposition additionnelle n'est donc nécessaire.

Par ailleurs, des exercices sur la thématique Explosion Interne sont mis en place pour les intervenants sur les CNPE à l'occasion du 4^{ème} RP 900 dans le but d'apprécier la bonne mise en œuvre des parades valorisées dans la démonstration de maîtrise du risque d'explosion.

Hors îlot nucléaire

Les études consistent à s'assurer que les scénarios de fuite d'hydrogène retenus sont maîtrisés et que les effets résiduels d'une explosion sont acceptables vis-à-vis des cibles assurant une fonction de sûreté.

Hors îlot nucléaire, les principaux risques d'explosion sont présents en salle des machines, en galeries techniques, dans les caniveaux, sur les parcs à gaz et au poste de vidange rapide alternateur. Cette démarche est complétée par les analyses d'impact sûreté avec prise en compte des cumuls Foudre / Explosion, Projectiles générés par le grand vent / Explosion et de la prise en compte d'un aggravant dans les études du risque d'Explosion Interne hors îlot nucléaire. La prise en compte de la sensibilité aux délais d'intervention de l'opérateur est sans objet, aucune action opérateur n'étant valorisée dans la démonstration.

Le risque d'explosion lié au transport de marchandises dangereuses est également pris en compte, dans le paragraphe 2.2.1.15 « Maîtrise du risque industriel ».

La synthèse de ces analyses de risques est décrite dans les paragraphes suivants.

➤ **Déclinaison de la méthodologie de protection contre le risque d'Explosion Interne**

Analyse du risque d'explosion d'hydrogène dans la salle des machines :

Comme pour l'îlot nucléaire, deux types d'agressions sont susceptibles d'entraîner une rupture franche de tuyauteries en salle des machines : la RTHE et le séisme. L'incendie a été considéré par défaut comme un agresseur potentiel des lignes hydrogénées, de manière conservatrice (un incendie agressant une tuyauterie hydrogénée et engendrant une fuite va enflammer l'hydrogène instantanément et générer un jet enflammé, traité au titre de l'agression incendie). Le démontage erroné de singularités a également été identifié comme un initiateur potentiel.

Le scénario enveloppe serait la vidange totale de l'hydrogène contenu dans l'alternateur suite à la rupture de la tuyauterie de retour d'huile sur le circuit GHE. Dans ces conditions, deux explosions de natures différentes peuvent se produire :

- L'explosion du jet d'hydrogène : les niveaux de surpression générés engendreraient un arrachement du bardage mais ne seraient pas de nature à remettre en cause la stabilité de la salle des machines.
- L'explosion d'une nappe d'hydrogène : les niveaux de surpression engendrés provoqueraient une projection du bardage en partie haute de l'ouvrage mais ne seraient pas en mesure d'endommager les parois de la salle des machines.

Ces deux explosions ne sont pas de nature à porter atteinte à l'accomplissement des fonctions de sûreté.

Ainsi, la conception des salles des machines du Palier CPY satisfait aux exigences de sûreté en l'état des installations.

Analyse du risque d'explosion d'hydrogène dans les galeries techniques :

Une explosion dans les galeries techniques générerait des niveaux de surpression importants (type effet canon). A ce titre, des modifications ont été mises en place dans le cadre du 3^{ème} RP 900 afin de prévenir les fuites d'hydrogène en prenant en compte les différents agresseurs potentiels des tuyauteries hydrogène en galeries (séisme, séisme événement et RTHE) :

- Le déplacement des tuyauteries d'hydrogène de façon à les protéger du risque séisme-événement et le renforcement des supports pour garantir leur tenue sismique.
- La mise en place de cadres anti-fouettement sur les Tuyauteries à Haute Energie (THE) contre le risque RTHE.

Ainsi, le risque d'explosion d'hydrogène en galeries techniques est supprimé. La conception des galeries techniques du Palier 900 MWe satisfait aux exigences de sûreté en l'état des installations.

Analyse du risque d'explosion d'hydrogène des postes de vidange rapide alternateur

Parmi les agresseurs susceptibles de porter atteinte à l'intégrité des tuyauteries d'hydrogène des postes de vidange rapide alternateur sont identifiés, pour le Palier CPY :

- Le séisme.
- Un incendie.
- Les Projectiles Générés par Grand Vent (PGGV).
- La foudre.

Consécutivement à une des agressions précédemment citées, le scénario enveloppe considéré est la vidange de tout l'hydrogène contenu dans l'alternateur par la rupture d'une ou plusieurs tuyauterie d'hydrogène du poste. Le phénomène redouté est ainsi une explosion dans le jet : une inflammation retardée du jet d'hydrogène générant ainsi une explosion dans le jet et la propagation d'une onde de surpression est supposée.

Sur les sites du Palier CPY, aucune cible de sûreté ne se trouve à moins de 25 m des postes de vidange rapide de l'alternateur. L'explosion d'hydrogène au niveau des postes de vidange rapide alternateur n'engendre pas de conséquence sur la sûreté.

Analyse du risque d'explosion d'hydrogène dans les caniveaux (Palier CP1)

Pour les sites du Palier CP1, le scénario et les conséquences d'une explosion en caniveau sont couverts par le scénario enveloppe REU (Risque d'Eclatement Unitaire) analysé dans le cadre de l'étude du risque d'explosion d'hydrogène au niveau des parcs à gaz (cf. Paragraphe ci-après).

Ces caniveaux sont donc intégrés dans le périmètre de l'étude « parc à gaz ».

Analyse du risque d'explosion d'hydrogène au niveau des parcs à gaz

Les résultats de ces études sont présentés dans la partie dédiée aux spécificités de tranche compte-tenu de leur caractère site dépendant.

Analyse du risque d'explosion consécutivement à l'impact de la foudre (cumul Foudre / Explosion)

Les exigences retenues à la conception pour la salle des machines, le parc à gaz, ainsi que pour les galeries et caniveaux permettent d'écarter la foudre comme agresseur potentiel des tuyauteries d'hydrogène.

Ainsi, aucune modification liée à la prise en compte du cumul Foudre / Explosion dans les études n'est à envisager au 4^{ème} RP 900 pour les bâtiments hors de l'îlot nucléaire.

Analyse du risque lié au transport interne de marchandises dangereuses (hors substances radiologiques)

Une analyse spécifique vis-à-vis des risques de type « *explosion* », « *incendie* » et « *émission de substances dangereuses (toxiques)* » d'un camion transportant des marchandises dangereuses a été réalisée. La thématique associée aux transports de marchandises dangereuses est traitée dans le paragraphe 2.2.1.15 « Maîtrise du risque industriel ».

➤ **Etudes de la prise en compte d'un aggravant dans les études**

Les bâtiments et ouvrages de l'îlot conventionnel concernés par cette analyse sont :

- La salle des machines.
- Les galeries techniques (CPY).
- Le poste de vidange rapide de l'alternateur.
- Les caniveaux (CP1).
- les parcs à gaz.

En salle des machines, en caniveaux et au poste de vidange rapide de l'alternateur, aucune disposition n'est nécessaire pour prévenir ou se prémunir des conséquences d'une explosion consécutivement à un séisme, un incendie ou à une RTHE. A ce titre, conformément à la démarche retenue d'application d'un aggravant, aucun aggravant n'est retenu dans les études.

En galeries techniques et au niveau des parcs à gaz, les dispositions valorisées pour la prise en compte du risque d'explosion sont des dispositions passives.

L'application d'un aggravant n'induit donc pas de conséquence pour la sûreté. Ainsi, aucune modification liée à la prise en compte de l'aggravant dans les études « *Explosion Interne* » n'est nécessaire pour le 4^{ème} RP 900 pour les bâtiments hors de l'îlot nucléaire.

❖ Conclusion

Des évolutions significatives ont été apportées à la démonstration de sûreté dans le cadre du 4^{ème} RP 900. En particulier, la réalisation d'études détaillées et complètes a permis de caractériser physiquement les effets des explosions sur les installations et ainsi de justifier quantitativement les hypothèses considérées pour les analyses des conséquences fonctionnelles.

Par ailleurs, les études réalisées, en tenant compte des niveaux de référence WENRA et de l'aggravant en particulier, conduisent à des compléments à la démonstration de sûreté et à la mise en œuvre de dispositions additionnelles.

Pour les bâtiments « îlot nucléaire » :

Ces études et les modifications associées mises en œuvre dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permettent :

- De réduire le risque de formation d'une atmosphère explosive dans les locaux du BAN.
- De réduire le risque de défaillance de la ventilation dans les locaux batteries et le risque d'accumulation d'hydrogène.

Des compléments d'études seront menés au titre de la prescription [AGR-G] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

Pour les bâtiments « hors îlot nucléaire » :

L'examen du risque Explosion Interne a permis, soit de conclure à l'absence de conséquence pour la sûreté (cas de la salle des machines, du poste de vidange rapide de l'alternateur, des caniveaux), soit d'exclure ce risque (cas des galeries techniques).

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

Analyse du risque d'explosion d'hydrogène au niveau des parcs à gaz

Plusieurs agressions sont susceptibles de porter atteinte aux capacités de gaz sous pression stockées sur les parcs à gaz (SGZ et GNU) : séisme, PGGV, incendie.

Compte-tenu du risque d'agression de plusieurs cadres de bouteilles d'hydrogène et des conséquences associées en termes de surpression et d'émissions de projectiles, l'analyse de risque d'explosion, spécifique à chaque site, conclut à la nécessité de mettre en place, sur le site de Gravelines des protections adéquates telles que :

- Pour les parcs SGZ (PNPP1012 tome E) :
 - Limitation des conséquences d'une explosion éventuelle sur les parcs SGZ vis-à-vis des cibles de sûreté, par une implantation adaptée (distances d'éloignement vis-à-vis des cibles de sûreté respectées).
 - Protection des stockages de gaz contre les agressions externes (incendie externe à l'installation, séisme pour les gaz explosifs, RTHE, projectiles générés par grand vent pour les gaz explosifs, foudre) afin de prévenir le risque d'explosion.
 - Réduction de la quantité des gaz stockés sur le site.
- Pour le réservoir d'azote liquide (PNPP1012 tome E) :
 - Eloignement à distance adéquate afin d'éviter le risque d'agression externe.
 - Protection contre les projectiles par charpente métallique renforcée.
 - Protection d'un jet enflammé par des voiles béton.
 - Le remplacement de tuyauteries en acier par de l'inox.
- Pour le parc à gaz GNU (PNPP1012 tome A) :
 - Protection des stockages de gaz contre les agressions externes (incendie externe à l'installation, séisme pour les gaz explosifs, RTHE, projectiles générés par grand vent pour les gaz explosifs, foudre) afin de prévenir le risque d'explosion.
 - Limitation des conséquences d'une explosion éventuelle sur le parc GNU vis-à-vis des cibles de sûreté, par une implantation adaptée (distances d'éloignement vis-à-vis des cibles de sûreté respectées).

[Bilan de l'état de la tranche](#)

Les modifications :

- PNRL1924 « Mise à la terre des gaines DVN pour les ventilations des locaux iodes ».
- PNPE1118 « Renforcement sismique de la ventilation des locaux batteries (DVE) ».
- PNPP1012 tomes A et E « Risques liés aux stockages de gaz à l'extérieur des bâtiments »,
- PNPP1709 « remplacement des vannes SIERS et interverrouillage vannes manuelles RPE »,
- PNPP1926 volet A « Asservissement de coupure de la chaîne KRT sur détection KHY en gaine de ventilation ».
- PNPP1926 volet B « Ajout de détecteur hydrogène dans les locaux batteries ».
- PNPP1926 volet C « Déclinaison aggravant WENRA pour détection hydrogène ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNPE1258 hors tome J « Mise en place du dispositif ASG-ND et ligne fixe de réalimentation de la piscine d'entreposage du combustible par SEG ».
- PNPE1445 « Protection de deux lignes RRI (réfrigération intermédiaire) contre l'ouverture d'une porte suite à explosion potentielle et ajout d'un cadre anti-fouettement ».
- PNRS1024 « Consignation renforcée pour sécurisation de la ligne H2 vers RCV002BA »

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPE 1289 « Création d'une source d'eau de l'appoint d'Eau ultime » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique prévue au plus tard fin 2024.

Les modifications :

- PNPE 1337 « Création de dispositifs d'alarme sur les portes coupe-feu à enjeu en vue de garantir leur maintien fermé » ;
- PNPE1338 « Prévention des entrées d'air dans TEG » ;

seront intégrées dans le cadre d'une programmation spécifique prévue lors de la phase B de la tranche 1 du CNPE de Gravelines (tranche jumelle).

2.2.1.3 *Inondation interne, défaillance de tuyauteries et défaillances de réservoirs, pompes ou vannes haute énergie*

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

A l'occasion du 4^{ème} RP 900, EDF a fait évoluer sa démonstration de sûreté pour les agressions « *Inondation Interne* » et « *Défaillances de tuyauteries* » afin de prendre en considération notamment les niveaux de référence WENRA (prise en compte d'un aggravant, réalisation d'une étude de sensibilité sur l'allongement des délais opérateur). Les études du référentiel « *Inondation Interne* » et « *Défaillances de tuyauteries* » ont évolué en considérant des délais opérateur similaires à ceux des études d'accident. L'étude de l'inondation induite par fouettement en cas de RTHE a également évolué en considérant la défaillance induite par fouettement de la tuyauterie la plus pénalisante en termes de volume d'eau sur une durée d'écoulement conventionnelle d'une heure.

Les études « *Inondation Interne* » et « *Défaillances de tuyauteries* » ont pour objectifs de :

- S'assurer qu'une agression « *Inondation Interne* » ou « *Défaillances de tuyauteries* » n'empêche pas le passage et le maintien en état sûr de la tranche. En pratique, cela revient à vérifier que l'agression n'induit pas un risque de mode commun sur les matériels permettant le retour et le maintien de la tranche à l'état sûr ainsi que sur leurs systèmes supports.
- Vérifier qu'une agression « *Inondation Interne* » ou « *Défaillances de tuyauteries* » n'entraîne pas un dépassement des limites des rejets radiologiques à l'extérieur du site. En pratique, la rétention des fluides contaminés à l'intérieur des bâtiments ou des structures doit empêcher toute pollution des eaux (superficielles ou souterraines).

Une étude de déversement simultanée des réservoirs non dimensionnés au séisme, hors référentiel inondation interne, est réalisée afin de s'assurer de l'absence de mode commun empêchant le repli et le maintien à l'état sûr de la tranche et l'absence de dépassement des limites des rejets radiologiques à l'extérieur du site.

EDF prend également en compte dans la démonstration de sûreté nucléaire le risque de défaillance d'équipements sous pression en tant qu'agression interne. Les études liées à la défaillance de réservoirs, pompes ou vannes viennent compléter les dispositions de protection contre les défaillances de tuyauteries.

Les études « *Défaillance de réservoirs, pompes ou vannes* » ont pour objectifs :

- De s'assurer qu'un projectile issu de la défaillance d'un réservoir, d'une pompe ou d'une vanne n'empêche pas le repli et le maintien en état sûr de la tranche. En pratique, cela revient à vérifier que l'agression ne conduit pas à un risque de mode commun sur les matériels qui permettent le retour et le maintien du réacteur en état sûr ainsi que leurs systèmes supports.
- De vérifier qu'un projectile issu de la défaillance d'un réservoir, d'une pompe ou d'une vanne n'entraîne pas un dépassement des limites des rejets radiologiques à l'extérieur du site. En pratique, la rétention des fluides contaminés à l'intérieur des bâtiments ou des structures doit empêcher toute pollution des eaux (superficielles ou souterraines).

En complément des conséquences des projectiles dans les locaux abritant les équipements, EDF complète sa démarche en vérifiant la tenue du génie civil vis-à-vis d'un échantillon représentatif de projectiles internes situés dans le Bâtiment Réacteur (BR), retenus à la conception. Pour le 4^{ème} RP 900, cet échantillon a été complété par les vannes d'isolement des accumulateurs RIS (en cohérence avec les missiles étudiés pour l'EPR Flamanville 3) à l'intérieur du BR et par 3 vannes situées à l'extérieur du BR. L'objectif est de s'assurer de la non-perforation des voiles béton par ces projectiles.

❖ Synthèse des études

➤ **Inondations internes et défaillances de tuyauteries**

Etudes des agressions « Inondation Interne » et « Défaillances de tuyauteries » :

La méthodologie pour la réalisation de l'étude des agressions « *Inondation Interne* » et « *Défaillances de Tuyauteries* », est applicable pour l'îlot nucléaire et l'îlot conventionnel du Palier CPY. Elle consiste à :

- Déterminer le volume d'eau le plus pénalisant. A noter qu'EDF a justifié à partir des éléments de retour d'expérience et des conclusions des études expérimentales disponibles sur le fouettement RTHE que l'hypothèse prise en compte d'une seule défaillance induite suite à un fouettement de tuyauterie Haute Energie pour les études d'inondation interne est pertinente.
- Identifier les matériels rendus inopérants par inondation interne (immersion et aspersion), par fouettement, par effet de jet et modification des conditions d'ambiance en cas de RTHE.
- Réaliser des analyses fonctionnelles pour statuer sur l'acceptabilité des indisponibilités de matériels.
- Analyser la gestion du confinement.

En ce qui concerne l'îlot nucléaire, les études ont mis en évidence la présence d'éventuels modes communs ainsi que de potentiels déversements d'effluents à l'extérieur des bâtiments ou rétentions extérieures. Afin de pallier ces éventuels modes communs et rejets d'effluents vers l'extérieur, des modifications ont été définies :

- La modification « Confinement des effluents et étanchéité des traversées » (PNPE1108 tome A) consiste à calfeutrer certaines traversées pour garantir leur étanchéité et permet d'assurer le confinement des effluents. Elle participe ainsi à la prévention et la limitation du rejet de liquides radioactifs dans les limites fixées.

- La modification « Remplacement des coffrets électriques RPE/RR1 – Protection contre l'inondation interne » (PNPE1032) consiste à remplacer certains coffrets électriques par des matériels ayant un Indice de Protection (IP) supérieur permettant ainsi, malgré l'aspersion de ceux-ci, d'assurer la protection en cas d'inondation interne.

Les études relatives à l'îlot conventionnel ont montré la nécessité de rendre étanches certaines trémies de la station de pompage ou de créer des ouvertures entre locaux de la station de pompage, ou de créer des seuils, ainsi que de protéger des coffrets vis-à-vis de l'agression (PNPE1144 hors tomes F et G).

Etude de sensibilité aux délais opérateurs :

La prise en compte des délais opérateurs préconisés par les niveaux de référence WENRA a permis de vérifier que l'allongement des délais avant isolement de la fuite n'induit pas de conséquences significatives en termes de volume d'eau ou en termes d'analyse fonctionnelle et ne remet pas en cause les conclusions des études de déclinaison du référentiel.

Prise en compte de l'aggravant :

Un aggravant a été considéré sur les EDA (Equipements de Disposition Agression) en retenant le cas le plus pénalisant parmi les organes d'isolement et les organes de détection.

L'aggravant n'a pas été appliqué sur les vannes manuelles, compte tenu de leur haut niveau de fiabilité. Une étude complémentaire a été réalisée afin d'identifier les vannes à enjeu sûreté. A l'issue de cette étude, aucune vanne n'a été identifiée à enjeu de sûreté.

En complément de ces études, une démarche a été mise en œuvre pour analyser le risque de défaillance des matériels statiques des études d'inondation interne. Elle a été suivie d'une étude qui a permis d'identifier les systèmes d'évacuation à enjeu de sûreté qui auront des exigences en exploitation adaptées à leur enjeu.

Etude du déversement simultané des réservoirs non dimensionnés au séisme :

La méthodologie d'étude du déversement simultané des réservoirs non dimensionnés au séisme est structurée de la façon suivante :

- Identification de l'ensemble des réservoirs non dimensionnés au séisme, leur volume ainsi que leur localisation.
- Détermination des zones sources d'inondation par groupes de réservoir(s).
- Pour chaque zone source d'inondation, réalisation d'une étude de propagation et d'étalement de l'eau selon la méthodologie utilisée pour les études des agressions « *Défaillances de tuyauteries* » et « *Inondation interne* ».
- Vérification de l'absence de zone(s) d'interférence entre toutes les phases de propagation et d'étalement.
- Réalisation d'analyses fonctionnelles associées aux modes communs identifiés selon la méthodologie utilisée pour les études des agressions « *Défaillances de tuyauteries* » et « *Inondation interne* ». Cette étape répond à l'objectif de sûreté de repli et maintien en état sûr de la tranche.
- Vérification du confinement du volume total d'effluents issus des réservoirs non sismiques dans les bâtiments. Cette étape répond à l'objectif de non-dépassement des limites des rejets radiologiques à l'extérieur du site.

L'analyse fonctionnelle de modes communs a permis de démontrer que le cumul des pertes de fonctions suite au déversement simultané des réservoirs non sismiques ne remet pas en cause le retour et le maintien de la tranche à l'état sûr. L'étude a cependant mis en évidence un déversement d'effluents qui pourrait conduire à un étalement vers l'extérieur du BAN. Le tome B de la modification PNPE1108 permet de confiner le volume de ces effluents au sein du bâtiment.

➤ **Défaillance de réservoirs, pompes ou vannes**

La démarche retenue pour traiter le risque de cette agression consiste à :

- Déterminer les matériels dont le risque de défaillance est à étudier.
- Analyser la défaillance des matériels concernés et ses conséquences puis si nécessaire proposer des solutions.

Le type d'étude à mener dépend du caractère Haute Energie / Moyenne Energie et du niveau de qualité de la conception et de la fabrication des matériels concernés.

Défaillance de pompe :

En cas de défaillance d'une pompe, les dispositions de conception et de fabrication du matériel permettent de considérer que l'émission de missiles qui pourrait entraîner des conséquences inacceptables est exclue.

Pour les pompes centrifuges, la plus grande partie de l'énergie stockée est de l'énergie de rotation. Les défaillances peuvent provenir de défauts dans les pièces en rotation ou de contraintes excessives. Toutefois, cette énergie n'est pas assez importante pour produire des missiles qui pourraient entraîner des dommages inacceptables. Pour les roues de pompe en particulier, l'expérience des fabricants de pompes a démontré qu'un missile produit par une roue ne traverse pas l'enveloppe de la pompe.

Ceci s'applique également aux pompes à piston, puisque ces dernières n'ont qu'une faible énergie de translation, ainsi qu'aux compresseurs et aux missiles provenant des moteurs électriques, puisque leur stator sert d'enveloppe de protection vis-à-vis d'un éventuel missile.

Par ailleurs, les ventilateurs ne sont pas de nature à générer d'éventuels missiles étant considérée la faible énergie stockée.

Défaillances de réservoir ou vanne :

La démarche distingue les composants de Haute Energie des composants de Moyenne Energie. Seuls les composants de Haute Energie (c'est-à-dire véhiculant un fluide, en phase liquide ou vapeur, d'une pression supérieure à 20 bars relatifs et/ou d'une température supérieure à 100° C) sont susceptibles de générer des projectiles internes en cas de défaillance de type rupture.

Lorsque ces équipements de Haute Energie sont conçus et fabriqués selon un code nucléaire (RCC-M, ASME Section III ou équivalent), la défaillance complète mécanique de type rupture est écartée.

Les matériels Haute Energie dont les conséquences de la défaillance sont étudiées sont :

- Toutes les vannes ou clapets anti-retour à l'exception de ceux qui sont à la fois classés IPS et conçus selon un code nucléaire.
- Les réservoirs non classés IPS ou IPS-NC.

Les résultats des études confirment la robustesse des installations pour les projectiles générés par la défaillance des réservoirs et vannes Haute Energie. Les conséquences résultantes d'une inondation interne potentiellement induite par une défaillance des vannes et des réservoirs sont prises en compte au titre des études « *Inondation interne* ».

Tenue de la structure du génie civil aux projectiles :

Les missiles internes retenus à la conception pour le Palier CPY sont similaires à ceux retenus pour la conception de l'EPR Flamanville 3.

Les résultats des études démontrent la tenue de la structure du génie civil aux projectiles sur le Palier CPY. Il est à noter que la conception des tranches du Palier CPY a eu pour objectif d'assurer une bonne séparation des différents trains de sauvegarde, ce qui constitue un élément de robustesse de base des installations, vis-à-vis des agressions.

Sensibilité à l'aggravant et au délai opérateur (WENRA) :

Ces études (Cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 - § 2.2.1) sont sans impact sur ce thème car :

- Aucun équipement actif ne participe à la protection contre les défaillances de réservoirs, pompes ou vannes (hors inondations induites).
- Aucune action opérateur n'est nécessaire à la protection contre les défaillances de réservoirs, pompes ou vannes (hors inondations induites).

❖ Conclusion

➤ **Inondations Internes et défaillances de tuyauteries**

Des évolutions significatives (prise en compte des niveaux de référence WENRA en particulier) ont été apportées lors du 4^{ème} RP 900 et ont donné lieu à la réalisation d'études détaillées permettant de répondre aux objectifs de sûreté.

Ces études et les modifications associées qui sont mises en œuvre lors du 4^{ème} RP 900 permettent de répondre aux exigences de sûreté du référentiel pour la protection contre les risques de défaillances de tuyauteries et d'inondation interne.

➤ **Défaillance de réservoirs, pompes ou vannes**

Les études mises en œuvre lors du 4^{ème} RP 900 permettent de répondre aux exigences de sûreté pour la protection contre le risque de défaillance des réservoirs, pompes ou vannes. Elles démontrent en particulier la représentativité des missiles pouvant être éjectés et retenus dans la démonstration de sûreté au regard des réacteurs de dernière génération de type EPR Flamanville 3.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1108 tome A « Confinement des effluents et étanchéité des traversées ».
- PNPE1032 « Remplacement des coffrets électriques RPE/RRI – Protection contre l'inondation interne ».
- PNPE1144 « Rehausse de la protection volumétrique » hors tomes F et G.

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

La modification PNPE1108 tome B « Réhausse de voiles, mise en place de dispositifs d'exhaure, serrureries » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

2.2.1.4 Inondation externe

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF vérifie la robustesse des installations du Palier CPY vis-à-vis des aléas décrits dans le guide n° 13 de l'ASN relatif à la protection des INB contre les inondations externes.

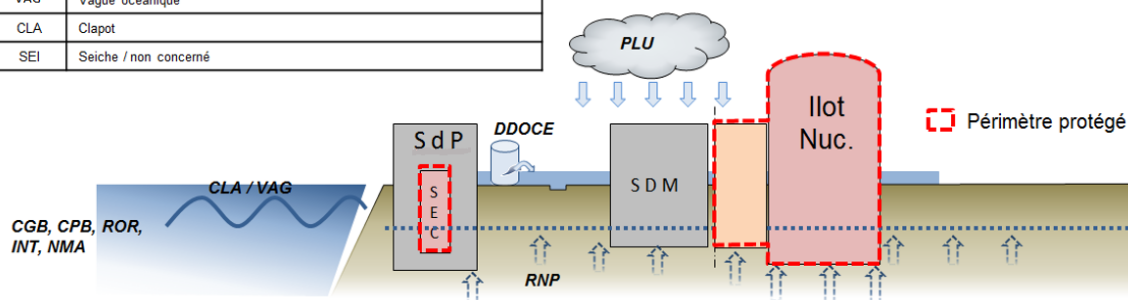
En complément, EDF a également analysé les dispositifs de protection volumétrique dans le cadre des réponses aux prescriptions techniques ASN de 2012.

❖ Synthèse des études

➤ Réévaluer les risques liés à l'agression « Inondation Externe » sur la base du guide n° 13 de l'ASN

Le schéma ci-dessous présente les différentes Situations traitées pour le Risque d'Inondation (SRI) décrites dans le guide n° 13 de l'ASN qui sont étudiées sur le Palier CPY à l'occasion du 4^{ème} RP 900.

PLU	Pluies locales
DDOCE	Dégradation ou dysfonctionnement d'ouvrages, de circuits ou d'équipement
RNP	Remontée de Nappe Phréatique
CPB	Crue sur Petit Bassin versant
INT	Intumescence – Dysfonctionnement d'ouvrage hydraulique
CGB	Crue sur Grand Bassin versant
ROR	Rupture d'un Ouvrage de Retenue
NMA	Niveau Marin
VAG	Vague océanique
CLA	Clapot
SEI	Seiche / non concerné



Celles-ci ne sont pas toutes pertinentes selon les sites du Palier CPY.

PLU : comportement du réseau d'évacuation d'eaux pluviales en cas de fortes pluies; phénomènes de ruissellement

La caractérisation de cette SRI évolue significativement par rapport au référentiel « *REX Blayaïs* ». En particulier, le profil de pluie passe d'une intensité fixe tout au long de l'épisode pluvieux à une intensité variable présentant un pic d'intensité, ce qui est représentatif d'une pluie réelle.

La prise en compte des recommandations du guide ASN n° 13 engendre une augmentation des volumes sortants du réseau d'évacuation des eaux pluviales.

Il est à noter que, dans le cadre de la réponse aux prescriptions techniques ASN Post-Fukushima, EDF a conduit sur l'ensemble des sites des études de pluies et de rupture de réservoirs suite à un séisme.

Des dispositifs de protection sont donc prévus dans ce cadre et ont été déployés avant le 4^{ème} RP 900 (PNPP1675). Ces dispositifs consistent à protéger les accès des locaux contenant des matériels nécessaires au repli et au maintien en état sûr en rehaussant leur altimétrie par des seuils ou des batardeaux, associés à des murets en béton armé permettant d'assurer la continuité avec la voile du bâtiment à protéger. Les éventuelles trémies (traversées de tuyauteries ou de câbles) situées en partie basse des bâtiments sont calfeutrées.

Ainsi, ces dispositifs de protection contribuent à la protection des sites vis-à-vis des conséquences des évolutions de caractérisation apportées par les recommandations du guide ASN n° 13 pour les SRI PLU et DDOCE (cf. ci-dessous).

D'autres dispositifs (traitement des by-pass, Règle Particulière de Conduite...) peuvent compléter la protection du CNPE vis-à-vis de la SRI PLU (voir paragraphe « spécificités de la tranche »).

DDOCE : Dégradation, Dysfonctionnement d'Ouvrages, de Canalisations ou d'Équipements impactant des bâtiments abritant des EIP liés à la sûreté

Cette SRI présente plusieurs évolutions par rapport au référentiel « *REX Blayaïs* ». Notamment, les hypothèses de remplissage des réservoirs non dimensionnés au séisme à prendre en compte sont dorénavant avec un remplissage au maximum de la capacité utile.

De même, les hypothèses de rupture des tuyauteries sont plus pénalisantes que celles retenues dans le cadre du « *REX Blayaïs* ». Des déversements supplémentaires sont donc attendus par rapport aux études réalisées dans le cadre du « *REX Blayaïs* ». La hauteur d'eau atteinte dans le cadre de la SRI DDOCE est donc supérieure à celle du précédent réexamen.

Comme précisé pour la SRI PLU, des dispositifs de protection, en réponse aux prescriptions techniques ASN Post-Fukushima, contribuent à la protection des sites vis-à-vis des conséquences des évolutions de caractérisation apportées par les recommandations du guide ASN n° 13 pour les SRI PLU et DDOCE. D'autres dispositifs (système de détection d'eau...) peuvent compléter la protection du CNPE vis-à-vis de la SRI DDOCE.

RNP : remontée de la Nappe Phréatique

Le guide ASN n° 13 n'induit pas d'évolution significative quant à la méthode de caractérisation du niveau de référence associé à cette SRI.

CPB : crue fluviale sur des bassins versants dont la superficie est comprise entre 10 et 5 000 km²

Seul le site du Tricastin est concerné par cette SRI (présence de la Gaffière à proximité du CNPE).

INT : variation brutale transitoire et localisée du niveau d'eau à proximité du CNPE liée à un dysfonctionnement d'ouvrage hydraulique ou à l'arrêt des pompes de circulation en station de pompage

Le guide ASN n° 13 préconise d'étudier cette SRI en considérant les conditions initiales de niveau et de débit conduisant à l'intumescence la plus pénalisante. Le niveau initial ne considère pas de situation plus rare que les SRI de crue ou de niveau marin.

CGB : crue fluviale sur des bassins versants de plus de 5 000 km²

La caractérisation de cette SRI varie légèrement par rapport au référentiel « *REX Blayais* », en ce qui concerne la prise en compte dans le niveau de référence des incertitudes découlant des modélisations hydrauliques.

ROR : propagation de l'onde de rupture d'un barrage

Cette SRI apporte des évolutions significatives par rapport aux études conduites dans le cadre du « *REX Blayais* ». En effet, la méthodologie se rapproche de celle retenue pour les études des PPI (Plans Particuliers d'Intervention) conduites par les pouvoirs publics.

NMA : Niveau Marin

La méthodologie appliquée au calcul des niveaux marins pour suivre les recommandations du Guide ASN n° 13 est différente de celle du « *REX Blayais* ».

Pour les sites situés en bord de mer, les résultats des études de cette SRI et les éventuelles modifications qui en découlent sont présentés dans la partie « *Spécificités de la tranche* » compte-tenu de leur caractère site dépendant.

VAG : vagues océaniques et clapot

Le Guide ASN n° 13 n'induit pas d'évolution significative quant à la méthode de caractérisation du niveau de référence associé à cette SRI. Néanmoins, il est à noter que les conséquences de cette SRI dépendent fortement du niveau marin retenu (la houle et le clapot étant propagés sur le niveau NMA).

Pour les sites situés en bord de mer, les résultats des études de cette SRI et les éventuelles modifications qui en découlent sont présentés dans la partie « *Spécificités de la tranche* » compte-tenu de leur caractère site dépendant.

CLA : clapot – sites fluviaux

Le guide ASN n° 13 n'induit pas d'évolution significative quant à la méthode de caractérisation du niveau de référence associé à cette SRI.

Les résultats des études de ces SRI et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentés dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte-tenu de leur caractère site dépendant.

SEI : seiche

Le guide ASN n° 13 introduit la définition de cet aléa. Le risque de survenue d'une seiche est étudié sur la base du retour d'expérience disponible. Si un risque de survenue d'une seiche est identifié dans les aménagements côtiers (bassin portuaire, chenaux de prise ou de rejet d'eau), le phénomène est pris en compte pour le calcul du niveau marin de référence. A date, cet aléa n'a pas été constaté au titre du REX.

➤ **Comportement de la protection volumétrique**

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, l'objectif consiste à vérifier l'absence d'impact des tassements différentiels sur les lames Waterstop®, et à démontrer l'absence d'impact sûreté d'une inondation sismo-induite par la nappe phréatique au niveau des calfeutrements de joints de la Protection Volumétrique. Les études démontrent l'intégrité des joints en limite de Protection Volumétrique, sollicités par les tassements différentiels, des sites du Palier CPY.

En complément, EDF a défini une démarche d'étude des deux systèmes (lames Waterstop® et calfeutrements de type mastic) qui permet de prévenir d'un risque d'inondation sismo-induit pour les colonnes d'eau générées par le niveau de nappe phréatique retenu en cas de séisme de niveau SMS. Ces études démontrent l'intégrité des joints en limite de Protection Volumétrique sollicités par un séisme.

Une étude générique sur les performances d'étanchéité à l'eau après séisme des mastics de calfeutrement de joints a été réalisée afin d'étendre les résultats des essais réalisés en laboratoire aux différents mastics utilisés sur les CNPE. Cette étude a montré que les performances d'étanchéité des élastomères « *pleine masse* » et des élastomères dont l'épaisseur est limitée par un fond de joint sont similaires avant et après sollicitations sismiques.

➤ **Aggravant et sensibilité au délai opérateur (WENRA)**

L'analyse relative à l'aggravant et à la sensibilité au délai opérateur est présentée dans la partie « Spécificités de la tranche ».

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

➤ **SRI PLU et DDOCE**

La tranche 2 du CNPE de Gravelines est protégée vis-à-vis de ces SRI par :

- Les dispositions existantes mises en place dans le cadre de la réponse aux prescriptions techniques ASN Post-Fukushima, en particulier la modification « Protection vis-à-vis de l'inondation externe par déversement direct sur la plateforme » (PNPP1675) et par des dispositions déjà valorisées dans les études précédentes.
- La disposition d'exploitation permettant l'arrêt des pompes de circulation d'eau du condenseur (CRF) en cas de rupture CRF en salle des machines lors de la détection d'une lame d'eau en fosse condenseur.
- La modification PNPE1335 « Robustesse de l'arrêt automatique du CRF vis-à-vis d'une inondation sismo-induite ».
- La modification « Protection du Bloc de sécurité (BDS) contre l'inondation externe » (PNPE1138), qui a été mise en place suite au Guide Inondation Externe qui demande d'examiner les risques de pertes de fonctions supports. Le site de Gravelines se trouve dans une situation où le sous-sol du BDS serait potentiellement inondable. C'est pourquoi, le BDS a bénéficié de la mise en place de batardeaux, d'étanchement de trémies et de caniveaux, de rehausses de grilles de ventilation et de mise en place de clapets pour s'isoler du réseau SEO.
- La modification PNRL1922 « Traitement des by-pass de la protection volumétrique » qui consiste à remplacer une vanne par une vanne intègre après séisme.

➤ **SRI RNP**

Cette SRI n'engendre aucun impact en matière de modification sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

La valeur de la Cote Maximale de remontée de la Nappe phréatique est inférieure au niveau de la plateforme du site (pas de débordement en surface). Le site est protégé vis-à-vis de cette SRI par la protection volumétrique existante située en infrastructure, dont le niveau haut est égal au niveau théorique de la plateforme du site.

➤ **SRI NMA, INT, CLA, VAG**

La tranche 2 du CNPE de Gravelines est protégée vis-à-vis de ces SRI par :

- La modification « Protections périphériques contre les inondations externes du CNPE de Gravelines » (PNPE 1039) qui consiste à protéger le CNPE vis-à-vis d'une inondation externe induite par un débordement de la source froide en relevant la hauteur d'arase de la protection périphérique. Cette modification se caractérise notamment par la création d'une digue de protection, l'installation de palplanches, la mise en place de portails étanches, la mise en place de dalles de couverture sur les caniveaux SEC/CFI, la suppression de by-pass de la protection périphérique.
- La modification « Mise en place d'un système d'étanchéité au passage de l'arbre de transmission du tambour filtrant » (PNPE1213), qui supprime le by-pass de la protection périphérique situé entre l'arbre du tambour filtrant et la casemate du tambour.
- Les modifications PNRL 1927 « Traitement des by-pass de la Protection Volumétrique CPY » et PNPE1675 « Protection volumétrique - By-pass locaux bulle » qui consistent en calfeutrer certaines trémies situées respectivement dans le local de la bâche ASG et dans le local transit.

➤ **SRI SEI, CGB, ROR, CPB**

Le site de Gravelines étant un site bord de mer, il n'est pas concerné par ces SRI.

➤ **Aggravant et sensibilité au délai opérateur (WENRA)**

La prise en compte d'un aggravant et la sensibilité au délai opérateur sont sans impact sur l'installation. En effet :

- Les équipements de disposition agression valorisés dans les études d'inondation externe sont soit des équipements passifs non statiques entièrement mécaniques connus pour leur grande fiabilité, soit des équipements mécaniques ne nécessitant pas d'être manœuvrés lors de la survenue de cette SRI (agression à caractère prédictible), soit des équipements actifs redondants.

- Les actions opérateur valorisées dans les études d'inondation externe sont uniquement des actions préventives à l'apparition de l'agression.

❖ **Conclusion**

Les études liées à l'agression inondation externe, conformément au guide ASN n° 13 qui permet de couvrir de nouveaux scénarios relatifs à l'inondation externe, ont été conduites pour le CNPE de Gravelines. La démarche ainsi menée et les dispositions matérielles / organisationnelles identifiées et mises en œuvre permettent de garantir la robustesse de la tranche 2 du CNPE de Gravelines vis-à-vis de l'inondation externe.

En complément, EDF a également analysé les dispositifs de protection volumétrique dans le cadre des réponses aux prescriptions techniques ASN de 2012. Les études réalisées ont mis en évidence l'absence d'impact des tassements différentiels sur les lames Waterstop® et l'absence d'impact d'une inondation sismo-induite par la nappe phréatique au niveau des calfeutrements de joints de la Protection Volumétrique.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPP1675 « Protection vis-à-vis de l'inondation externe par déversement direct sur la plateforme ».
- PNPE1138 « Protection du Bloc de sécurité (BDS) contre l'inondation externe ».
- PNPE1213 « Mise en place d'un système d'étanchéité au passage de l'arbre de transmission du tambour filtrant ».
- PNPE1039 « Protection Périphérique contre les inondations externes à Gravelines »
- PNPE1335 « Robustesse de l'arrêt automatique du CRF vis-à-vis d'une inondation sismo-induite ».
- La modification PNRL1922 « Traitement des by-pass de la protection volumétrique »
- PNRL1927 « Suppression des risques de bypass de la protection volumétrique ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de l'ensemble de ces modifications ont été pris en compte.

La modification PNPE1675 « Protection volumétrique - By-pass locaux bulle » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

2.2.1.5 Séisme

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

La prise en compte du chargement sismique au niveau du dimensionnement des matériels permet de s'assurer que les fonctions de sûreté sont maintenues en cas d'apparition d'un événement sismique.

Le 4^{ème} RP 900 prend en compte la réévaluation du niveau d'aléa par l'application de la RFS 2001-01 sur la base des dernières connaissances scientifiques. Si le niveau SMS du site est significativement supérieur au dernier niveau justifié, alors une réévaluation sismique des EIPS calculés au séisme est effectuée. Les évolutions génériques à l'ensemble des agressions (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1) sont également prises en compte.

La protection du parc en exploitation contre le séisme s'appuie sur différentes notions :

- Le Séisme Maximum Historiquement Vraisemblable (SMHV).
- Le Séisme Majoré de Sûreté (SMS).
- Le Spectre De Dimensionnement (SDD).

Le SMS, Séisme Majoré de Sûreté, est défini par une Règle Fondamentale de Sûreté (RFS). Il est défini à partir du plus important séisme historique, le Séisme Maximum Historiquement Vraisemblable (SMHV) dans la région, en tenant compte de deux majorations conséquentes :

- La position de l'épicentre qui soit la plus pénalisante quant à ses effets (en termes d'intensité) sur le site tout en restant compatible avec les données géologiques et sismologiques.
- L'intensité épicentrale est majorée de 1.

Le Spectre De Dimensionnement (SDD) est le niveau sismique pour lequel EDF dimensionne les bâtiments et équipements de l'îlot nucléaire. Il est représenté par un spectre large bande, indépendamment d'événements historiques précis. Le SDD est une notion « *Palier* » et enveloppe donc le SMS de chaque site à la conception.

Tous les 10 ans, les CNPE sont soumis à un réexamen périodique qui est l'occasion de prendre en compte les évolutions de la connaissance relative notamment à l'aléa sismique, que ce soit sur le zonage sismotectonique ou sur les caractéristiques des séismes historiques. Ceci peut alors se traduire par des évolutions à la baisse ou à la hausse des spectres SMHV et SMS d'un site et peut dans ce cas conduire à des renforcements.

Le 4^{ème} RP 900 sur le thème séisme inclut la prise en compte :

- Des évolutions des connaissances dans la définition des mouvements sismiques à considérer sur les sites en cohérence avec la RFS 2001-01.
- Des évolutions de méthodologies de calcul et de modélisation.
- Des enseignements du retour d'expérience sismique international (Kashiwazaki-Kariwa 2007).

A noter qu'EDF étudie également certains effets indirects du séisme (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1.4).

❖ Synthèse des études

➤ Réévaluation sismique conformément à la RFS 2001-01

La mise en œuvre de la RFS 2001-01 lors du 4^{ème} RP 900 est basée sur :

- La mise à jour des connaissances sismologiques (zonage sismotectonique, caractérisation des failles...).

- L'amélioration des connaissances de la sismicité historique prenant en compte une actualisation des données historiques issues de la base SisFrance 2012.

La mise en application de ces évolutions a conduit à la construction de nouveaux spectres sismiques de sol applicables lors du 4^{ème} RP 900.

Les résultats de l'étude de ces réévaluations sismiques et les éventuelles modifications qui en découlent, ainsi que l'état des connaissances concernant l'identification des failles actives autour des CNPE et l'existence d'effets de site particuliers, ainsi que les éventuels programmes d'investigations complémentaires sont présentées dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte tenu de leur caractère site-dépendant.

➤ **Prise en compte du retour d'expérience international**

La prise en compte du retour d'expérience international se traduit pour le 4^{ème} RP 900 par l'intégration du REX Kashiwazaki-Kariwa.

Dans la continuité des études du 3^{ème} RP 1300, les enseignements du REX de cet événement ont conduit EDF à réaliser dans le cadre du 4^{ème} RP 900 :

- Une analyse de sûreté de l'incendie d'un transformateur de taille significative, pour les sites 900 MWe, qui a conclu qu'un tel incendie pouvait avoir un impact sur le mur de la salle des machines et potentiellement sur les matériels localisés à l'intérieur. L'analyse fonctionnelle de la perte des EIPS localisées à l'intérieur des salles des machines consécutivement à un incendie a conclu à des conséquences acceptables sur la sûreté.
- Une estimation des volumes de la piscine combustible susceptibles de déborder sous séisme qui a conclu à des volumes débordés enveloppes très limités et acceptables pour les piscines combustible du Palier CPY.
- Une analyse de la prise en compte des effets de vague sur les matériels pour la piscine BR et la piscine combustible qui a démontré un bon dimensionnement de l'ensemble des matériels concernés :

- Les portes et batardeaux de la piscine BR et de la piscine combustible.
- La machine de chargement située dans le BR.
- Les dispositifs transfert dans la piscine BR et la piscine combustible.
- Le descenseur situé dans la piscine d'entreposage du combustible.
- Le pont passerelle situé dans le bâtiment d'entreposage du combustible.

L'analyse par EDF de l'événement sismique survenu le 16 juillet 2007, ayant affecté les tranches de l'exploitant japonais TEPCO sur le site de Kashiwazaki-Kariwa, montre le bon comportement des installations.

➤ **Sensibilité à l'aggravant et au délai opérateur (WENRA)**

Ces sensibilités résultant des niveaux de référence WENRA (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1) sont sans impact sur ce thème, en effet :

- Les systèmes actifs nécessaires à l'atteinte et au maintien en état sûr sont, par conception, redondants et dimensionnés au séisme (ce qui rend inutile toute analyse supplémentaire).
- Le séisme en lui-même ne nécessite pas d'action opérateur pour garantir la tenue des Structures, Systèmes et Composants (SSC) nécessaires à la sûreté de l'installation.

➤ **Densification de certains chemins de câbles**

Suite à l'ajout de câbles dans certains chemins de câbles du fait de l'installation de nouveaux équipements, EDF entreprend lorsque nécessaire le renforcement au séisme des chemins de câbles concernés pour tenir compte du poids supplémentaire induit par ces câbles (PNPE1191). Ce renforcement n'est pas induit par la réévaluation du niveau d'aléa sismique.

➤ **Séisme événement**

Suite à l'évolution des connaissances relatives au comportement mécanique de la cheminée du BAN du palier CPY (méthode de calcul et caractéristiques du matériau), EDF identifie le besoin de renforcer cet ouvrage au séisme pour éviter qu'il agresse des EIPS en cas de chute (PNPE1323). Ce renforcement n'est pas induit par la réévaluation du niveau d'aléa sismique.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

➤ **Réévaluation sismique conformément à la RFS 2001-01**

Deux séismes définissent le SMS 4^{ème} RP 900 de Gravelines. L'enveloppe des SMS 4^{ème} RP 900 est couverte soit par le 3^{ème} RP 900 pour des fréquences supérieures à 1,5 Hz, soit par le spectre de dimensionnement pour des fréquences inférieures à 1,5 Hz.

Le dépassement à basse fréquence du spectre SMS 3^{ème} RP 900 a conduit EDF à engager des analyses d'impact sur les structures justifiées au SMS 3^{ème} RP 900 présentant un comportement basse fréquence.

L'analyse d'impact menée sur les ouvrages d'eau, la salle des machines ainsi que sur les matériels EIPS dans la station de pompage ont démontré la justification des structures et matériels au niveau réévalué SMS 4^{ème} RP 900.

➤ **Caractérisation des failles autour du CNPE de Gravelines et plan d'actions associé**

Le site de Gravelines est localisé à l'intersection des domaines géologiques de la Manche orientale, des Flandres, du Brabant, des Bassins de Londres et de Paris. Du point de vue des structures tectoniques majeures, il est situé immédiatement au Nord du front de déformation varisque, dont la structure principale est la faille du Midi, entre la Zone de Cisaillement Nord-Artois (ZCNA) et la Zone Faillée du Brabant (ZFB).

Le long de la faille du Midi et des failles satellites associées localisées plus au Nord, aucun indice de déformation post-primaire n'a été relevé. Au niveau de la ZCNA, plusieurs failles principales sont identifiées, et un indice néotectonique, celui de Biache Saint-Vaast, pourrait être relié à des mouvements sur la faille de Marqueffles. Quelques signes supposés d'activité quaternaire sont proposés par Garcia-Moreno au niveau du Détroit de Calais – Douvres. Concernant la ZFB, les mouvements associés aux structures apparaissent très anciens, même si le séisme de Renaix Oudenaarde (1938) pourrait y être associé.

La mise en œuvre d'une approche progressive d'analyse des failles et des indices de déformation, basée sur la bibliographie, la géophysique de subsurface, la géologie de terrain, des études morphostructurales et de datation, ainsi que de paléosismologie, permettra de mieux caractériser ces failles en termes de géométrie en profondeur et d'âge de dernier mouvement.

La série d'investigations s'initie sur la base des données disponibles et s'arrête dès que les résultats d'une étude permettent de conclure quant à l'activité de la faille. Cette approche proposée par EDF est en cours de test sur six sites pilotes. Si elle est éprouvée sur ces sites pilotes, elle sera mise en œuvre à l'échelle de l'ensemble du parc nucléaire.

A l'heure actuelle, aucune donnée disponible dans la bibliographie ne permet de conclure quant à la présence d'une faille active aux alentours du site de Gravelines. Des investigations complémentaires ont été entreprises avec le retraitement et l'interprétation de profils sismiques pétroliers.

Sur la base des résultats obtenus et d'un complément d'analyse éventuel venu d'études morphotectoniques, l'acquisition de données nouvelles (géophysique de subsurface haute résolution, et éventuellement tranchée paléosismologique et datations) pourrait être entreprise dans les années à venir.

➤ **Synthèse de la connaissance des effets de site particuliers au droit du site de Gravelines**

Le site de Gravelines repose sur un dépôt sableux d'environ 24 m d'épaisseur surmontant une série sédimentaire éocène. La profondeur du socle hercynien est connue par un sondage réalisé 4 km au sud de la centrale (Silurien à 331 m de profondeur).

Le cross-hole, réalisé sur le site jusqu'à - 60 NGF, révèle une vitesse moyenne de propagation des ondes de cisaillement dans les 30 premiers mètres de profondeur (V_{s30}) égale à 290 m/s, inférieure à 300 m/s. Selon la RFS 2001-01, cette configuration géologique peut être considérée comme pouvant générer un effet de site particulier et nécessite une étude spécifique.

Ainsi, EDF a réalisé une étude numérique relative aux effets de site, en tenant compte des incertitudes sur les données et les modèles de sol et en utilisant les accélérogrammes représentatifs des spectres déterministes des SMS retenus pour le quatrième réexamen du site (VD4). Dans ce réexamen, deux SMS sont pris en compte : celui du 22/04/1884 (IO=VIII-IX) et celui du 06/04/1580 (IO=VIII-IX à IX). Dans cette étude, les résultats des modélisations numériques concluent à l'existence d'un effet de site particulier à Gravelines au sens de la RFS 2001-01, sur une gamme très réduite de fréquence.

Enfin, en plus du capteur accélérométrique existant depuis le 7 août 2012, EDF a installé depuis le 08 Septembre 2016, un vélocimètre sur le site de Gravelines. Cette action s'inscrit dans le cadre de l'engagement d'EDF à équiper tous les sites du parc de capteurs d'instrumentation sismique, engagement soldé en 2020 avec l'équipement des deux derniers sites.

Ces stations sismiques, installées en champ libre, permettront à terme, en fonction de l'activité sismique, de consolider les résultats des études numériques sur les effets de site.

➤ **Conclusion**

L'ensemble des analyses réalisées dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permet d'être conforme à la RFS 2001-01 et de garantir la robustesse du CNPE de Gravelines vis-à-vis du séisme avec la prise en compte de l'évolution des connaissances dans ce domaine.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1191 « Renforcement des axes de câblage » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPE1323 « Renforcement de la cheminée du BAN au SMS, Grand Vent et Tornade EF2 » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur les tranches 1 et 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900 de la tranche 1.

2.2.1.6 Collisions et chutes de charges

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

Ces événements sont définis comme suit :

- « *Collision* » : heurt de la charge avec un matériel, une structure ou un bâtiment lors de ses déplacements au cours de sa manutention par un engin.
- « *Chute de charge* » : perte de la capacité à contrôler la hauteur de la charge au cours de sa manutention et selon un axe vertical.

La prise en compte de ce risque repose principalement sur la démarche suivante :

- L'identification des engins de manutention pouvant agresser des EIPS lors de la manutention de la charge, l'analyse des dispositions matérielles ou organisationnelles existantes sur les engins de manutention concernés permettant d'exclure ou de prévenir le risque.
- L'identification des cibles potentiellement impactées par une collision ou une chute de charge au cours d'une manutention.
- L'analyse fonctionnelle de la perte des cibles identifiées pour étudier les conséquences éventuelles sur les exigences de sûreté. Le cas échéant, une analyse des conséquences radiologiques peut être envisagée.
- Une parade matérielle ou organisationnelle peut être mise en place si nécessaire (prévention du risque ou protection de la cible).

❖ Synthèse des études

La synthèse des études réalisées est présentée dans les tableaux qui suivent :

<i>Ilot nucléaire du Palier CPY</i>		
<i>Bâtiments</i>	<i>Type d'engins</i>	<i>Synthèses des études</i>
Bâtiment Réacteur (BR)	Pont polaire	Compte tenu des études de fiabilité sur le levage principal du pont polaire, des analyses fonctionnelles réalisées sur les cibles survolées par les levages 10 t et 5 t, et des dispositions particulières prévues sur ces levages notamment : • Interdiction d'exploitation du survol cuve par le levage 10 t. • Interdiction d'exploitation du survol cuve par le levage 5 t. le risque de chute de charge pouvant remettre en cause la sûreté de la tranche est écarté. De même, du fait de la conception du pont (vitesses des mouvements horizontaux limitées, non simultanéité des mouvements verticaux et horizontaux) et des mesures organisationnelles mises en place, le risque de collision de charge pouvant remettre en cause la sûreté de la tranche est écarté. En ce qui concerne le levage principal, les études de robustesse réalisées vis-à-vis des chutes de charges lourdes montrent l'absence de conséquences inacceptables sur l'installation.
	Machine de chargement	En fonctionnement normal, des moyens de prévention et des équipements actifs contre le risque de chute de charge et de collision sont valorisés afin de rester dans les limites de l'accident de 4^{ème} catégorie « <i>accident de manutention du combustible</i> ». Les conséquences d'une éventuelle collision ou d'une chute de charge sont couvertes par cet accident de 4^{ème} catégorie.
	Engins de levage	L'analyse fonctionnelle de la perte des EIPS potentiellement impactées par une collision ou une chute de charge démontre l'absence de risque vis-à-vis des critères de sûreté associés à cette agression.

<i>Ilot nucléaire du Palier CPY</i>		
<i>Bâtiments</i>	<i>Type d'engins</i>	<i>Synthèses des études</i>
Bâtiment combustible (BK)	Pont auxiliaire	Les résultats des analyses fonctionnelles réalisées sur les EIPS potentiellement impactés par une collision et une chute de charge ne remettent pas en cause la démonstration de sûreté.
	Pont lourd	Les résultats des analyses fonctionnelles réalisées sur les EIPS potentiellement impactés par une collision et les études de fiabilité liées à l'étude de la chute de charge ne remettent pas en cause la démonstration de sûreté.
	Pont passerelle	En fonctionnement normal des moyens de prévention ainsi que des équipements actifs contre le risque de collision ou la chute de charge sont valorisés afin de rester inférieur à la fréquence d'occurrence relative à l'accident de 4 ^{ème} catégorie « <i>accident de manutention du combustible</i> ». Les conséquences d'une éventuelle collision ou d'une chute de charge sont couvertes par cet accident de 4 ^{ème} catégorie.
	Descenseur	Les conséquences éventuelles d'une chute de charge sont bornées par l'accident de chute du combustible de 4 ^{ème} catégorie « <i>accident de manutention du combustible</i> »
	Dispositif de transfert	Les conséquences d'une éventuelle collision ou d'une chute de charge sont bornées par l'accident de chute du combustible de 4 ^{ème} catégorie « <i>accident de manutention du combustible</i> »
	Engins de levage	L'analyse fonctionnelle de la perte des EIPS potentiellement impactés par une collision ou une chute de charge démontre l'absence de risque vis-à-vis des critères de sûreté associés à cette agression.
Bât. des Auxiliaires Nucléaires (BAN)	Engins divers	L'analyse fonctionnelle de la perte des EIPS potentiellement impactés par une collision ou une chute de charge démontre l'absence de risque vis-à-vis des critères associés à cette agression.
Bât. périphérique (BW)	Engins divers	L'analyse fonctionnelle de la perte des EIPS potentiellement impactés par une collision ou une chute de charge démontre l'absence de risque vis-à-vis des critères associés à cette agression, moyennant des dispositions organisationnelles.

Nota : il n'existe aucun couple « engin de manutention » - « cible de sûreté dans la zone de collision ou de chute de la charge » dans le bâtiment électrique, celui-ci ne fait donc pas l'objet d'études dédiées.

<i>Ilot conventionnel du Palier CPY</i>		
<i>Bâtiment</i>	<i>Type d'engins</i>	<i>Synthèse des études</i>
Station de pompage / Ouvrage de rejet / galeries classées du SEC	Engins divers	L'analyse fonctionnelle démontre l'absence de risque vis-à-vis des critères associés à cette agression, moyennant des dispositions organisationnelles.
Bâtiment Diesel	Engins divers	L'analyse fonctionnelle de la perte des EIPS potentiellement impactés par une collision ou une chute de charge démontre l'absence de risque vis-à-vis des critères associés à cette agression

❖ Etudes complémentaires

Etude de fiabilité pour les engins de levage :

La démonstration de sûreté pour les opérations de manutention et de levage est basée sur une démarche essentiellement déterministe mise en œuvre pour chaque engin de levage. Elle inclut notamment une analyse d'accident de manutention du combustible (accident de catégorie 4) (hautement improbable) qui considère la chute hypothétique d'un assemblage de combustible se produisant dans la piscine du bâtiment réacteur ou du bâtiment combustible (assemblages neufs ou irradiés) ou au niveau où sont entreposés les assemblages neufs dans le bâtiment combustible pour la manutention du combustible. En complément, des études de fiabilité contribuent à justifier la conception de certains matériels de manutention (pont lourd BK, pont polaire BR...), face au risque de chute de charge pouvant conduire à des rejets radioactifs ou l'endommagement de matériels de sûreté.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, les études de fiabilité ont été reprises et démontrent la qualité de la conception, de la fabrication, des contrôles en service et de l'exploitation du pont polaire et du pont lourd.

Les résultats permettent de considérer le risque de chute de charge comme résiduel.

Chute d'un emballage de transport combustible dans la fosse de chargement du BK :

Des études liées à l'examen des conséquences d'un tel scénario ont été réalisées. L'objectif était de vérifier l'intégrité mécanique de la piscine combustible et des principaux éléments de l'emballage. Les résultats montrent que celle-ci reste assurée.

Immobilisation prolongée d'un emballage chargé en combustible usé :

En complément des études demandées dans le cadre du 3^{ème} RP 1300 et des Evaluations Complémentaires de Sûreté réalisées suite à l'accident de Fukushima, des études sur les risques d'un tel scénario lors du transfert de l'emballage entre la fosse de chargement et la fosse de préparation ont été menées. Ces études montrent l'absence de conséquence sur l'intégrité des assemblages de combustible.

Chute de charge « lourde » dans le Bâtiment Réacteur (BR) :

Le pont polaire est conçu avec un haut niveau de fiabilité vis-à-vis du risque de chute de charge. De plus, des procédures et des règles d'exploitation appropriées permettent de garantir ce haut niveau.

Toutefois, EDF a mené une étude de robustesse vis-à-vis des conséquences mécaniques et thermohydrauliques de chutes de charges jugées enveloppes (impact potentiel de la cuve, cœur chargé) et allant au-delà du Domaine de Dimensionnement (risque résiduel).

L'étude mécanique conclut au maintien de l'intégrité des composants impactés par la chute. L'étude thermohydraulique montre le maintien du refroidissement du cœur pour le cas pénalisant d'une brèche sur le couvercle à la suite d'une chute de la dalle anti-missile au cours de la mise à l'arrêt du réacteur.

❖ Conclusion

Les études menées montrent une bonne robustesse à cette agression sur le Palier CPY. En effet :

- Des dispositions matérielles en termes de fiabilité mais aussi organisationnelles permettent de prévenir le risque de collision ou de chute de charge dans un certain nombre de situations.
- Si l'événement de collision ou chute de charge ne pouvait être prévenu par les équipements actifs existants, les études montrent que les conséquences de l'événement seraient couvertes par celles de l'étude de l'accident de manutention du combustible qui respectent les critères radiologiques de la catégorie 4.
- Aucune action opérateur n'est valorisée dans l'analyse des conséquences de l'agression collision et chute de charge.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de GravelinesSpécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Il n'y a pas de modification concernant ce thème sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

2.2.1.7 *Interférences électromagnétiques (IEM) internes*

Partie générique Palier

❖ **Contexte et objet des études**

Les interférences électromagnétiques sont dites « *internes* » lorsque les perturbations électromagnétiques sont générées dans le périmètre de l'INB. Les sources de perturbations électromagnétiques à considérer sur un site de production sont liées principalement à l'activité humaine ou industrielle. Il y a un risque d'interférence électromagnétique (IEM) lorsqu'un équipement est soumis à des perturbations électromagnétiques pour lesquelles il n'est pas dimensionné. La conséquence d'une interférence électromagnétique peut se traduire par une défaillance temporaire (ex : informations erronées, défauts fugitifs, etc.) ou permanente (ex. : destruction de composants, déclenchement de protection, etc.) de l'équipement.

Les évolutions génériques à l'ensemble des agressions sont également prises en compte. La démarche proposée pour les installations existantes a consisté à :

- Analyser le REX d'exploitation vis-à-vis des interférences électromagnétiques rencontrées sur les sites du Palier CPY.
- Analyser les règles de conception et d'installation appliquées aux EIPS soumis à un risque d'IEM internes, notamment celles qui permettent de réduire les modes de couplages entre les équipements « *perturbateurs* » et « *sensibles* ».
- Analyser les dispositions d'exploitation appliquées par les CNPE afin de limiter les sources de perturbations électromagnétiques, notamment celles générées par l'activité humaine.

Pour les installations neuves, la démonstration s'est appuyée sur une analyse de l'ensemble des exigences applicables en termes de conception, de qualification et d'installation.

❖ **Synthèse des études**

L'analyse menée dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permet de vérifier l'efficacité des dispositions appliquées sur le Palier CPY au regard du risque d'agression interne, elle conclut à :

- L'absence d'évènement de mode commun sur les systèmes nécessaires au repli et au maintien à l'état sûr.
- L'absence de sensibilité des EIPS du fait des règles de conception et d'installation appliquées (en cohérence avec leur environnement électromagnétique), garantissant ainsi une séparation physique et électrique adéquate entre les équipements « perturbateurs » et les équipements « sensibles ».
- La maîtrise des risques liés aux activités humaines par l'application d'un prescriptif interne limitant l'usage des moyens de télécommunication sans fil au sein des CNPE.

Plus généralement, l'application des règles de conception, d'installation ainsi que des requis de validation CEM (Compatibilité ElectroMagnétique) en fonction des environnements électromagnétiques permettent de se prémunir des risques d'interférences électromagnétiques et de garantir le respect des exigences de sûreté.

➤ **Sensibilité à l'aggravant et au délai opérateur (WENRA)**

Ces sensibilités résultant des niveaux de référence WENRA (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1) sont sans impact sur cette agression :

- Aucun équipement actif ne participe à la protection contre les IEM internes.
- Aucune action opérateur n'est nécessaire à la protection contre les IEM internes.

❖ **Conclusion**

La protection contre les interférences électromagnétiques des équipements et systèmes nécessaires au retour et au maintien du réacteur en état sûr repose sur un ensemble de dispositions de conception qui permettent de :

- Réduire les modes de couplages électromagnétiques entre les équipements « *perturbateurs* » et les équipements « *sensibles* ».
- Limiter l'influence des sources de perturbations

électromagnétiques conduites et rayonnées sur les EIPS soumis à un risque d'IEM internes.

La valorisation des dispositions existantes de conception, d'organisation et le REX d'exploitation permettent de s'assurer de la robustesse des équipements du Palier CPY vis-à-vis des perturbations électromagnétiques considérées.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Il n'y a pas de modification concernant ce thème sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

2.2.1.8 *Grands Chauds*

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF s'est engagée à réexaminer les exigences de protection vis-à-vis des « *Grands Chauds* » pour le Palier CPY, en prenant notamment en considération les derniers éléments de veille climatique et le REX du déploiement en cours des modifications sur la base des exigences applicables pour le 3^{ème} RP 900.

Les exigences de protection vis-à-vis des « *Grands Chauds* » pour le Palier CPY ont été élaborées suite aux épisodes caniculaires des étés 2003 et 2006. Les études visent à démontrer la protection, pour des températures permanentes maximales de l'air et de l'eau réévaluées par rapport à celles utilisées pour le dimensionnement initial de l'installation (redimensionnement) et pour des situations temporaires de dépassement de ces températures (agression Canicule) :

- De l'ensemble des EIPS, en situation de fonctionnement normal.
- Des matériels nécessaires, d'une part, pour ramener et maintenir la tranche dans un état d'arrêt sûr et, d'autre part, pour limiter les conséquences radiologiques dans les autres situations du Domaine de Dimensionnement.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, les objectifs d'améliorations de sûreté visés par EDF vis-à-vis des « *Grands Chauds* » sont :

- L'analyse des derniers éléments de veille climatique, vis-à-vis des niveaux de température retenus dans les études.
- L'intégration du retour d'expérience de l'instruction du Dossier d'Amendement « *Grands Chauds* » menée sur le Palier CPY.

Dans une démarche de vérification de la conformité des installations, EDF s'assure par ailleurs que les débits de ventilation mesurés sur les sites sont conformes aux hypothèses retenues dans les études thermiques ([cf. Volet I – Chapitre 1 – Section 4](#)). Les évolutions génériques à l'ensemble des agressions (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1) sont également prises en compte.

❖ Démarche

➤ Prise en compte des derniers éléments de veille climatique

Le deuxième exercice de veille climatique mis en œuvre par EDF en 2013 pour le démarrage des études liées au réexamen conclut que les réévaluations de températures d'air et d'eau, en tenant compte des évolutions méthodologiques et des éléments de veille climatique, intégrant la période 2009-2012, ne remettent pas en cause les températures prises en compte dans le référentiel « Grands Chauds ». Les épisodes de chaleur plus récents, notamment l'été 2019, ont fait l'objet d'une analyse d'impact sur les températures d'air retenues

En application de la prescription [AGR-A] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a retenu, dans son référentiel « *Grands Chauds* », des températures extrêmes TE et Tmin³ associées à la canicule. Elles ont été définies en considérant :

- Une fréquence de dépassement annuelle inférieure ou égale à 10^{-2} (borne supérieure de l'intervalle de confiance à 70 %) intégrant l'évolution climatique jusqu'au réexamen périodique suivant. Cette évolution climatique tient compte des tendances climatiques correspondant à une région pertinente pour le site concerné ;
- Les valeurs enveloppes du retour d'expérience pertinent pour le site.

La prise en compte de ce référentiel sur les réacteurs interviendra en cohérence avec le lotissement des modifications intellectuelles VD4 900.

➤ **Démarche de vérification des exigences**

Les études du volet « *air* » consistent à :

- Déterminer les conditions d'ambiance dans les locaux par calculs en considérant la température extérieure réévaluée lors du 4^{ème} RP 900.
- Comparer les températures obtenues avec les températures maximales admissibles de chacun des EIPS.
- Comparer les températures obtenues avec les températures maximales admissibles des matériels appartenant aux systèmes de ventilation et de production d'eau glacée valorisés dans les études thermiques.
- Définir les moyens nécessaires en vue d'assurer la disponibilité des fonctions requises par Grands Chauds, si la température atteinte se révèle trop élevée.

³ TE signifie Température Exceptionnelle, c'est la température maximale de l'air prise en compte en agression canicule. Tmin est la température minimale quotidienne de l'air prise en compte en agression canicule.

Pour le cas particulier des matériels installés à l'extérieur ou en prise directe avec l'extérieur, la vérification consiste à comparer directement leurs températures admissibles avec les températures d'air extérieur, en tenant compte, lorsque nécessaire, de l'effet de l'ensoleillement.

En complément, en application de la prescription [AGR-B] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a justifié la disponibilité des équipements nécessaires à la gestion des situations de perte totale des alimentations électriques (alimentations électriques externes et groupes électrogènes de secours principaux) affectant un réacteur et de celles affectant l'ensemble des réacteurs d'un site pour la température extérieure de « longue durée » (TLD) de son référentiel « Grands Chauds ». EDF mettra en œuvre les éventuelles modifications nécessaires au plus tard 5 ans après la remise du RCR.

Les études du volet « eau » consistent à réexaminer l'ensemble des exigences liées à la source froide, puis à identifier et vérifier les cas pénalisants pour la chaîne de refroidissement RRI/SEC.

Pour chaque scénario d'étude, un couplage entre la puissance évacuée par le système de refroidissement intermédiaire (RRI), les températures du système d'eau brute secourue (SEC) et la surface d'échange RRI/SEC, permet d'établir un critère sur la valeur minimale du coefficient d'échange RRI/SEC à respecter. La chaîne de refroidissement devant être en mesure d'évacuer la puissance en respectant les températures RRI admissibles, et ce coefficient d'échange se dégradant avec l'encrassement des échangeurs RRI/SEC, il en résulte un critère sur l'encrassement maximal des échangeurs RRI/SEC.

Le respect de ces domaines d'encrassement maximal admissibles autorise le fonctionnement normal des tranches en puissance pour des températures élevées de la source froide.

La réévaluation des températures maximales de la source froide a conduit EDF à définir de nouvelles températures maximales RRI en sortie des échangeurs RRI/SEC. Il a donc été vérifié la capacité des systèmes utilisateurs du RRI à assurer leur fonction avec ces nouvelles températures maximales de refroidissement (valeurs de découplage) pour les configurations du fonctionnement normal et accidentel.

❖ Synthèse des études

Les orientations retenues dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permettent de renforcer la démonstration de sûreté sur les aspects suivants :

- La modélisation des locaux.
- La prise en compte des performances minimales requises des ventilations.
- La prolongation des scénarios d'accidents au-delà de 24 heures jusqu'à 10 jours.

L'évolution des hypothèses d'études « *Grands Chauds* » ont conduit à la reprise des études thermiques pour le volet « *air* » et le volet « *eau* ».

Pour le volet air, les études « *Grands Chauds* » de l'îlot nucléaire du Palier CPY ont permis d'identifier, des dépassements en termes de tenue en température au niveau des moteurs des aéroréfrigérants LHP/Q du Bâtiment Diesel, des matériels ventilés par le système DVL-MT/BT dans le Bâtiment Electrique et des locaux des groupes froids DEG dans le bâtiment de liaison BW. Ces dépassements ont conduit à mettre en place trois modifications matérielles :

- PNRL1823 « Remplacement des moteurs des aéroréfrigérants LHP/Q » : les moteurs des aéroréfrigérants LHP/Q sont remplacés par des matériels dimensionnés pour les températures maximales atteintes en terrasse du Bâtiment Diesel en cas d'agression canicule.
- PNPE1070 « Amélioration du conditionnement des locaux DVL MT/BT » : le système de ventilation DVL-MT/BT est modifié pour augmenter sa capacité de conditionnement et permettre ainsi de garantir le respect des critères de températures de disponibilité des matériels requis dans les locaux MT/BT et relaying.

- PNPE1069 « Ajout d'un aérotherme dans le local des groupes frigorifiques DEG » : Un aérotherme est ajouté dans les locaux DEG afin de permettre le bon fonctionnement des groupes froids en cas de Grands Chauds.

Les performances requises des systèmes de ventilation ont été définies sur la base d'études présentant des conservatismes et des hypothèses de découplage importants vis-à-vis des résultats d'ambiance thermique.

A la suite du GP Agressions et du GP Bilan du 4^{ème} RP 900, EDF a consolidé la robustesse des études « *Grands Chauds* », en démontrant l'existence d'une marge suffisante entre les températures ambiantes des locaux et les températures de disponibilité des matériels, pour couvrir les incertitudes associées à la modélisation des phénomènes thermo-aérauliques dans les locaux. Les dispositions visant à garantir cette marge sont en cours de définition.

Pour le volet air, les résultats des études thermiques Grands Chauds de l'îlot conventionnel du Palier CPY sont présentés dans la partie dédiée aux spécificités de site compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

Pour le volet eau, l'analyse réalisée pour les échangeurs RRI/SEC montre que le respect des domaines d'encrassement maximal admissible autorise le fonctionnement normal des tranches en puissance pour des températures élevées de la source froide.

La définition de nouveaux cas de chargement dans le cadre du 4^{ème} RP 900 a conduit à la modification des paramètres dans le logiciel SAPA (Station d'Accueil des Petites Applications) de suivi automatique d'encrassement des échangeurs RRI/SEC (PNRL1835 « Mise à jour des paramètres du suivi auto d'encrassement des échangeurs RRI/SEC »).

➤ **Prise en compte de l'aggravant et sensibilité au délai opérateur (WENRA)**

Pour chacun des scénarios, l'objectif est de vérifier la capacité de repli et de maintien à l'état sûr de la tranche en situation de Canicule avec aggravant.

Concernant la station de pompage, la prise en compte d'un aggravant sur un équipement actif nécessaire vis-à-vis de l'agression canicule conduirait au plus à la perte de la source froide sur une tranche. La réalimentation ASG par le SER en gravitaire étant disponible dans ces conditions, la capacité de repli et maintien à l'état sûr de la tranche est assurée et la situation est donc jugée acceptable.

Les équipements actifs nécessaires vis-à-vis des Grands Chauds sont les systèmes de ventilation et leurs fonctions supports. Pour les matériels en service en fonctionnement normal et ne subissant pas de discontinuité de service (continuité de service), l'application d'un aggravant à ces matériels peut être écartée. Pour les matériels pour lesquels la continuité de service ne peut être valorisée, les études menées démontrent la bonne robustesse des installations vis-à-vis de l'ambiance thermique. Aucune disposition n'est nécessaire.

Les études thermiques n'identifient pas d'action opérateur nécessaire à la protection des matériels en situation d'agression canicule.

❖ Conclusion

Les orientations retenues pour le 4^{ème} RP 900 ont permis de renforcer la démonstration de la robustesse des tranches aux Grands Chauds, en particulier sur les aspects suivants :

- Les scénarii incidentels / accidentels prolongés de 24 h jusqu'à 10 jours.
- La prise en compte des performances minimales des ventilations dans les études.
- La vérification du bon comportement des installations vis-à-vis des préconisations WENRA relatives à l'aggravant et aux délais opérateur.

Sur ces bases, les études Grands Chauds ont permis d'identifier les besoins de modifications nécessaires pour répondre aux exigences associées à cette agression qui seront déployées lors du 4^{ème} RP 900.

Des compléments d'études ont également été réalisés et ont permis d'établir l'existence de marges suffisantes pour couvrir les incertitudes associées à la modélisation des phénomènes thermo-aérauliques dans les locaux. Les dispositions visant à garantir cette marge sont en cours de définition et seront déployées au plus tard lors des arrêts VD5 900.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

➤ Ilot nucléaire (volet air et eau)

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

➤ Ilot conventionnel (volet air et eau)

Pour le volet air, les résultats des études thermiques Grands Chauds de l'îlot conventionnel du CNPE de Gravelines identifient un risque de dépassement des températures à l'intérieur de certains locaux en Station de Pompage.

Ce risque de dépassement est traité dès la phase A par une modification matérielle consistant à l'ajout d'une nouvelle ventilation DVP dans les locaux CFI/CRF et au remplacement de la ventilation DVP du hall et des locaux SEC de la Station de Pompage (PNPE1174).

Les études thermiques Grands Chauds n'identifient aucun dépassement pour les matériels présents dans les galeries SEC. La disponibilité de la fonction "réalimentation de la bâche ASG par SER" est assurée par les mesures de niveau des bâches SER en garantissant des réserves d'eau secondaire suffisantes.

Pour le volet eau, la tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1070 « Amélioration du conditionnement du DVL MT/BT ».
- PNPE1069 « Ajout d'un aérotherme dans le local des groupes frigorifiques DEG ».
- PNRL1835 « Mise à jour des paramètres du suivi auto d'encrassement des échangeurs RRI/SEC ».
- PNPE1174 « Ajout d'une ventilation DVP en salles CRF/CFI et remplacement de la ventilation DVP des locaux SEC et dans le hall de la station de pompage de Gravelines ».
- PNRL1823 « Remplacement des moteurs des aéroréfrigérants diesels LHP/LHQ »

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

2.2.1.9 *Grand Froid*

Partie générique Palier

❖ **Contexte et objet des études**

Les exigences de protection contre le « *Grand Froid* » applicables à l'ensemble des tranches du parc en fonctionnement ont été élaborées suite au retour d'expérience des hivers les plus froids (notamment de 1984-1985, 1986-1987) et déployées sur les tranches CPY à l'occasion des deuxièmes Réexamens Périodiques.

La protection est ainsi assurée :

- Pour l'ensemble des EIPS dans les conditions de Froid correspondant au froid de dimensionnement du Palier.
- Au-delà du froid de dimensionnement pour les EIPS nécessaires d'une part au repli et au maintien de la tranche dans un état sûr et, d'autre part pour limiter les conséquences radiologiques (pour toutes les situations du Domaine de Dimensionnement).

Le référentiel ayant été instruit à l'occasion du 2^{ème} RP 900. Il n'a pas fait l'objet d'une réévaluation à l'occasion du 3^{ème} RP 900.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF réexamine le référentiel « Grand Froid » en prenant notamment en considération les derniers éléments de veille climatique et les évolutions de la démarche générale de protection contre les agressions (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1) :

- Compte tenu des tendances observées et réaffirmées par le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC), EDF a retenu de conserver les valeurs de températures retenues lors des 2^{ème} et 3^{ème} RP 900. En effet, il ressort de ces rapports internationaux une tendance observée à la diminution du nombre de nuits et de jours froids.
- Les objectifs d'améliorations de sûreté visés par EDF pour le référentiel « *Grand Froid* » sont relatifs à la prise en compte des niveaux de référence WENRA (aggravant et délais opérateur) (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1).

Dans une démarche de vérification de la conformité des installations, EDF s'assure par ailleurs que les débits de ventilation mesurés sur les sites sont conformes aux hypothèses retenues dans les études thermiques ([cf. Volet I – Chapitre 1 – Section 4](#)).

La méthodologie déployée dans le cadre des études Grand Froid, consiste à :

- Déterminer les températures ambiantes résultantes dans les locaux ou groupes de locaux (zones thermiques) par modèles de calculs en supposant un couple [température extérieure ; vent] tel que défini dans le référentiel.
- Comparer les températures ambiantes obtenues avec les températures minimales admissibles des EIPS nécessaires à l'accomplissement des fonctions de sûreté requises en Grand Froid (y compris les systèmes de ventilation valorisés) et présents dans ces locaux (ou zones thermiques).
- Mettre en œuvre des moyens nécessaires en vue d'assurer la disponibilité ou la non-détérioration des EIPS requis par Grand Froid, si la température ambiante atteinte est trop basse.

Pour le cas particulier des EIPS à faible inertie thermique (sans protection tel que le calorifuge) installés à l'extérieur ou en prise directe avec l'extérieur, la vérification consiste à comparer directement leurs températures admissibles avec des températures basses de durée très limitée.

❖ Synthèse des études

Les orientations retenues dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permettent de justifier et de renforcer la sûreté vis-à-vis du risque d'agression Grand Froid, en particulier sur les aspects suivants :

- Réévaluation des apports calorifiques et mise à jour des études thermiques, compte tenu des évolutions de l'installation intervenues au fil des réexamens périodiques.
- Prise en compte des évolutions de la démarche générale de protection contre les agressions :
 - Mise à jour de la liste des EIPS à protéger en Grand Froid.
 - Utilisation des valeurs de débits garanties par les Essais Périodiques pour la ventilation ([cf. Volet I – Chapitre 1 – Section 4](#)).
 - Utilisation d'un nouveau logiciel de calcul permettant une modélisation plus fine des effets physiques.

- Nouveau zonage avec un regroupement plus fin des locaux.
- Application des niveaux de référence WENRA (aggravant et délais opérateur) (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1).

EDF a vérifié que les hypothèses d'études retenues dans le cadre de la protection contre le Grand Froid lors du 3^{ème} RP 900 ne sont pas remises en cause ni par le retour d'expérience (tant vis-à-vis des températures récentes mesurées, que de la concomitance du froid et du vent) ni par l'analyse du REX de l'hiver 2012.

Les études Grand Froid de l'îlot nucléaire du palier CPY incluant des études thermiques et des analyses fonctionnelles ont permis d'identifier des températures trop basses dans certains locaux du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires ventilés par le système DVN. Ceci conduit à faire évoluer le réglage du point de consigne de certains aérothermes du système DVN (PNRL1955) et à mettre à jour la Règle Particulière de Conduire (RPC) Grand Froid.

Les résultats des études thermiques Grand Froid de l'îlot conventionnel avec les analyses fonctionnelles et les éventuelles modifications qui en découlent sont présentés dans la partie dédiée aux spécificités de site compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

➤ **Prise en compte de l'aggravant et sensibilité au délai opérateur (WENRA)**

Pour chacun des scénarios, l'objectif est de vérifier la capacité de repli et de maintien à l'état sûr de la tranche en situation d'Aggression Grand Froid cumulé avec aggravant.

Concernant la station de pompage, la prise en compte d'un aggravant sur un équipement actif nécessaire vis-à-vis de l'agression Grand Froid conduirait au plus à la perte de la source froide sur une tranche. La réalimentation ASG par le SER en gravitaire étant disponible dans ces conditions, la capacité de repli et maintien à l'état sûr de la tranche est assurée et la situation est donc jugée acceptable.

Les équipements actifs nécessaires vis-à-vis des Grand Froid sont les systèmes de ventilation et certains traçages électriques ainsi que leurs fonctions supports. Pour les matériels en service en fonctionnement normal et ne subissant pas de discontinuité de service (continuité de service), l'application d'un aggravant à ces matériels peut être écartée. Pour les matériels pour lesquels la continuité de service ne peut être valorisée, les études menées démontrent la bonne robustesse des installations. Aucune disposition n'est nécessaire vis-à-vis de l'ambiance thermique.

❖ Conclusion

EDF a réexaminé les températures à prendre en compte dans les études de sûreté pour l'agression « Grand Froid » lors du 4^{ème} RP 900.

Les évolutions méthodologiques et la mise à jour de certaines hypothèses d'études ont débouché sur un besoin de modifications des installations ou de leur exploitation pour respecter les températures minimales admissibles des EIPS.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

➤ **Ilot nucléaire**

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

➤ **Ilot conventionnel**

Les résultats des études thermiques Grand Froid et analyses fonctionnelles du site de Gravelines identifient un risque de non-respect des températures dans les galeries SEC et d'une portion du circuit de réalimentation ASG par SER en Salle des Machines.

Ce risque de non-respect est traité dès la phase A par une modification de la Règle Particulière de Conduite (RPC) Grand Froid consistant notamment, à partir de la phase vigilance, à protéger les tuyauteries SER par une mise en circulation forcée de l'eau déminéralisée (SER) en cas de risque de prise en glace

En phase B, ces risques de non-respect sont traités par une modification matérielle de calorifugeage des tuyauteries et également de traçage de ces tuyauteries (PNPP1722).

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications intellectuelles issues des études Grand Froid ont été prises en compte dans la documentation d'exploitation.

La modification PNRL1955 « Augmentation des seuils DVN (ventilation générale du bâtiment des auxiliaires nucléaires) » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPP1722 « Traçage et calorifugeage alimentation ASG par SER » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

2.2.1.10 Agressions de la source froide

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, l'objectif d'amélioration de sûreté visé par EDF pour les agressions spécifiques à la source froide est de vérifier la robustesse des installations vis-à-vis de ces agressions ou phénomènes, au travers de la déclinaison des requis de sûreté des stations de pompage.

Les agressions « *Frasil* » et « *Prise en glace* », « *Plus Basses Eaux de Sécurité (PBES)* » et « *Arrive de nappes d'hydrocarbures* » ont été explicitement prises en compte pour la conception et/ou la vérification de la protection des tranches dès le 3^{ème} RP 900.

Faisant suite aux événements marquants survenus en 2009 (colmatage par frasil actif des grilles avancées de Chooz, divers épisodes de colmatage par des débris végétaux à Blayais et à Cruas), EDF a fait évoluer les requis de sûreté des systèmes de la station de pompage pour :

- Intégrer le système de « *préfiltration de l'eau brute* » comme support à la fonction de sûreté « *filtration de l'eau brute* ».
- Prendre en compte l'ensemble des agressions externes ou phénomènes spécifiques à la source froide (y compris Arrivée Massive de Colmatant (AMC) et Ensablement / Envasement).
- Prendre en compte les cumuls ou combinaisons plausibles pour ces agressions ou phénomènes.

Ces éléments ont fait l'objet d'une instruction dans le cadre du thème « *vulnérabilité des sources froides vis-à-vis des agressions externes* » du GP REX 2009-2011.

Le référentiel de sûreté des stations de pompage pour le 4^{ème} RP 900 tient compte de ces différentes instructions et en particulier sur les points suivants :

- Amélioration de la caractérisation du phénomène de prise en glace et de la couverture du cumul Grand Froid / Basses Eaux au travers du développement de la méthodologie « *Prise en glace* ».
- Prise en compte du cumul « *frasil + étiage hivernal* ».
- Modification du principe de protection contre le frasil des tranches réfrigérées en circuit ouvert.

❖ Synthèse des études

➤ **Plus Basses Eaux de Sécurité (PBES), Frasil, Arrivée Massive de Colmatant (AMC), Arrivée d'une nappe d'hydrocarbures, Ensablement/Envasement**

Les résultats de ces études et les modifications qui en découlent, sont présentées dans la partie dédiée aux spécificités de tranche compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

➤ **Prise en glace**

Les études montrent que les sites 900 du Palier CPY sont robustes en l'état. Aucune modification complémentaire n'est donc requise pour le 4^{ème} RP 900.

➤ **Aggravant et sensibilité au délai opérateur (WENRA)**

Les études de sensibilité vis-à-vis d'un aggravant ou de délais opérateur plus importants montrent que :

- L'application d'un aggravant, selon les règles génériques définies pour les études agression, est sans impact pour les agressions spécifiques à la source froide.
- La prise en compte d'un délai opérateur de 35 minutes pour les actions en local ne remet pas en cause les conclusions des analyses de robustesse des stations de pompage aux agressions spécifiques à la source froide.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

➤ **Plus Basses Eaux de Sécurité (PBES)**

Le niveau des PBES du CNPE de Gravelines a été réévalué. L'étude de vérification de l'alimentation des pompes de sûreté réalisée avec les nouvelles valeurs de PBES conclut à la robustesse des dispositions existantes sans modification additionnelle.

La protection des tranches contre un niveau d'eau exceptionnellement bas repose sur les automatismes de déclenchement des pompes CRF permettant de maintenir un niveau d'eau minimal au droit du site (PNPP1123).

➤ **Frasil**

EDF met en œuvre sur le CNPE de Gravelines la modification PNPP1723 « Parade Frasil » dans le cadre du 4^{ème} réexamen périodique 900, au titre de l'amélioration de sûreté dans la prise en compte de l'agression Frasil, en déclinaison du référentiel Station de pompage.

➤ **Arrivée Massive de Colmatant (AMC)**

Le CNPE de Gravelines est sensible à l'agression AMC. Les études concluent à la robustesse du CNPE de Gravelines moyennant la valorisation de dispositions existantes reposant sur :

- Les dispositifs de filtration (grilles fixes et mobiles de préfiltration, tambours filtrants).
- L'opérabilité du lavage basse pression et la rotation petite vitesse des tambours filtrants permettant de décoller et évacuer les débris accumulés sur les panneaux filtrants.
- Les capteurs de mesure de niveau d'eau en aval des tambours filtrants associés à un automate permettant le déclenchement des pompes CRF sur niveau bas.
- Les capteurs de mesure de perte de charge des tambours filtrants associés à un automate permettant le déclenchement des pompes CRF en cas de perte de charge élevée aux tamis de filtration fine.

Pour le CNPE de Gravelines, la déclinaison de la méthodologie montre que le site est robuste suite au déploiement des modifications :

- PNPP1874 « remplacement des grilles de préfiltration par des grilles plus robustes à l'agression « arrivée massive de colmatant ».
- ILGB1188 « Robustesse aux Projectiles Générés par Grands Vents de l'instrumentation CFI » dont l'objectif est une remise en conformité des câbles de mesure des chaînes d'instrumentation de la filtration de l'eau brute face au risque de mode commun en cas de Projectiles Générés par le Grand Vent (PGGV).

➤ **Arrivée d'une nappe d'hydrocarbures**

Le CNPE de Gravelines est considéré comme sensible à l'agression « Hydrocarbures » du fait de la probabilité de voir une nappe d'hydrocarbures se présenter devant la station de pompage.

Les études d'analyse de la capacité des systèmes de la station de pompage à faire face à l'arrivée d'une nappe d'hydrocarbures concluent à la robustesse du site de Gravelines.

La protection des tranches du site de Gravelines contre les hydrocarbures est assurée par l'existence :

- De conventions avec les Pouvoirs Publics permettant au CNPE d'être alerté au plus tôt de la présence d'une nappe d'hydrocarbures et tenu informé de son évolution.
- De consignes d'exploitation spécifiques définissant les actions à réaliser en fonction de l'état d'alerte pouvant aller jusqu'au repli préventif des tranches.

➤ **Ensablement/Envasement**

Le CNPE de Gravelines est considéré comme sensible à l'agression « Ensablement/Envasement ».

La prise d'eau du CNPE de Gravelines est constituée d'un canal d'amenée qui alimente les stations de pompage des six tranches. Ce canal d'amenée étant directement connecté à l'avant-port de Dunkerque, le site est susceptible de subir l'agression ensablement/envasement.

Pour le canal d'amenée, la maîtrise du risque du phénomène d'ensablement/envasement repose sur :

- La mise en œuvre d'un suivi bathymétrique régulier, le respect de critères de dragage et la réalisation d'opérations de dragage en cas d'atteinte de ces critères.
- Les capteurs de mesure de niveau d'eau en aval des tambours filtrants associés à un automatisme permettant le déclenchement des pompes CRF sur niveau bas.

Pour les autres ouvrages de la station de pompage, le REX du site et la mise en place de dispositions organisationnelles adaptées (bathymétrie, inspection, nettoyage...) qui reposent sur les Programme de Base de Maintenance Préventive (PBMP) déclinés sur le site et sur des gammes de maintenance propres au site, permettent de garantir la robustesse des ouvrages vis-à-vis du phénomène ensablement/envasement.

❖ Conclusion

Les principales modifications apportées vis-à-vis du référentiel de sûreté de la station de pompage sont déployées dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

L'ensemble de ces dispositions ainsi que la mise à jour des études relatives à la station de pompage en y intégrant les retombées des instructions intervenues depuis 2012, permet d'assurer la démonstration de la protection des sources froides de l'installation vis-à-vis des agressions ou phénomènes PBES, frasil, prise en glace, AMC, hydrocarbures et ensablement/envasement.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPP1123 « Mise en place de la mesure de niveau aval filtration avec déclenchement de pompes de production sur niveau aval filtration très bas ».
- PNPP1874 « Remplacement des grilles de préfiltration pour être robuste à l'agression « arrivée massive de colmatant ».

- ILGB1188 « Robustesse aux Projectiles Générés par Grands Vents de l'instrumentation CFI ».
ont été intégralement déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

La modification PNPP1723 « Mise en place de recirculation hivernale pour les sites non robustes en situation de frasil » est en cours de déploiement sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines et sera terminée en mars 2024.

2.2.1.11 Grands vents et projectiles générés par grand vent

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

L'objectif pour le 4^{ème} RP 900 est de réévaluer le niveau de vent à prendre en compte, en suivant les règles Neige et Vent 65 modifiées en 2009. L'instruction de ce thème au 3^{ème} RP 1300 amène d'ailleurs à chercher d'éventuelles faiblesses localisées présentes sur les ouvrages, pouvant remettre en cause la protection des équipements situés à l'intérieur des bâtiments (c'est-à-dire prendre en compte les cibles situées à l'intérieur des bâtiments, derrière les fragilités de type portes et trémies).

❖ Synthèse des études

Concernant la réévaluation des niveaux de vent, les études réalisées ont montré que la réactualisation des règles Neige et Vent n'avait pas entraîné une augmentation des niveaux de vent. La robustesse des cibles vis-à-vis des niveaux de vent réactualisés est donc justifiée.

Pour l'îlot nucléaire, les études réalisées vis-à-vis de l'agression Projectiles Générés par Grands Vents (PGGV) à l'état du 4^{ème} RP 900 montrent que les installations sont robustes à l'agression, sans modification additionnelle.

Pour l'îlot conventionnel, les études réalisées vis-à-vis de l'agression Projectiles Générés par Grands Vents (PGGV) à l'état du 4^{ème} RP 900 et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentées dans la partie dédiée aux spécificités de tranche compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

EDF a également vérifié l'absence de risque de survitesse des ventilateurs induits par le grand vent.

Enfin, faisant suite à l'instruction du thème PGGV dans le cadre du 3^{ème} RP 1300, EDF a prévu des dispositions d'exploitation demandant la réalisation d'inspections visuelles des EIP vulnérables aux vents forts en cas de grand vent. L'objectif de cette Règle Particulière de Conduite (RPC) est d'assurer l'absence de dégradation des installations après une tempête, pour assurer la poursuite de l'exploitation en toute sûreté.

➤ **Aggravant et sensibilité au délai opérateur (WENRA)**

La prise en compte d'un aggravant et la sensibilité au délai opérateur sont sans impact sur l'installation.

En effet :

- Aucun équipement actif n'est nécessaire pour garantir la protection contre le grand vent.
- Aucune action opérateur n'est nécessaire pour garantir la protection contre le grand vent.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

➤ **Ilot conventionnel**

Les études réalisées vis-à-vis de l'agression PGGV, à l'état du 4^{ème} RP 900, montrent que des cibles de sûreté situées à l'intérieur de la station de pompage de la tranche peuvent être agressées en raison de la capacité insuffisante du bardage simple peau constituant l'enveloppe du bâtiment à stopper les projectiles générés par le grand vent et à atténuer fortement l'effet direct du vent.

La modification PNPE 1165 « Protection contre les Projectiles Générés par Grand Vent (PGGV) » consiste à mettre en place une structure métallique recouverte de caillebotis et munie de portes, robuste au PGGV sur les moteurs d'entraînement des tambours filtrants CFI et à mettre en place des écrans au niveau des ouvertures des locaux électriques pour protéger les armoires d'instrumentation CFI.

➤ **Ilot nucléaire**

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

❖ Conclusion

EDF a réalisé des études complémentaires PGGV visant à renforcer le niveau de protection des cibles de sûreté.

Pour l'îlot nucléaire, aucune modification n'est nécessaire. Pour l'îlot conventionnel, des renforcements sont prévus sur les installations et déployées lors du 4^{ème} RP 900.

A l'instar de ce qui a été décidé pour le 3^{ème} RP 1300, EDF déploie une Règle Particulière de Conduite (RPC) consistant à faire une inspection des installations suite à une tempête pour s'assurer de l'absence de dégradation des installations et poursuivre l'exploitation en toute sûreté.

L'analyse de sensibilité à l'aggravant et au délai opérateur, au titre des niveaux de référence WENRA, conclut à l'absence d'impact sur l'installation ou son exploitation.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1165 « Protection contre les Projectiles Générés par Grand Vent (PGGV) » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

La Règle Particulière de Conduite « Evènement météorologique sévère » a été déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

2.2.1.12 Tornade

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a défini un niveau de tornade de dimensionnement des installations.

❖ Synthèse des études

Le niveau de la tornade de référence vise à couvrir des aléas de fréquence supérieure à une valeur repère de 10-4/ an. Sur la base de l'évaluation de la probabilité d'occurrence des tornades, la fréquence annuelle de dépassement d'une vitesse maximale de vent de tornade de 29 m/s (vitesse qui correspond à une tornade de niveau EF0 - sur l'échelle Enhanced Fujita) est de l'ordre de 3.10-5/an pour la zone Océanique, et de l'ordre de 1,1.10-5/an pour la zone Reste de la France. Les vitesses de vent d'une tornade d'intensité EF0 sont donc enveloppes des vitesses de vent d'une tornade correspondant à la valeur repère de 10-4/an, pour la zone Océanique comme pour la zone Reste de la France.

A ce titre, le niveau de la tornade de référence retenue par EDF pour le Domaine de Dimensionnement correspond à EF0, pour la zone océanique comme pour la zone Reste de la France. Les différents effets de la tornade sont :

- La pression dynamique du vent.
- Les projectiles éventuellement mis en suspension et accélérés.
- La chute brutale de pression au centre du vortex.

Pour la tornade de référence :

- La pression dynamique exercée par le vent est couverte par la conception des bâtiments et structures qui impose des niveaux de vent supérieurs.
- Les hypothétiques projectiles sont couverts par les projectiles étudiés au titre de l'agression de référence Projectiles Générés par le Grand Vent (PGGV) (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1.11).
- La dépression au centre du vortex n'est dimensionnante ni pour les bâtiments, ni pour les ventilateurs.

La robustesse du Palier CPY vis-à-vis des effets associés à la tornade de référence correspondant à une tornade de niveau EF0, est garantie par la prise en compte de phénomènes plus sévères à la conception.

De plus, dans le cadre des suites d'instruction de la phase générique du 4^{ème} RP 900, au plus tard cinq ans après la remise du rapport de conclusion du réexamen, EDF retiendra comme niveau d'aléa de référence une tornade d'intensité EF2 sur l'échelle de Fujita, définie par la vitesse moyenne des vents caractérisant cette intensité, à savoir 55,5 m/s. A ce titre, EDF mettra en œuvre le renforcement de la cheminée du BAN du palier CPY (PNPE1323). Ce renforcement au niveau EF2 couvre le niveau de vent à prendre en compte sur le palier CPY (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1.11). EDF définira si nécessaire d'autres modifications à l'issue des études de déclinaison du référentiel EF2.

En complément, EDF a mené une étude sur les tornades et les conjonctions de phénomènes associés. Cette étude montre que les aléas induits par la cellule orageuse ne se produisent pas au même instant et au même endroit, à l'exception de la pluie mais dont les caractéristiques ne sont pas dimensionnantes. Il n'est donc pas nécessaire d'intégrer de nouveaux scénarios à aléas multiples dans le référentiel tornade.

La prise en compte de l'aggravant et la sensibilité au délai opérateur au titre des niveaux de référence WENRA sont sans impact sur l'installation ou son exploitation. En effet :

- Aucun équipement actif n'est nécessaire pour garantir la protection contre les tornades.
- Aucune action opérateur n'est nécessaire pour garantir la protection contre les tornades.

❖ Conclusion

Les études menées vis-à-vis de la tornade de référence (niveau d'intensité EF0 sur l'échelle de Fujita) montrent que les dispositions prises par ailleurs à la conception des réacteurs et au titre du référentiel Grand Vent et Projectiles Générés par le Grand Vent rendent l'installation robuste à cette agression.

Dans le cadre des suites de l'instruction du 4^{ème} RP 900, le niveau de tornade de référence pris en compte dans la démonstration de sûreté sera augmenté au plus tard 5 ans après la remise du RCR (niveau d'intensité EF2 sur l'échelle de Fujita).

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1323 « Renforcement de la cheminée du BAN au SMS, Grand Vent et Tornade EF2 » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur les tranches 1 et 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900 de la tranche 1.

2.2.1.13 Foudre et interférences électromagnétiques (IEM) externes

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

EDF a défini, à l'occasion du 4^{ème} RP 900, de nouvelles exigences de sûreté pour ces agressions visant à garantir, en cas de chocs de foudre, l'atteinte et le maintien en état sûr des tranches et à limiter les rejets radioactifs, en prenant en considération les éventuels effets induits par la foudre.

La méthodologie pour analyser la robustesse des installations vis-à-vis de l'agression foudre et IEM externes a été mise à jour.

Elle consiste en la réalisation d'études qui sont documentées pour chaque site dans :

- L'« Analyse Impact Foudre » (AIF) qui concerne les matériels extérieurs soumis au champ rayonné. Elle a pour objectif :

- D'analyser l'impact de la foudre sur les équipements extérieurs, en toitures et en façades des bâtiments dits « *cibles* » (qui contiennent des EIP) du CNPE.
- D'indiquer les préconisations afin de réduire les effets de la foudre à un niveau compatible avec les objectifs de sûreté à l'intérieur des bâtiments dits « *cibles* ».

- La « *Note de Calcul de Surtension* » concerne les liaisons électriques inter-bâtiments pouvant faire transiter des surtensions en cas de foudroiement de bâtiment. Elle a pour objectif :
 - D'analyser la vulnérabilité des liaisons inter-bâtiments en effectuant des calculs de surtensions sur les liaisons raccordées aux bâtiments dits « cibles ».
 - De dresser la liste des protections à mettre en place sur les liaisons à protéger.

Afin de déterminer les points d'impacts potentiels de la foudre (possibilité qu'une cible soit touchée par un coup de foudre), EDF s'appuie sur la norme NF-EN-62305-1.

❖ Synthèse des études

A l'issue des études « Foudre et IEM externes », EDF met en œuvre la modification « Protection contre la foudre » (PNPP1951) qui prévoit l'ajout de protections de types parafoudres, pointes caprices ou capotages ainsi que l'ajout d'un parafoudre au secondaire des Transformateurs Auxiliaires ou dans les postes aériens en fonction des sites (PNPE1477).

EDF estime qu'une tempête solaire qui pourrait engendrer des manques de tension externes de longue durée de façon simultanée sur plusieurs sites électronucléaires est un événement extrêmement rare. Il n'apparaît pas nécessaire de la prendre spécifiquement en compte, sachant que le référentiel de sûreté du Parc nucléaire d'EDF couvre déjà l'évènement manque de tension de longue durée jusqu'à 15 jours.

A la suite de l'instruction dans le cadre du GP Aggressions du 4^{ème} RP 900, EDF a analysé l'impact des champs rayonnés par un coup de foudre sur les Equipements de Disposition Agression (EDA) liés à l'incendie et à l'explosion interne. L'analyse conclut que les champs rayonnés n'impactent pas ces EDA du fait des caractéristiques de ces matériels et de leur emplacement dans les locaux.

Vis-à-vis de la sensibilité de ces études à l'aggravant et au délai opérateur (niveaux de références WENRA), aucun impact n'est identifié dans la mesure où :

- Aucun équipement actif n'est nécessaire pour garantir la protection contre la foudre.
- Aucune action opérateur n'est nécessaire pour garantir la protection contre la foudre.

❖ Conclusion

Les études réalisées dans le cadre de la protection contre l'agression « Foudre et IEM externes » ont permis de mettre en évidence sur tous les sites un besoin limité de modifications pour atteindre les objectifs de protection contre la foudre qui sont mises en œuvre lors du 4^{ème} RP 900.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1951 « Mise en place des parafofoudres » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPE1477 « Ajout d'un parafofoudre au secondaire des Transformateurs Auxiliaires » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

2.2.1.14 Neige

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

L'objectif est d'assurer la robustesse des cibles de sûreté en situation d'agression Neige réévaluée suivant les règles « *Neige et Vent* » de 1965 édition 2009.

Les bâtiments et structures des tranches nucléaires du Palier CPY ont été dimensionnés selon les règles « *Neige et Vent* » de 1965 en vigueur au moment de leur conception. Ces règles ont fait l'objet de plusieurs mises à jour depuis l'édition initiale, les deux dernières datant de 2000 et 2009. Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, les EIPS requis en cas d'agression externe Neige sont vérifiés vis-à-vis des charges de neige à partir de la réactualisation des règles « *Neige et Vent* » édition 2009.

La démarche consiste à comparer les charges NV2000 et les charges NV2009 et à s'assurer que les cibles de sûreté à protéger sont correctement dimensionnées vis-à-vis des charges climatiques mises à jour en 2009.

❖ Synthèse des études

Pour l'ensemble des sites du Palier CPY, l'évolution des règles « *Neige et Vent* » 65 entre les règles modifiées 2000 et les règles modifiées 2009 n'a pas d'impact. Les charges climatiques restent inchangées ou diminuent par rapport aux « *Règles NV65* » édition 2000.

Ainsi pour l'îlot nucléaire et l'îlot conventionnel, les vérifications ont conclu à la tenue des ouvrages et équipements avec les « *règles NV65* » édition 2009. Aucune modification n'est donc nécessaire dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

Vis à vis de la sensibilité de ces études à l'aggravant et au délai opérateur (niveaux de références WENRA), aucun impact n'est identifié dans la mesure où :

- Aucun équipement actif n'est nécessaire pour garantir la protection contre la neige.
- Aucune action opérateur n'est nécessaire pour garantir la protection contre la neige.

❖ Conclusion

Les études réalisées pour les sites du Palier CPY ont conclu à la tenue des ouvrages et équipements avec les règles NV65 édition 2009. Les analyses de sensibilité à la prise en compte de l'aggravant et au délai opérateur (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1) concluent à l'absence d'impact sur l'installation ou son exploitation.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Il n'y a pas de modification concernant ce thème sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

2.2.1.15 *Maîtrise du risque industriel*

Partie générique Palier

❖ Contexte et objet des études

➤ **Activités industrielles et transport de marchandises dangereuses extérieurs au CNPE**

La maîtrise des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication externes passe par le suivi de l'environnement associé et l'évaluation des risques correspondant sur les installations nucléaires de base. L'analyse des risques repose sur l'application de la règle fondamentale de sûreté RFS I-2.d.

Les familles de sources d'agressions potentielles considérées sont :

- Les installations industrielles fixes telles que stockages et unités de production extérieures au site.
- Les canalisations de transport (gazoducs, oléoducs) extérieures au site.
- Les différents modes de transport de marchandises dangereuses (routier, ferroviaire, fluvial ou maritime) extérieurs au site.

Au-delà des objectifs généraux applicables à l'ensemble des agressions à considérer pour le 4^{ème} RP 900, l'objectif d'amélioration des exigences de sûreté visé par EDF pour la maîtrise des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication externes porte sur l'actualisation des paramètres d'accidentologie en tenant compte des dernières informations disponibles.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF prend par ailleurs en compte les demandes formulées par l'ASN dans le cadre du 3^{ème} RP 1300, qui ont notamment amené EDF à mettre à jour la méthodologie d'évaluation du terme d'accidentologie.

➤ **Transport de marchandises dangereuses interne au CNPE**

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a transmis à l'ASN une note de cadrage de la « méthodologie pour le traitement des risques liés aux transports de marchandises dangereuses à l'intérieur des CNPE », applicable à tous les paliers, pour la déclinaison des études sites spécifiques pour chaque CNPE. Cette méthodologie prend en considération des demandes formulées par l'ASN, visant à compléter les études de risques liés au transport interne de marchandises dangereuses présentées par EDF dans le cadre du 3^{ème} RP 1300.

❖ **Synthèse des études**

➤ **Activités industrielles et transport de marchandises dangereuses extérieurs au CNPE**

La RFS I-2.d définit entre autres la liste des installations industrielles et des voies de communication pouvant induire des risques sur les réacteurs nucléaires.

Les risques liés à l'environnement industriel ont été pris en compte de manière déterministe à la conception des installations par la protection standard. Le dimensionnement des structures a été réalisé vis-à-vis du phénomène d'explosion de type détonation.

La tenue à l'onde de surpression concerne les bâtiments et ouvrages de génie civil assurant ou contenant des installations répondant aux trois fonctions de sûreté de la RFS I-2.d et les orifices de ces bâtiments (portes d'accès et prise d'air de ventilation).

Conformément à la RFS I-2.d, l'ordre de grandeur de la probabilité limite pour accepter un dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du site pour l'ensemble des agressions d'origine extérieure liées aux activités humaines est de 10^{-6} / année.réacteur, pour chacune des fonctions suivantes :

- Arrêt du réacteur et évacuation de la puissance résiduelle.
- Stockage du combustible utilisé.
- Traitement des effluents radioactifs.

Pour tenir compte de la sommation des probabilités d'accidents d'origines différentes aux conséquences analogues, la RFS I-2.d fixe, pour chaque famille de sources d'agressions considérée un ordre de grandeur limite de la probabilité d'occurrence de l'événement de 10^{-7} / année.réacteur.

Faisant suite à l'instruction du thème « risques industriels » lors du 3^{ème} RP 1300, EDF a fait évoluer la méthodologie d'évaluation des risques industriels dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

Le thème comporte deux axes de travail :

- Le suivi de l'environnement industriel et des voies de communication extérieures au site : EDF prévoit une mise à jour des données relatives à l'environnement industriel de chaque site.
- L'évaluation des risques associés sur les installations. EDF a mis à jour sa méthodologie dans le cadre du programme de travail du 4^{ème} RP 900. Les études s'appuient sur les paramètres d'accidentologie actualisés pour le 4^{ème} RP 900 suite au Groupe Permanent agressions.

L'objectif de sûreté des études du 4^{ème} RP du Palier 900 MWe est de réévaluer cette probabilité avec des données actualisées concernant l'accidentologie et les données propres à l'environnement de chaque site. Pour cela, les données suivantes sont mises à jour :

- Les valeurs des paramètres d'accidentologie.
- Les données propres à l'environnement de chaque site : localisation des ICPE, canalisations, voies de communications extérieures au site avec le trafic des marchandises dangereuses associées.

Les résultats des études liées à la maîtrise du risque industriel et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentées dans la partie dédiée aux spécificités de tranche compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

Vis-à-vis de la sensibilité de ces études à l'aggravant et au délai opérateur (niveaux de références WENRA), aucun impact n'est identifié dans la mesure où :

- La fréquence d'occurrence de l'agression étant très faible, un cumul avec une défaillance d'équipement actif relève du risque résiduel.
- Aucune action opérateur n'est nécessaire à la protection contre les risques industriels.

➤ **Transport de marchandises dangereuses interne au CNPE**

Par découplage avec les études de risques liés à l'environnement industriel, l'objectif est de limiter le risque de mise en défaut des fonctions définies dans la RFS I-2.d.

Suite à l'instruction du thème dans le cadre du 3^{ème} RP 1300, EDF a mis à jour la méthodologie « transport de marchandises dangereuses interne », prenant en compte les éléments complémentaires suivants de l'ASN :

- Se fonder sur une analyse déterministe en étudiant l'ensemble des phénomènes dangereux pouvant résulter d'un accident de transport interne, y compris les incendies, explosions et les émissions de substances dangereuses, ainsi que leurs effets sur les cibles de sûreté avant d'évaluer la probabilité d'atteinte des niveaux d'agression maximaux admissibles pour ces cibles.
- Approfondir l'évaluation des risques liés au feu de camion.

L'objet de l'étude est d'évaluer les risques de type explosion, incendie et toxique associés aux transports de marchandises dangereuses arrivant sur (ou quittant) le site.

Les résultats de cette étude et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentées dans la partie dédiée aux spécificités de tranche compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

➤ **Activités industrielles et transports de marchandises dangereuses extérieurs au CNPE**

De par sa situation géographique et son environnement industriel le CNPE de Gravelines n'est pas susceptible d'être agressé par les ICPE environnantes à l'exception du terminal méthanier (DK LNG). De plus, la densité du trafic maritime dans la mer du Nord au large du CNPE et vers l'avant-port ouest du Grand Port Maritime de Dunkerque (GMPD) génère une probabilité d'agression extrêmement faible, qui est prise en compte dans les études de conception et dans les organisations du site.

➤ **Risque explosif**

L'objet de l'étude est d'évaluer le risque d'explosion d'un nuage de gaz explosif avec ou sans dérive lié aux installations industrielles et aux transports de marchandises dangereuses à proximité du CNPE.

Les phénomènes dangereux considérés, ainsi que les distances, au regard des différentes voies de communication et ICPE, conduisent à écarter d'une manière déterministe la plupart des scénarios, mis-à-part la dérive d'un nuage de méthane issu d'une avarie au niveau du terminal méthanier ou sur un méthanier en mer.

De conception, le CNPE est doté de matériels spécifiques permettant de protéger les équipements nécessaires à la sûreté de l'installation d'une onde de surpression (portes anti-souffle, clapets auto-obturant, etc.). En complément de ces dispositions matérielles, des conventions d'alerte sont définies avec les entités extérieures concernées et une organisation locale adaptée est prévue en cas de survenance d'une avarie de ce type, notamment pour protéger les systèmes de ventilation des salles de commande et des bâtiments combustible.

Ainsi les études déterministes et probabilistes réalisées, lorsque nécessaire, conduisent à un risque explosif négligeable (de l'ordre de 10^{-7} /année.réacteur) pour l'ensemble des familles de sources d'agressions.

➤ **Risque toxique**

L'objet de l'étude est d'évaluer le risque de perte de la capacité des opérateurs en salle de commande à assurer les actions humaines nécessaires au retour et au maintien en état sûr du réacteur, en cas d'exposition à des substances toxiques susceptibles d'être relâchées par des installations industrielles voisines ou des transports de marchandises dangereuses à proximité du CNPE de Gravelines.

Les phénomènes dangereux considérés, ainsi que les distances, au regard des différentes voies de communication, écartent d'une manière déterministe la plupart des scénarios. L'étude probabiliste conduite, lorsque nécessaire, rend négligeable le risque d'effet pour l'ensemble des familles de sources d'agressions (de l'ordre de 10^{-8} / année.réacteur).

➤ **Risque incendie externe**

L'objet de l'étude est d'évaluer pour les produits en cause le risque d'engendrer un incendie sur les bâtiments répondant aux fonctions de sûreté mais aussi le risque d'intoxication dû aux fumées se dégageant de l'incendie, pour les opérateurs en salle de commande.

Les conséquences thermiques d'un incendie à proximité du CNPE, notamment au niveau des Dépôts Pétrolier Côte d'Opale (Total DPCO) ont été analysées. Le scénario de feu de nappe est également susceptible de se produire sur les voies de communication. Compte tenu de l'éloignement vis-à-vis du CNPE et des distances d'effet résultantes, l'occurrence d'un feu n'a pas de conséquence sur la sûreté du CNPE.

En cas d'inflammation sur site d'un nuage de méthane dérivant (scénarii ci-dessus) les études réalisées suite à la mise en exploitation du terminal méthanier ont conduit à la mise en place de matériels ignifugés sur les points identifiés sensibles : c'est à dire au niveau des terrasses des groupes électrogènes de secours.

❖ Conclusion

La probabilité de dégagement inacceptable de substances radioactives en limite du CNPE de Gravelines obtenue est de quelques 10^{-7} /année.réacteur pour l'ensemble des agressions d'origine extérieure liées aux activités humaines. Ces résultats liés au CNPE de Gravelines respectent les valeurs repères définies dans la RFS I-2.d.

➤ **Transports de marchandises dangereuses internes au CNPE**

L'étude des risques associés aux transports de marchandises dangereuses conclut que les exigences réglementaires concernant le transport de marchandises dangereuses et la conception des ouvrages génie civil permettent de limiter le risque d'explosion, incendie et émission de substances dangereuses d'un camion transportant des marchandises dangereuses à l'intérieur d'un site.

Cette étude permet de démontrer qu'aucun phénomène dangereux associé aux transports de marchandises dangereuses n'a de conséquences significatives sur les cibles de sûreté retenues pour le CNPE de Gravelines.

❖ Conclusion

➤ **Activités industrielles et transports de marchandises dangereuses extérieurs au CNPE**

La mise à jour de la méthodologie a permis de prendre en compte les suites de l'instruction du thème lors du GP Orientations 4^{ème} RP 900. L'évaluation des risques générés par l'environnement industriel, menée dans le cadre du 4^{ème} RP 900 pour le CNPE de Gravelines permet de justifier l'adéquation des dispositions de protection actuelles pour vérifier le respect des exigences de la RFS I-2.d.

➤ **Transports de marchandises dangereuses internes au**

CNPE

La méthodologie pour le traitement des risques liés aux transports de marchandises dangereuses à l'intérieur des CNPE intégrant les suites d'instruction du 3^{ème} RP 1300 et certaines demandes de l'ASN a été déclinée sur le CNPE de Gravelines. Cette étude a permis de démontrer qu'aucun phénomène dangereux associé aux TMD n'a de conséquences significatives sur les cibles de sûreté retenues pour le CNPE de Gravelines.

Bilan de l'état de la tranche

Il n'y a pas de modification concernant ce thème sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

*2.2.1.16 Maîtrise du risque aérien***Partie générique Palier****❖ Contexte et objet des études**

La maîtrise du risque aérien est basée sur le suivi de l'environnement aéronautique des sites puis sur l'évaluation des risques associés sur les installations nucléaires de base. L'analyse du risque aérien repose sur l'application de la Règle Fondamentale de Sûreté (RFS) I-2.a.

Au-delà des objectifs généraux applicables à l'ensemble des agressions à considérer au 4^{ème} RP 900 (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1), l'objectif d'amélioration des exigences de sûreté visé par EDF pour la maîtrise du risque aérien porte sur la mise à jour des données d'entrée (trafics, cibles de sûreté) en tenant compte des dernières informations disponibles. Les évolutions génériques à l'ensemble des agressions (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1) sont également prises en compte.

❖ Synthèse des études

Cette agression a été prise en compte dès la conception par le dimensionnement du génie civil de certaines structures vis-à-vis de l'impact des projectiles issus de l'aviation générale.

A l'occasion des réexamens périodiques, les risques aériens sont réévalués selon la Règle Fondamentale de Sûreté I-2.a, qui s'appuie sur une approche probabiliste afin d'évaluer le risque de dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du site.

Conformément à cette RFS, l'ordre de grandeur de la probabilité limite pour accepter l'éventualité d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du site est de 10^{-6} / année.réacteur pour chacune des fonctions suivantes :

- Arrêt du réacteur et évacuation de la puissance résiduelle.
- Stockage du combustible utilisé.
- Traitement des effluents radioactifs.

Pour tenir compte de la sommation des probabilités d'accidents d'origines différentes aux conséquences analogues, la RFS I-2.a fixe, pour chaque famille de sources d'agressions considérée un ordre de grandeur limite de la probabilité d'occurrence de l'événement de 10^{-7} / année.réacteur.

L'objectif de sûreté des études du 4^{ème} RP 900 est de réévaluer cette probabilité avec des données actualisées concernant l'accidentologie et les données propres à l'environnement de chaque site. Pour chaque site, une approche probabiliste des risques dus au trafic aérien est établie à partir des données spécifiques au site considéré et des surfaces des cibles.

Pour cela, les données suivantes sont mises à jour :

- Les valeurs de paramètres d'accidentologie.
- Les données propres à l'environnement de chaque site : localisation des aéroports/aérodromes, données de trafic aérien.
- Les valeurs de surfaces virtuelles (surfaces des structures exposées au risque de chute d'aéronefs).

Les paramètres d'accidentologie, dont la validité est indépendante du site, ont été réactualisés à partir des dernières données disponibles.

Les surfaces virtuelles dépendent des cibles de sûreté à considérer vis-à-vis de l'agression « chute d'avion », qui correspondent à l'ensemble des structures et équipements nécessaires aux trois fonctions définies selon la RFS I-2.a. La liste des cibles de sûreté ainsi que les surfaces virtuelles associées ont été mises à jour dans le cadre du 4^{ème} RP 900 pour prendre en compte les suites d'instruction du 3^{ème} RP 1300.

Les résultats des études liées au risque aérien sont présentés dans la partie dédiée aux spécificités de tranche compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

Les évolutions des exigences relatives à la démarche générale agression (cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 2 – § 2.2.1) sont sans impact sur ce thème :

- Aucun équipement actif n'est nécessaire pour garantir la maîtrise du risque aérien.
- Aucune action opérateur n'est nécessaire pour garantir la maîtrise du risque aérien.

En complément de l'approche probabiliste décrite ci-avant, EDF a démontré, sur l'ensemble des tranches du Palier CPY, que la chute d'un aéronef représentatif de l'aviation générale sur le voile le plus exposé du bâtiment combustible n'entraîne pas de risque de dégradation mécanique des assemblages de combustible, ni de perte de l'inventaire en eau de la piscine.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

Les résultats de l'étude montrent que la probabilité de dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du CNPE de Gravelines dû au trafic aérien est :

- Inférieure à 10^{-6} /année.réacteur pour chacune des 3 fonctions.
- Au plus de l'ordre de 10^{-7} /année.réacteur pour chacune des 3 fonctions et par famille d'aviation (aviation générale, aviation commerciale et aviation militaire).

Ces résultats liés au CNPE de Gravelines sont compatibles avec les valeurs repères définies dans la RFS I-2.a.

❖ Conclusion

Les études réalisées dans le cadre du 4^{ème} RP 900 visent à démontrer l'acceptabilité du risque lié au trafic aérien, en prenant en compte les données d'accidentologie les plus récentes.

L'évaluation des risques générés par le trafic aérien menée dans le cadre du 4^{ème} RP 900 pour le CNPE de Gravelines permet de justifier de l'adéquation des dispositions de protection actuelles pour vérifier le respect des exigences de la RFS I-2.a.

Bilan de l'état de la tranche

Il n'y a pas de modification concernant ce thème sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

2.2.1.17 Etudes complémentaires

Partie générique Palier

Conséquences radiologiques liées aux agressions

❖ **Contexte et objet des études**

L'évaluation des conséquences radiologiques des agressions constitue un élément à part entière de la démonstration de sûreté : elle permet de rendre compte de l'aptitude de l'installation à remplir sa fonction de confinement des substances radioactives.

Cette démarche a pour objectif de vérifier l'acceptabilité des conséquences radiologiques des agressions d'origine interne ou externe en complément de l'étude de l'agression elle-même et de l'étude des conséquences radiologiques des accidents de dimensionnement retenus dans la démonstration de sûreté.

Elle consiste à identifier, parmi les scénarios d'agression interne ou externe pouvant induire des conséquences radiologiques, des scénarios d'agression enveloppes puis à vérifier l'acceptabilité de leurs conséquences radiologiques vis-à-vis des limites de dose associées aux conditions de fonctionnement de dimensionnement correspondant à des fréquences d'occurrence équivalentes.

❖ **Synthèse des études**

La méthodologie mise en œuvre pour le 3^{ème} RP 1300 est reconduite pour le 4^{ème} RP 900. Les principales étapes de la méthodologie sont rappelées dans les paragraphes suivants.

– Identification des scénarios enveloppes :

Les règles et hypothèses d'étude applicables à l'identification des scénarios de mobilisation des termes sources sont les règles d'étude des agressions telles que définies dans les référentiels agressions.

Compte tenu du nombre important de situations susceptibles de faire l'objet d'une vérification (configurations de tranche, états initiaux, types d'agressions, localisation...), et afin de réaliser une vérification satisfaisante, la méthode privilégie une démonstration basée sur un nombre limité de scénarios retenus, pour leur caractère enveloppe.

Ces scénarios peuvent être directement issus des études d'agressions, ou être choisis comme des scénarios de « *découplage* » afin d'en simplifier l'analyse (scénarios découplés des études de l'agression d'une part, ainsi que des situations thermohydrauliques et des séquences fonctionnelles en résultant d'autre part).

La méthode de vérification permet d'exclure les agressions pour lesquelles il n'existe pas de risque de conséquences radiologiques du fait des dispositions prises au dimensionnement des bâtiments et/ou des systèmes (y compris sur critère probabiliste par application des Règles Fondamentales de Sécurité).

– Evaluation des conséquences radiologiques des scénarios :

La méthode de vérification des conséquences radiologiques des scénarios enveloppes s'appuie sur les principes suivants :

- La méthode privilégie les argumentaires qualitatifs, ou les calculs préexistants, elle a recours à des calculs dédiés uniquement si cela s'avère nécessaire.
- Les calculs dédiés peuvent être envisagés sur la base d'hypothèses réalistes tout en étant raisonnablement conservatives et cohérentes avec les règles d'analyse des agressions.

– Appréciation de la probabilité d'occurrence des scénarios :

L'appréciation de la fréquence d'occurrence des scénarios enveloppes peut s'appuyer sur des approches qualitatives ou quantitatives. Lorsqu'une évaluation de la fréquence d'occurrence n'est pas possible, compte tenu de l'état des connaissances disponibles, EDF privilégie l'encadrement de cette fréquence d'occurrence, et choisit de comparer, de manière pénalisante, les résultats des scénarios enveloppes avec les limites de doses associées à la catégorie correspondant à la fréquence la plus élevée de l'encadrement.

Quand un scénario enveloppe présente des conséquences radiologiques suffisamment faibles, la détermination de sa fréquence d'occurrence n'a plus d'enjeu. En pratique, EDF a défini un niveau de dose en deçà duquel la fréquence d'occurrence des scénarios d'agression n'est pas étudiée. Ce niveau de dose a été postulé à la valeur de découplage de 0,5 mSv, correspondant à la moitié de la valeur limite annuelle de dose efficace pour l'exposition de la population à des rayonnements ionisants (article R1333-11 du code de la santé publique).

– Comparaison des conséquences radiologiques aux limites :

Lorsque la probabilité du scénario a été encadrée, la comparaison des conséquences radiologiques pourra être effectuée, de manière enveloppe, avec les limites de doses associées à la catégorie correspondant à la borne haute de l'encadrement (correspondant aux limites les plus pénalisantes en termes de doses).

Les scénarios enveloppes retenus sont les scénarios associés aux agressions suivantes :

- Les projectiles générés par le grand vent.
- Le séisme.
- Les défaillances de tuyauteries et l'inondation interne.
- L'incendie.

Un scénario enveloppe pour l'agression Explosion Interne est également défini au titre de la robustesse.

Les agressions suivantes sont dédouanées par l'application des Règles Fondamentales de Sûreté dédiées :

- Risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication – explosions externes au site.
- Risques liés à la chute d'avion.

Par application des Règles Fondamentales de Sûreté, il est vérifié pour ces agressions que la probabilité de dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du site est inférieure à 10^{-6} / année.réacteur.

Certaines agressions, pouvant conduire à des scénarios de mobilisation de terme source de très faible niveau d'activité, ou couverts, pour ce qui est des rejets, par d'autres scénarios, n'ont pas fait l'objet d'une évaluation des conséquences radiologiques dédiée.

Enfin, certaines agressions ne peuvent pas générer de scénarios conduisant à des conséquences radiologiques.

Les résultats de ces études ont permis de démontrer l'acceptabilité des conséquences radiologiques de l'ensemble des scénarios retenus pour leur caractère enveloppe.

❖ Conclusion

La vérification de l'acceptabilité des conséquences radiologiques des agressions d'origine interne ou externe a été réalisée conformément à la méthodologie mise en œuvre pour le 3^{ème} RP 1300. Les conclusions des études permettent de démontrer l'acceptabilité des conséquences radiologiques des agressions au regard des objectifs visés pour le 4^{ème} RP 900.

➤ **Accessibilité des locaux pour la réalisation des actions en situation d'agression**

L'analyse d'accessibilité consiste à s'assurer que les agressions ne génèrent pas d'évolution d'ambiance susceptible de compromettre la réalisation des actions en local nécessaires pour la gestion d'une situation d'agression. Les actions dont la réalisation est nécessaire à court terme sont analysées pour garantir le respect des objectifs de sûreté des scénarios d'agressions.

En situation d'agression, les conditions d'ambiance susceptibles d'évoluer de manière anormale sont de natures diverses et sont spécifiques à chacune des agressions considérées.

La démarche d'accessibilité des locaux en situations d'agressions consiste à retenir celles présentant un enjeu avéré à partir des critères suivants :

- Nécessité de réalisation d'actions en local pour gérer l'agression en elle-même ou pour en gérer les conséquences fonctionnelles.
- Et existence de conditions d'ambiance générées par l'agression et susceptibles de rendre inaccessibles les locaux où des actions sont nécessaires (la fumée et le feu pour l'agression incendie, ou le vent et les projectiles par exemple pour l'agression PGGV).

Les agressions ayant fait l'objet d'une vérification selon ces critères sont les suivantes :

- Inondation interne et défaillances de tuyauteries.
- Séisme.
- Incendie.
- Inondation externe.
- Grand froid.
- Canicule.
- PGGV.

Suite à l'ensemble des vérifications menées dans le cadre du 4^{ème} RP 900 sur le Palier CPY, les ambiances générées dans les locaux où des actions seraient requises pour la gestion des situations d'agression ne remettent pas en cause la capacité des intervenants à réaliser les actions dans ces locaux pendant la durée nécessaire.

EDF a réalisé l'analyse d'accessibilité pour les accidents du Domaine Complémentaire avec un enjeu vis-à-vis de l'ambiance thermique et confirme l'accessibilité dans ces situations.

En complément, en application de la prescription [FOH-B] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a vérifié la capacité effective des agents de terrain à accéder aux locaux et à y réaliser les actions de conduite requises dans la démonstration de sûreté nucléaire en cas d'accident (par exemple, accessibilité des organes de contrôle et de commande, capacité de réalisation des actions en cas de port d'équipements de protection individuels, disponibilité de l'outillage, délai nécessaire aux accès).-Les dispositions envisagées par EDF dans le cadre du 4^{ème} Réexamen Périodique des réacteurs du palier 900 MWe sont les suivantes :

- Modification d'exploitation pour permettre l'utilisation de cellules d'autocontrôle afin de manœuvrer les vannes RCV-RIS depuis le BL en cas d'APRP de 4^{ème} catégorie. Le déploiement de cette modification est prévu lors de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.
- Mise en application du guide pour la radioprotection en situation d'urgence radiologique, prévue au plus tard lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.
- Mise à disposition de l'exploitant de la liste des locaux contenant des circuits en recirculation (accidents avec et sans fusion) et/ou des traversées enceinte, prévue au plus tard lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.

- Mise à jour de la Règle Particulière de Conduite Événement Météorologique Sévère afin de demander le pré-lignage de la réalimentation de la bâche ASG par SER en cas de pré-alerte Grand Vent, prévue lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.

Par ailleurs, une solution est en cours de développement sur le palier CPY pour éviter de devoir accéder à l'intérieur du BR en situation H3 en état Arrêt Pour Intervention, primaire Non Suffisamment Ouvert. EDF a pour objectif de mettre en œuvre cette solution lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Il n'y a pas de modification concernant ce thème sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

2.2.2 Viser un risque de fusion du cœur incluant les agressions de quelques 10^{-5} / année réacteur

Partie générique Palier

En cohérence avec l'article 3.3 de l'arrêté du 7 février 2012 modifié, les Etudes Probabiliste de Sûreté (EPS) de niveaux 1 et 2 sont utilisées par EDF au fil des réexamens, en complément des analyses déterministes, pour évaluer le risque de fusion du cœur et le risque de rejets radioactifs afin d'apprécier le niveau de sûreté des installations. Après les événements internes, le périmètre couvert par les EPS s'étend progressivement au domaine des agressions internes et externes.

Une analyse de type 'Screening' de l'ensemble des agressions a été réalisée pour chaque site du Palier CPY afin de déterminer sur la base de critères explicites, les sites et les agressions pour lesquels une analyse probabiliste pourrait être appropriée. Cette analyse de sélection des agressions externes candidates à une évaluation probabiliste des risques radiologiques est réalisée suivant une méthodologie conforme à l'état de l'art international. Cette méthodologie identifie une cinquantaine de phénomènes plausibles devant être évalués pour chacun des sites du Parc en exploitation et explicite différents critères qualitatifs et quantitatifs permettant de sélectionner les agressions pour lesquelles une analyse probabiliste pourrait être nécessaire.

Ainsi, parmi les agressions retenues à l'issue de cette analyse de screening, la pertinence et la priorisation des analyses probabilistes sont appréciées en se basant notamment sur les éléments suivants :

- L'état des connaissances concernant la caractérisation (intensité, durée, fréquence...) des phénomènes externes considérés.
- L'état des connaissances concernant la caractérisation des conséquences sur l'installation.
- Les enjeux associés aux agressions en fonction de leurs fréquences et de leurs conséquences potentielles.
- Les modifications d'installation et de conduite prévues à échéance du 4^{ème} RP 900, en particulier les modifications Post-Fukushima.

Les agressions retenues à l'issue de l'analyse de screening, mais pour lesquelles le développement d'analyses probabilistes dans le cadre du 4^{ème} RP 900 n'est pas considéré pertinent, font en outre l'objet d'un argumentaire s'assurant que le niveau de risque induit est acceptable au regard de la conception de la centrale.

Pour l'ensemble des sites du Palier CPY, les conclusions de l'analyse de screening sont les suivantes :

- Les agressions inondation externe et séisme sont éligibles à une analyse probabiliste.
- Les études existantes de la démonstration de sûreté concernant la chute d'avion et l'onde de pression aérienne constituent des analyses probabilistes de référence (application des RFS).
- Concernant le risque de chute de météorites et le risque de tsunami induit, le développement d'une analyse probabiliste n'est pas jugé pertinent, au regard du risque résiduel.
- Concernant l'effacement d'ouvrage sismo-induit, une approche simplifiée et conservatrice via l'EPS Séisme a été développée.
- Concernant les Grands Chauds, le développement d'une analyse probabiliste en plus de l'approche déterministe n'a pas été retenu pour le 4^{ème} RP 900 compte tenu des marges de conception, du caractère prédictible de l'agression et de sa cinétique suffisamment lente permettant la mise en place de moyens de résilience complémentaires.
- Concernant les vents extrêmes et la tornade, le développement d'une analyse probabiliste n'est pas retenu, compte tenu de la protection vis-à-vis des Projectiles Générés par Grands Vents (PGGV), et de la mise en œuvre des protections contre la tornade Noyau Dur, protégeant l'installation contre des niveaux d'agressions hautement improbables ([cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#)).

Enfin, EDF a réalisé dans le cadre du 4^{ème} RP 900 une analyse probabiliste du risque associé à l'inondation induite par la rupture d'une tuyauterie du circuit d'eau de circulation CRF en salle des machines. Les enseignements de cette analyse sont présentés dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte-tenu de leur caractère site-dépendant.

L'objectif de l'approche probabiliste est de vérifier la robustesse de l'installation vis-à-vis des agressions considérées en évaluant la probabilité des risques associés. Cette démarche permet d'identifier des enseignements complémentaires à ceux issus de l'approche déterministe.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a réalisé les études probabilistes suivantes (cf. les paragraphes ci-après) :

- EPS Incendie.
- EPS Explosion interne.
- EPS Inondation interne.
- EPS Inondation externe.
- EPS Séisme.

Nota : ce paragraphe traite uniquement les EPS agressions de Niveau 1 liées au bâtiment réacteur. Les EPS agressions de Niveau 2 sont présentées à la [Section 4 – Accidents avec fusion du cœur](#). Les EPS liées à l'étude du découvrement des assemblages de combustible en piscine combustible sont présentées à la [Section 3 – Piscine Combustible](#).

2.2.2.1 EPS Incendie

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF réalise des EPS incendie de Niveau 1 pour évaluer les risques de fusion de cœur suite à un incendie.

❖ **Méthodologie**

La méthodologie retenue pour l'EPS incendie du Palier CPY s'inspire des pratiques et état de l'art international de référence (NUREG CR-6850) et se décline en plusieurs phases successives permettant de cibler les analyses détaillées sur les volumes de feu les plus sensibles. Elle est cohérente avec celle retenue et appliquée pour le 3^{ème} RP 1300.

➤ **Compartimentage et domaine de couverture (Phase 0)**

Le CNPE de Tricastin, et plus particulièrement la paire de tranches 1 et 2, est retenu comme site de référence représentatif du Palier CPY pour l'étude EPS incendie.

L'EPS incendie CPY permet :

- D'évaluer le Risque de Fusion de Cœur (RFC) suite à un incendie (sur la base d'un modèle dit, « *modèle BR* ») pour les états du réacteur en puissance ou en état d'arrêt (EPS de Niveau 1).
- D'évaluer le risque de découvrément du combustible entreposé dans la piscine de désactivation (sur la base d'un modèle dit « *modèle BK* ») pour les états du réacteur en puissance ou en état d'arrêt (EPS de Niveau 1) en cas d'incendie dans le bâtiment combustible (BK). Les résultats de cette EPS sont présentés à la [Section 3](#).
- D'évaluer le risque de rejets à l'atmosphère en cas d'entrée en Accident avec fusion du cœur suite à un incendie (EPS de Niveau 2). Les résultats de cette EPS sont présentés à la [Section 4 – Accidents avec fusion du cœur](#).

Le périmètre de l'étude couvre l'îlot nucléaire et l'îlot conventionnel des tranches 1 et 2 du Tricastin.

➤ **Sélection qualitative des volumes de feu (Phase 1)**

L'impact fonctionnel d'un scénario d'incendie sur la tranche étudiée est déterminé en identifiant les initiateurs potentiellement induits ainsi que les matériels rendus indisponibles par l'agression.

La première phase consiste en la réalisation d'une analyse fonctionnelle de tous les matériels et de leurs fonctions support (électrique, air...) dont la perte par incendie peut mener (ou contribuer à mener), soit à un Événement Initiateur, soit à la défaillance d'une mission de mitigation du modèle EPS Événements Internes de Niveau 1. A l'issue de cette phase, seuls les volumes de feu dans lesquels l'occurrence d'un incendie est susceptible d'engendrer un transitoire accidentel sont retenus pour la suite de l'étude.

➤ **Sélection quantitative des volumes de feu (Phase 2)**

L'objectif de la deuxième phase est de réaliser une première estimation du risque de fusion du cœur et d'identifier les volumes de feu prépondérants et nécessitant une analyse approfondie.

Pour cela, une quantification enveloppe du risque de fusion du cœur induit par un incendie est réalisée pour chacun des volumes de feu issus de la phase 1. Il est supposé, à ce stade et de manière conservative, que quel que soit le départ de feu initié dans un volume de feu, tous les équipements qui y sont situés sont systématiquement perdus par l'incendie.

La fréquence de départ de feu du volume de feu est calculée à partir de la somme des fréquences de départ de feu unitaires de tous les matériels « source de départ de feu » présents dans le volume de feu.

A l'issue de cette phase, chaque scénario d'incendie engendrant un initiateur est modélisé de manière conservative et les transitoires associés sont évalués afin d'estimer le risque de fusion du cœur à la suite d'un incendie. A l'issue de cette quantification conservative, ne sont retenus, pour une quantification plus réaliste des scénarios incendie, que les Volumes de Feu présentant un risque prépondérant. La quantification du risque de phase 2 des volumes de feu non sélectionnés pour la phase 3 est prise en compte dans le calcul du risque global.

➤ **Analyse détaillée des scénarios d'incendie (Phase 3)**

L'objectif de cette phase est d'affiner la quantification du risque de fusion du cœur induit par un incendie pour les volumes de feu retenus comme prépondérants lors de la phase 2, en caractérisant la nature des sources de départ de feu, la propagation physique de l'incendie, ainsi que les dispositifs de détection et d'extinction (automatiques et manuels) d'un incendie.

Sur la base d'études physiques de propagation d'incendie, une évaluation réaliste du scénario d'incendie est menée afin d'évaluer, pour chaque source de départ de feu (d'origine matérielle et humaine), le délai de défaillance de chaque cible pouvant être atteinte.

A l'issue de cette phase, chaque scénario d'incendie impliquant un volume de feu retenu lors de la phase 2 et engendrant un initiateur est modélisé de manière réaliste et les transitoires associés sont évalués afin d'estimer le risque de fusion du cœur à la suite d'un incendie. L'évaluation du risque induit par un incendie en Salle de Commande est également traitée à ce stade de l'étude.

L'analyse est complétée par des scénarios multi-volumes qui prennent en compte la probabilité de défaillance de la sectorisation (clapets et portes coupe-feu) entre deux volumes de feu adjacents du Bâtiment Electrique.

Le Risque de Fusion du Cœur (RFC) global associé à l'EPS incendie est alors la somme des RFC estimés de manière pénalisante pour les volumes de feu quantifiés en phase 2 et des RFC plus réalistes des volumes de feu quantifiés en phase 3.

➤ **Etude de sensibilité et d'incertitude, synthèse des résultats (Phase 4)**

Cette ultime phase de l'EPS incendie consiste à :

- Identifier les incertitudes affectant les mesures de contributions au risque incendie.
- Évaluer et analyser l'impact de ces incertitudes sur les quantifications de contributions au risque.

❖ Enseignements des études

L'EPS Incendie met en évidence la contribution prépondérante du Bâtiment Electrique au risque de fusion du cœur à la suite d'un incendie, lorsque le réacteur est en puissance. En effet, dans certaines situations, un incendie dans le Bâtiment Electrique pourrait engendrer la perte de la voie électrique A et des alimentations électriques externes. Toutefois, la redondance des voies électriques et de leurs alimentations électriques internes (diesels), la protection de portions de câbles (PNPE1258 et PNPE1277) ainsi que la mise en œuvre des dispositions Noyau Dur mises en place dans le cadre du 4^{ème} réexamen périodique du Palier permettent de réduire ce risque.

La famille de scénarios prépondérants mise en évidence par l'EPS incendie 900 correspond à un départ de feu agressant le contrôle-commande des Soupapes de Décharge du Pressuriseur générant une ouverture intempestive des tandems de soupapes SEBIM. Une modification matérielle déployée dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permet de parer à ce risque d'ouverture intempestive des SDP suite à un incendie dans les états RRA non connecté (PNPE1216).

Par ailleurs, les volumes de feu sensibles du Bâtiment Electrique ont fait l'objet d'un courrier managérial à destination des directeurs des CNPE. Ce courrier demande d'apporter une attention particulière aux enjeux sûreté portés par ces locaux.

L'EPS incendie multivolume a mis en évidence l'importance de la sectorisation et de la détection incendie pour la gestion de l'incendie et la maîtrise de sa propagation.

Le risque de fusion du cœur estimé pour cette agression est de l'ordre de quelques 10^{-6} / année.réacteur.

❖ Réponse à la prescription [AGR-E-I]

En application de la prescription [AGR-E-I], EDF a défini et mis en œuvre des dispositions d'exploitation adaptées, qui intègrent des actions de maîtrise des charges calorifiques et de maîtrise des travaux pouvant occasionner un départ de feu, dans les locaux suivants :

- Les locaux pour lesquels un incendie contribue significativement au risque de fusion du cœur ou de découverture des assemblages dans la piscine d'entreposage du combustible ;
- Les locaux dont la sectorisation est assurée par, au moins, une porte dont la position ouverte lors d'un incendie conduit à une augmentation significative du risque de fusion du cœur ou à la perte des moyens redondants d'appoint en eau ou des moyens de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible.

2.2.2.2 *EPS Explosion interne*

EDF a réalisé une analyse probabiliste du risque Explosion Interne basée sur l'évaluation de la fréquence de formation d'une atmosphère explosive (ATEX) consécutivement à une fuite au niveau des singularités démontables présentes sur les circuits hydrogénés de l'installation. Cette analyse est complétée par une évaluation des conséquences de l'explosion sur l'installation.

❖ Méthodologie

La démarche mise en œuvre par EDF est innovante, compte tenu de l'absence d'analyse probabiliste d'Explosion Interne et de guide méthodologique détaillé à l'international.

L'analyse couvre l'ensemble des zones présentant un risque de formation d'atmosphère explosive suite à un dégagement d'hydrogène dont l'explosion peut avoir des conséquences sur la sûreté de l'installation.

Ces zones sont les suivantes :

- Les locaux du BAN et BW abritant des circuits hydrogénés avec des singularités démontables (vannes, clapets, trous d'homme, instrumentation de mesure, etc.).

- Les locaux abritant des procédés générateurs d'hydrogène (locaux batteries).
- La salle des machines.

La méthodologie développée permet d'évaluer en cohérence avec la chronologie de l'agression, la fréquence de formation d'une Atmosphère Explosive (ATEX) et sa probabilité d'ignition, puis d'en déduire grâce à l'analyse des conséquences sur l'installation le risque de fusion du cœur induit.

➤ **Evaluation de la fréquence de formation d'une atmosphère explosive (ATEX)**

Pour chaque local, l'évaluation de la fréquence de formation d'une ATEX repose sur l'identification des scénarios susceptibles de conduire à une concentration d'hydrogène supérieure à la Limite Inférieure d'Explosivité (prise égale à 4 % d'hydrogène) en considérant :

- Les événements de type erreur humaine ou défaillance matérielle pouvant être à l'origine de la formation d'une ATEX.
- Les moyens de mitigation prévus pour prévenir la formation de l'ATEX : ventilation, vannes d'isolement, clapets anti-retour, actions humaines.

➤ **Calcul de la probabilité d'ignition de cette ATEX**

Pour les situations où la durée de persistance de l'ATEX est limitée dans le temps, la probabilité d'ignition de l'ATEX est évaluée en valorisant des calculs de dispersion 3D du nuage d'hydrogène dans le local.

➤ **Analyse des conséquences de l'explosion sur les installations**

Cette étape s'appuie sur l'identification préalable des locaux potentiellement impactés par la surpression induite par l'explosion en faisant l'hypothèse simplifiée et très conservatrice que l'ensemble des matériels contenus dans ces locaux est perdu. Une analyse fonctionnelle permet ensuite de faire le lien entre les matériels supposés perdus et :

- Les scénarios accidentels induits par ces pertes (appelés initiateurs induits).

- Les systèmes de sauvegarde rendus indisponibles suite à l'explosion.

Enfin, les actions opérateurs post-accidentelles (actions en local par exemple) sont analysées et leur probabilité de défaillance est quantifiée de façon pénalisante au regard du contexte dégradé suite à l'explosion. Pour chaque local pouvant être le siège d'une ATEX, le risque de fusion du cœur conditionnel à l'explosion est alors déterminé en retenant, pour chaque état de la chaudière, le scénario induit par l'explosion menant à la fréquence de fusion du cœur la plus élevée.

➤ **Remontage global du Risque de Fusion du Cœur**

Le remontage global du risque pour l'ensemble des locaux de l'installation est évalué en faisant la somme de la contribution au risque de fusion du cœur de tous les scénarios retenus pour chaque local. Il permet d'évaluer le Risque Total de Fusion du cœur induit par l'agression Explosion Interne.

➤ **Approche proportionnée aux enjeux**

Conformément à la demande réglementaire (article 1.1 de l'arrêté du 7 février 2012 modifié) une approche proportionnée aux risques a été mise en œuvre. Par conséquent, la déclinaison complète ou partielle de cette démarche est adaptée suivant les cas. Ainsi, pour la salle des machines, la probabilité d'explosion est directement évaluée à partir du retour d'expérience. Pour les locaux avec batteries, aucune probabilité d'ignition de l'ATEX n'est valorisée : tout scénario d'ATEX est de manière conservative associé à une explosion de manière certaine.

❖ **Enseignements des études**

Les résultats obtenus montrent que le risque lié à l'Explosion Interne est maîtrisé, le risque de fusion du cœur est de l'ordre de quelques 10^{-6} / année.réacteur.

A la lumière du risque porté par les locaux batteries situés dans le BL, il a été décidé de déployer une modification visant à éviter l'accumulation d'hydrogène dans les locaux batteries (PNPE1330). En particulier pour le local L311, il est prévu l'installation d'un Recombineur Autocatalytique Passif

(RAP).

2.2.2.3 EPS Inondation interne

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a réalisé une EPS Inondation Interne de niveau 1 en adéquation avec les pratiques internationales.

❖ **Méthodologie**

La démarche adoptée pour l'EPS Inondation Interne pour le Palier CPY est fondée sur les préconisations du guide EPRI 1019194 « *Guidelines for Performance of Internal Flooding Probabilistic Risk Assessment* » de décembre 2009. Cette méthodologie est cohérente avec la pratique internationale. Elle se décline en deux phases :

➤ **Evaluation Qualitative (Phase 1)**

Dans un premier temps, le CNPE du Tricastin est sélectionné comme site de référence représentatif du Palier CPY pour l'étude d'inondation interne. Plus particulièrement, la tranche 1 est celle retenue pour l'évaluation. Des Zones d'Inondation Interne (ZII) sont définies en fonction des interfaces présentes entre les locaux. Chaque Zone d'Inondation Interne est séparée de ses voisines par des barrières physiques limitant la propagation de l'eau. Au sein de ces zones sont recensées les différentes sources potentielles d'inondation, les matériels cibles, ainsi que les différents moyens de propagation de l'inondation hors de cette zone. Une inspection détaillée sur site est également réalisée pour compléter les informations précédemment collectées.

A l'issue de cette phase, une sélection qualitative des zones et des sources d'inondation interne est finalement réalisée, afin d'exclure du périmètre de l'étude les sources n'ayant aucun impact sur la sûreté de la tranche.

➤ **Evaluation Quantitative (Phase 2)**

Lors de cette phase, les scénarios d'inondation interne sont caractérisés en fonction de la zone agresseur, de la source et du débit d'inondation.

L'impact fonctionnel d'un scénario d'inondation sur la tranche étudiée est déterminé en identifiant les initiateurs potentiellement induits ainsi que les matériels rendus indisponibles par l'agression. Pour cela, des calculs de bilan massique entre le débit entrant dans une zone et les débits d'évacuation vers les autres zones permettent d'établir la hauteur d'eau atteinte par l'inondation et donc les matériels impactés.

Les fréquences d'inondation sont ensuite calculées pour chaque scénario précédemment caractérisé en considérant, d'une part, l'occurrence de brèches et, d'autre part, les erreurs humaines pré-accidentelles (maintenance, erreurs de lignage) comme causes potentielles d'inondation interne.

La pénalisation de la conduite post-accidentelle est également prise en compte lorsque nécessaire. De plus, des actions humaines d'isolement de l'inondation peuvent être valorisées au cas par cas, lorsque cela est pertinent.

A l'issue de cette phase, chaque scénario d'inondation interne engendrant un initiateur est modélisé et les transitoires associés sont évalués afin d'estimer le risque de fusion du cœur à la suite d'une inondation interne.

➤ **Enseignements des études**

L'EPS Inondation Interne met en évidence la contribution prépondérante du Bâtiment Electrique au risque de fusion du cœur à la suite d'une inondation interne, lorsque le réacteur est en puissance. En effet, dans certaines situations, une inondation dans le Bâtiment Electrique pourrait engendrer la perte de la voie A électrique et des alimentations électriques externes. La redondance des voies électriques et de leurs alimentations électriques internes (diesels) ainsi que la mise en œuvre des dispositions « Noyau Dur » mises en place dans le cadre du 4^{ème} réexamen de sûreté du Palier 900 MWe permettent de réduire significativement ce risque.

En outre, les enseignements des EPS inondation interne du Palier CPY ont mené à la mise en place de la modification « Protection inondation interne des locaux voie B au plancher 4 du Bâtiment Electrique – siphon de sol » (PNPE1279). Cette modification vise à prévenir une accumulation de l'eau dans les locaux de la voie B au plancher 4 du Bâtiment Electrique, lorsque l'inondation provient des locaux voie A. De plus, l'étanchéité des trémies de plancher des casemates ARE-VVP a été vérifiée pour une hauteur d'eau de 50 cm, et permet de prévenir toute propagation vers les locaux inférieurs, pour une inondation prenant source dans ces locaux.

La mise en œuvre de cette modification, ainsi que le déploiement des dispositions Noyau Dur dans le cadre du 4^{ème} RP 900, permettent de réduire significativement le risque de fusion du cœur, qui est alors de l'ordre de 10^{-6} /année.réacteur.

2.2.2.4 EPS Inondation externe

L'EPS inondation externe est développée et appliquée pour la première fois sur le parc en exploitation en 4^{ème} RP 900, et constitue donc une innovation technique dans le domaine des EPS sur le parc français.

❖ Méthodologie

L'EPS inondation externe du Palier CPY est réalisée pour chacune des tranches sensibles à l'agression sauf à justifier du caractère représentatif de certaines tranches, pour tous les bâtiments et tous les états de fonctionnement, combustible en cuve. La démarche générale d'analyse envisagée pour l'étude de la crue fluviale comporte 3 étapes :

- Etape 1 « *caractérisation de l'aléa* » - Les échantillons de mesure de débit pour chaque CNPE sont disponibles sur une durée de l'ordre de 100 ans. La représentativité des extrapolations statistiques à partir de ces jeux de données jusqu'à des valeurs de crue millénale est utilisée en considérant un intervalle de confiance à 70 % pour prendre en compte les incertitudes. Au-delà de ces niveaux de retour, les incertitudes sont trop importantes pour s'assurer de la pertinence des débits extrapolés et donc pour construire un spectre continu d'aléa. C'est pourquoi cette analyse probabiliste vise à fixer les ordres de grandeur du risque associé à la crue, en définissant l'aléa à l'aide des fréquences associées aux niveaux de crue retenus pour le dimensionnement des protections du site.
- Etape 2 « *modélisation des séquences* » - Pour chacun des scénarios d'inondation identifiés, les pertes d'équipements sont analysées afin d'identifier les initiateurs du modèle événements internes susceptibles d'être générés par l'arrivée d'eau ainsi que les pertes potentielles des parades nécessaires pour maîtriser les conséquences de ces initiateurs. Les actions humaines de prévention (mise en œuvre des dispositions de protections prévues au titre des Règles Particulières de Conduite) sont prises en compte et la fiabilité humaine est quantifiée avec un facteur de réussite de l'ordre de 1, au regard de la prédictibilité de l'événement. Enfin, les actions opérateurs post-accidentelles (actions en local par exemple) sont également analysées et la probabilité de défaillance est quantifiée au regard des niveaux d'eau sur le site et des conséquences matérielles in situ.
- Etape 3 « quantification du risque » - L'ordre de grandeur du risque de fusion du cœur est ensuite quantifié.

❖ Enseignements des études

Les résultats de l'EPS inondation externe, et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentées dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte tenu de leur caractère site-dépendant.

2.2.2.5 EPS Séisme

Dans le cadre de la poursuite du fonctionnement après 40 ans, EDF s'est engagé à compléter l'approche « *historique* » de la démonstration de sûreté vis-à-vis du séisme par une analyse de robustesse en considérant notamment des niveaux de séisme allant significativement au-delà du niveau de dimensionnement. Cette évaluation complémentaire de robustesse au séisme est établie au moyen d'Etudes Probabilistes de Sûreté (EPS) au séisme, déployées de façon adaptée et progressive sur l'ensemble du Palier CPY.

❖ Méthodologie

Le programme d'évaluation du risque sismique du Palier CPY s'appuie sur une démarche graduée à l'échelle du Palier, qui tient compte de la conception standardisée, et qui permet d'adapter le niveau de détail de l'étude de chaque site à l'importance du risque.

- Sur les installations du Tricastin et Chinon des études EPS séisme complètes, conformes aux pratiques internationales sont réalisées (étude de type 1), ces sites étant considérés les plus éligibles à l'analyse probabiliste détaillée. Les développements et les enseignements de ces études sont utilisés pour orienter les évaluations de risque sismique sur les autres installations du Palier CPY.

La démarche adoptée pour l'EPS séisme de type 1 comprend les principales étapes suivantes :

- a) L'étude d'aléa sismique : il s'agit, pour le site considéré, de déterminer les fréquences d'occurrence d'événements sismiques en fonction d'un paramètre représentatif de leur intensité (typiquement, en fonction de l'accélération maximale au sol appelée PGA).

- b) L'analyse système et l'analyse fonctionnelle : il s'agit d'identifier et de modéliser les défaillances, susceptibles d'initier une séquence accidentelle suite à un séisme, et les Structures, Systèmes et Composants (SSC) participant à la mitigation de ces séquences. Cette analyse se traduit par :
- L'établissement de la Seismic Equipment List (SEL), liste des SSC qui contribuent de façon non négligeable au risque.
 - Une phase de sélection des initiateurs.
 - Une phase d'analyse fonctionnelle des séquences accidentelles, conduisant au développement du modèle EPS Séisme.
- c) L'établissement des courbes de fragilités des items de la SEL : il s'agit d'établir, pour chaque SSC présent dans la SEL, la courbe de fragilité qui fournit la probabilité conditionnelle de sa défaillance en fonction du niveau sismique au sol. Les courbes de fragilité sismique sont évaluées selon la pratique internationale. Cette étape s'appuie notamment sur une inspection sismique des items de la SEL et une évaluation probabiliste du chargement sismique appliqué aux SSC.
- d) La quantification du risque : il s'agit de combiner les résultats de l'étude d'aléa sismique, de l'analyse système et de l'analyse fonctionnelle, ainsi que des courbes de fragilités pour estimer les fréquences de fusion du cœur, de découverture du combustible en piscine combustible et de rejets induits par un séisme.
- Sur les autres sites du Palier CPY dont la couverture du risque sismique par celui d'un autre site ne peut être démontrée a priori (existence de spécificités de site), des études EPS séisme sont également réalisées à partir des éléments des EPS séisme du site du Tricastin et de Chinon. Ces études EPS séisme (études de type 2) sont réalisées en cohérence avec les pratiques internationales et avec le même niveau de détail qu'une étude de type 1, mais leur mise en œuvre bénéficie du retour d'expérience et des développements réalisés pour les études EPS séisme de Chinon et Tricastin (type 1) du Palier CPY.

Pour les sites du Palier CPY pour lesquels un risque sismique faible est attendu compte tenu de leur sismicité, la réalisation d'une EPS séisme complète, avec une identification spécifique des principaux contributeurs au risque, n'est pas justifiée par rapport aux enjeux. Une étude simplifiée permettant d'évaluer une valeur représentative du risque sismique de l'installation (étude de type 3) est déduite des enseignements des autres EPS séisme du Palier CPY, afin de démontrer le caractère acceptable de ce risque.

❖ Enseignements des études

Les résultats de l'EPS séisme, et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentées dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte tenu de leur caractère site-dépendant.

2.2.2.6 Remontage global EPS

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique du Palier 900 MWe, EDF s'est fixée comme objectif de faire tendre le risque de fusion du cœur toutes causes confondues, c'est-à-dire en incluant l'ensemble des initiateurs (initiateurs internes chaudière, initiateurs engendrés par des agressions internes comme externes), vers l'objectif des réacteurs nucléaires de troisième génération. A ce titre, EDF s'est fixé de viser un risque de fusion du cœur toutes causes confondues de quelques 10^{-5} / année.réacteur.

Les modifications engagées lors de ce réexamen et la mise en place d'un Noyau Dur pour prévenir et contrôler des situations « *Noyau Dur* », telles que prescrites dans les décisions ASN émises en 2014 suite à l'accident de Fukushima, permettent de répondre à cet objectif.

Les évaluations probabilistes réalisées permettent par ailleurs de valider la pertinence des modifications proposées dans le cadre du réexamen périodique (ex : fiabilisation des soupapes du pressuriseur, PNPE1216) et d'optimiser leur impact dans certains cas (conduite H3, fiabilisation des ventilations).

Au terme de ce travail, les évaluations probabilistes réalisées du Palier CPY aboutissent à une estimation du risque de fusion du cœur à l'issue du quatrième réexamen périodique de l'ordre de quelques 10^{-5} / année.réacteur. Les contributeurs principaux à ce remontage sont les incendies survenant dans le Bâtiment Electrique.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

➤ **Enseignements EPS Inondation externe**

Une analyse probabiliste du risque de surcote a été menée à Gravelines. L'ordre de grandeur du risque calculé de fusion du cœur suite à une surcote sur une tranche représentative de Gravelines est de l'ordre de $9 \cdot 10^{-6}$ / année.réacteur. Concernant les scénarios identifiés à partir des niveaux de crue retenus pour le dimensionnement des protections du site l'analyse conclut que la grande majorité du risque calculé est portée par le scénario de dépassement du niveau Post-Fukushima qui correspond au dépassement des protections périphériques.

L'intégration des dispositions Post-Fukushima (réhausse de la protection périphérique et dispositions Noyau Dur) dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permet de rendre peu probables les scénarios de fusion du cœur pour des niveaux inférieurs au niveau Post-Fukushima, du fait de la protection du Noyau Dur pour assurer les fonctions de sûreté de la tranche jusqu'à ces niveaux. L'étude confirme l'efficacité des consignes mises en place vis-à-vis des niveaux marins extrêmes (notamment la Règle Particulière de Conduite).

Une analyse probabiliste du risque associé à l'inondation induite par la rupture d'une tuyauterie du circuit d'eau de circulation CRF en salle des machines a par ailleurs été réalisée pour le site de Gravelines. Le risque de propagation d'une inondation externe vers les bâtiments contenant des équipements nécessaires à l'atteinte et au maintien de l'état sûr des tranches est résiduel, mettant en évidence l'efficacité des dispositions mises en place.

➤ **Enseignements EPS Séisme**

L'étude EPS Séisme de Gravelines est une étude de type 2 réalisée par adaptation d'une étude EPS Séisme de référence et prenant en compte les spécificités de site (aléa sismique, conditions de sol, Systèmes, Structures, Composants (SSC) spécifiques). Dans le cas de Gravelines, l'EPS Séisme de référence est l'étude de Chinon.

L'EPS Séisme Chaudière Niveau 1 de Gravelines a permis d'établir les enseignements suivants :

- La fréquence moyenne estimée de fusion du cœur suite à un séisme sur une tranche représentative de Gravelines est de l'ordre de 8.10^{-7} / année réacteur pour une fenêtre de scrutation correspondant à une période de retour de 150 000 ans.
- Ce risque est porté à près de 70 % par des accélérations sismiques supérieures à celle du Séisme Noyau Dur (SND) de Gravelines (0,41 g).
- L'analyse des contributeurs au risque ne fait pas apparaître de poids prépondérant de l'un d'entre eux. L'absence des bâches à fioul parmi les contributeurs significatifs au risque confirme le bien-fondé des renforcements de ces équipements (PNPE1238).

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1277 tome A « Protection incendie de câbles du coffret d'alimentation de secours LNE ».
- PNPE1277 tome C « Protection incendie de câbles commande fermeture vanne d'admission de la TP ASG ».
- PNPE1216 « Modification sur la chaîne de commande des soupapes SEBIM pour éviter tout risque d'ouverture intempestive en cas d'incendie dans les locaux électriques ».
- PNPE1279 « Protection inondation interne des locaux voie B au plancher 4 du Bâtiment Electrique – siphon de sol ».
- PNPE1330 Tome A « Ajout d'un Recombineur Autocatalytique Passif (RAP) local batterie ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires des modifications ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNPE1277 Tome B « Protection incendie de câbles SFS dans les locaux électriques »

- PNPE1277 tome D « Protection de la commande de fermeture de la vanne d'admission de la TP ASG avec l'installation d'une commande en Salle de Commande ».
- PNPE1258 hors tome J « Mise en place du dispositif ASG-ND et ligne fixe de réalimentation de la piscine d'entreposage du combustible par SEG ».
- PNPE1238 « Augmentation de la tenue au séisme des bâches à fioul pour les séismes supérieurs au SMS par ajout de butées longitudinales ».
- PNPE1330 Tome B « Maintien de l'extraction H2 en cas de pertes sources LBi »

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

2.3 Conclusion

La réponse aux objectifs relatifs aux agressions repose sur deux volets complémentaires, le volet déterministe et le volet probabiliste.

Les études déterministes permettent de réévaluer les exigences de dimensionnement des installations pour tenir compte notamment de l'état de l'installation, du REX d'exploitation, de l'évolution des connaissances, dont celles sur le changement climatique et ses effets, et des règles applicables aux installations similaires. EDF a également pris en compte les niveaux de référence WENRA (aggravant, délai opérateur) et a mis en place une veille climatique.

Cette approche a permis de définir les éventuelles dispositions pour se protéger contre les agressions consistant à minimiser les risques de mode commun sur les systèmes nécessaires au retour et au maintien à l'état sûr et à assurer l'acceptabilité des conséquences radiologiques de ces agressions.

EDF répond ainsi à l'occasion du 4^{ème} RP 900 aux exigences de sûreté pour les études des agressions au niveau des standards européens les plus avancés pour les réacteurs existants.

Les études probabilistes de sûreté, incluant les agressions, ont permis de vérifier la robustesse des installations en estimant un risque de fusion du cœur de l'ordre de quelques 10⁻⁵ / année.réacteur.

Des études complémentaires ont été et seront encore réalisées en réponse aux prescriptions émises par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

SECTION 3 : PISCINE COMBUSTIBLE

SOMMAIRE SECTION 3

SECTION 3 : PISCINE COMBUSTIBLE	306
3.1 Objectif	309
3.2 Réponse à l'objectif	309
3.3 Conclusion.....	323

SECTION 3 : PISCINE COMBUSTIBLE

Le thème « *sûreté de l'entreposage des assemblages de combustible en piscine du bâtiment combustible (piscine combustible)* » du 4^{ème} RP 900 porte sur le risque de découverture des assemblages en piscine combustible pour les situations de perte de refroidissement ou de perte d'inventaire en eau par vidange accidentelle.

L'amélioration de la sûreté de l'entreposage en piscine combustible a fait l'objet de plusieurs Groupes Permanents (notamment les Groupes Permanents Réacteur de novembre 2002 et avril 2005), qui ont donné lieu à l'examen de ce thème sur les Paliers 900 MWe et 1300 MWe à l'occasion des 3^{ème} RP, et sur le Palier N4 à l'occasion du 1^{er} RP.

Plusieurs modifications issues de l'examen de ce thème sont déjà intégrées sur les tranches du Palier CPY :

- Arrêt automatique des pompes PTR et isolement automatique de la ligne d'aspiration PTR sur atteinte du niveau très bas en piscine combustible (PNXX1752 et PNPP1402).
- Création d'une mesure analogique du niveau d'eau de la piscine combustible (PNXX1752).
- Motorisation de la vanne du tube de transfert (PNPP1403).
- Mise en place d'un second joint statique sur le batardeau de la piscine du bâtiment réacteur (PNPP1401).
- Ajout d'une nouvelle chaîne de mesure de pression des accumulateurs RIS (PNPP1474).
- Redimensionnement du casse-siphon de la ligne de refoulement PTR pour interrompre une vidange par siphonage initiée par une rupture guillotine de cette ligne (PNPP1289).

Par ailleurs, faisant suite à l'accident de Fukushima, des moyens matériels et organisationnels complémentaires mis en œuvre dans le cadre du programme Post-Fukushima d'EDF ([cf. Volet 1 – Chapitre 2 – Section 7](#)) permettent de renforcer la prévention du découverture des assemblages de combustible. Les principales modifications sont les suivantes :

- Installation d'un Diesel d'Ultime Secours (DUS) (PNPP1666) permettant de réalimenter les mesures de niveau Tout Ou Rien (TOR) de la piscine combustible.
- Mise en place d'un appoint permettant de réalimenter en eau la piscine combustible par la Source d'eau de l'appoint Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258).
- Renforcement des chaînes des mesures de niveau Tout ou Rien (TOR) de la piscine combustible (PNPP1679 et PNPP1907), ajout d'une chaîne de mesure de

niveau analogique de la piscine combustible (PNPP1824) et de mesures de niveau Tout ou Rien de la piscine du bâtiment réacteur (PNPE1128).

- Mise en place d'un automatisme de fermeture des vannes situées sur les lignes de filtration de la piscine du bâtiment réacteur sur atteinte d'un niveau bas en piscine du bâtiment réacteur (PNPP1780).
- Mise en place de commandes de secours permettant la mise en position sûre des Assemblages de Combustible En cours de Manutention (ACEM) en situation de perte totale des alimentations électriques (PNPP1549).

3.1 **Objectif**

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF s'est fixé comme objectif de sûreté de rendre extrêmement improbable le découvrement des assemblages de combustible lors de vidanges accidentelles et de perte de refroidissement.

3.2 **Réponse à l'objectif**

Partie générique Palier

❖ Initiateurs intrinsèques à la piscine combustible

Les études relatives à la sûreté de l'entreposage en piscine combustible ont été introduites postérieurement à la conception, elles font ainsi partie des études du Domaine Complémentaire.

Les études de perte de refroidissement ont permis de vérifier le non découvrement des assemblages de combustible en piscine combustible pour l'ensemble des initiateurs retenus dans le cadre de la démonstration de sûreté.

La disposition complémentaire valorisée est la mise en service manuelle du système de protection incendie de l'îlot nucléaire (JPI) en configuration d'appoint à la piscine combustible. L'atteinte d'un état final stable après la mise en service manuelle d'un appoint à la piscine combustible est démontrée. Cet état stable est défini comme étant l'état dans lequel l'appoint permet de compenser l'évaporation.

Les études de vidanges accidentelles de la piscine combustible ont permis de vérifier le non découvrement des assemblages de combustible en piscine combustible, pour l'ensemble des initiateurs retenus dans le cadre de la démonstration de sûreté, grâce aux dispositions complémentaire suivantes :

- La fermeture de la vanne d'aspiration de la piscine combustible après atteinte du seuil « *niveau très bas* », ce qui permet l'arrêt de la vidange (PNPP1402).

- La mise en service manuelle du système de protection incendie de l'îlot nucléaire (JPI) en configuration d'appoint à la piscine combustible, ce qui permet la compensation de la baisse de niveau par évaporation.

Par ailleurs, à l'issue des revues de conformité des systèmes ([cf. Volet I – Chapitre 1 – Section 4](#)), EDF a introduit au Domaine Complémentaire les scénarios de vidanges de la piscine combustible initiées côté BR. Pour traiter ces scénarios, la modification consistant à renforcer la vanne du tube de transfert pour garantir la fermeture de cette vanne sous débit est mise en œuvre (PNRL1895).

L'état stable est défini comme étant l'état où la vidange est interrompue et dans lequel l'appoint permet de compenser l'évaporation.

❖ **EPS Evénements Internes Niveau 1 BK**

EDF a réalisé des études probabilistes de sûreté événements internes de niveau 1 (EPS EI N1) pour évaluer les risques de découverture des assemblages de combustible sous eau en piscine combustible (pour tous les états de tranche) liés :

- Aux scénarios de perte de refroidissement de la piscine combustible.
- Aux vidanges rapides de la piscine combustible.

La présente étude probabiliste des risques associés aux scénarios de vidange rapide de la piscine combustible intègre les suites du GPR du 21 avril 2005 centré sur la fiabilité du système PTR et les retombées de l'instruction du 3^{ème} RP 1300. Elle est ainsi complétée par :

- L'exhaustivité des initiateurs étudiés dans le modèle EPS qui s'est accrue en termes de trajet et de moteur de vidange pour les scénarios inhérents à des erreurs de lignage.
- De nouveaux scénarios de ruptures de tuyauteries.

Pour les pertes de refroidissement de la piscine combustible, la probabilité de découverture des assemblages de combustible est inférieure à 10^{-8} / année.réacteur. Le dispositif essentiel concourant à ce résultat est l'appoint en eau déminéralisée (SED) puis en eau incendie (JPI).

L'étude probabiliste de vidanges accidentelles de la piscine combustible conduit à une probabilité de découverture des assemblages de combustible de quelques 10^{-9} / année.réacteur. La modification matérielle permettant la fermeture automatique de la vanne d'aspiration du circuit PTR de la piscine combustible sur le signal « *niveau très bas* » piscine combustible (PNPP1402), participe de façon significative à la réduction du risque de découverture des assemblages de combustible.

Ces études probabilistes permettent de vérifier, en complément d'une approche déterministe, que le risque de découverture des assemblages de combustible vis-à-vis des vidanges accidentelles et des pertes de refroidissement de la piscine combustible est extrêmement improbable, grâce aux moyens de protection existants.

❖ Résistance aux agressions

➤ Volet déterministe

En complément aux études d'initiateurs intrinsèques au Bâtiment Combustible, les vérifications réalisées dans le cadre du 4^{ème} RP 900 sur la thématique « *sûreté de l'entreposage du combustible utilisé en piscine combustible* » concernent les volets suivants :

- Vérification de non découverture des assemblages de combustible vis-à-vis des agressions des systèmes permettant l'évacuation de la puissance résiduelle et le maintien de l'inventaire en eau de la piscine combustible.
- Prise en compte du retour d'expérience post-sismique international par l'intégration du REX Kashiwazaki-Kariwa (cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 2](#) - § 2.2.1.5).
- Prise en compte de la chute d'aéronefs de l'aviation générale sur le bâtiment combustible (cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 2](#)).
- Réalisation d'un éclairage probabiliste sur les agressions, ce qui constitue le meilleur niveau des standards internationaux sur ce domaine.

EDF a vérifié, sur le Palier CPY, la robustesse des systèmes permettant l'évacuation de la puissance résiduelle et le maintien de l'inventaire en eau de la piscine combustible aux agressions incendie, inondation interne, défaillances de tuyauteries, explosion interne, séisme et chute de charge lourde.

Pour le cas de l'incendie, EDF retient de séparer par un écran thermique les pompes PTR (séparation physique des voies de refroidissement PTR – PNPP1949) afin de s'affranchir du risque de propagation d'un incendie d'une pompe PTR à l'autre, mais également d'un risque d'agression des câbles d'alimentation des deux voies. En dehors du local des pompes, les câbles d'alimentation des deux pompes circulent systématiquement dans des volumes de feu différents, permettant ainsi de s'affranchir d'une situation de risque de mode commun.

Pour les scénarios d'explosion conduisant à une perte du refroidissement PTR et de l'appoint JPI, l'appoint à la piscine du bâtiment combustible (BK) par la Source d'eau de l'appoint Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258, cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#)) est valorisé afin d'éviter le découvrement des assemblages de combustible présents en piscine.

Afin de protéger les tuyauteries d'appoint Noyau Dur et de refroidissement par PTR bis de la piscine BK, ainsi que les tuyauteries de refroidissement normal par PTR, EDF met en œuvre un renforcement d'une trémie dans le BK pour assurer sa robustesse à une chute de charge (PNPE1443).

➤ Volet probabiliste

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a étendu le périmètre des EPS BK au domaine des agressions internes et externes, à enjeu, et quantifiables par l'approche de type EPS. La démarche générale d'analyse est présentée au Volet I - Chapitre 2 - Section 2 - § 2.2.2 relatif aux études probabilistes de sûreté « *agressions* » liées à la chaudière.

L'éclairage probabiliste du risque associé au découvrement des assemblages de combustible permet de conforter la démonstration de robustesse de l'installation vis-à-vis des agressions :

- Incendie : le risque de découvrement des assemblages de combustible en piscine combustible est évalué à quelques 10^{-8} / année.réacteur en cas d'incendie.
- Inondation interne : les études menées concluent à un risque de découvrement des assemblages de combustible de quelques 10^{-10} / année.réacteur en valorisant les appoints classiques ou ultimes voire les appoints complémentaires.
- Explosion interne : l'analyse couvre l'ensemble des zones présentant un risque de formation d'atmosphère explosive suite à un dégagement d'hydrogène dont l'explosion peut avoir des conséquences sur la sûreté de l'installation et notamment dans le bâtiment combustible (BK). La fréquence de découvrement des assemblages de combustible est de l'ordre de 10^{-8} / année.réacteur.
- Inondation externe et séisme : les résultats de ces EPS, et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentées dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte tenu de leur caractère site-dépendant.

➤ Etudes complémentaires

Par ailleurs, en application des prescriptions émises par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF mène des compléments d'études sur les deux thématiques suivantes :

[AGR-E-I] (Partie relative à la piscine d'entreposage du combustible) :

EDF a défini et mis en œuvre des dispositions d'exploitation adaptées, qui intègrent des actions de maîtrise des charges calorifiques et de maîtrise des travaux pouvant occasionner un départ de feu, dans les locaux suivants :

- Les locaux pour lesquels un incendie contribue significativement au risque de fusion du cœur ou de découverture des assemblages dans la piscine d'entreposage du combustible ;
- Les locaux dont la sectorisation est assurée par, au moins, une porte dont la position ouverte lors d'un incendie conduit à une augmentation significative du risque de fusion du cœur ou à la perte des moyens redondants d'appoint en eau ou des moyens de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible.

[AGR-E-II] (Partie relative à la piscine d'entreposage du combustible) :

EDF identifiera, indépendamment de leur fiabilité, les dispositions de protection contre l'incendie dont la défaillance conduit à une augmentation significative du risque de fusion du cœur ou à la perte des moyens redondants d'appoint en eau ou des moyens de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible. EDF mettra en œuvre des moyens permettant de réduire le risque de défaillance de ces dispositions et définira les exigences d'exploitation associées à ces moyens.

Enfin, pour le cas de l'explosion interne, des compléments d'études relatifs à la piscine du bâtiment combustible ont été menés au titre de la prescription [AGR-E-II] (voir Volet I – Chapitre 2 – Section 2 - § 2.2.1.2).

❖ **Evaluation du comportement du Palier CPY aux transitoires retenus pour l'EPR Flamanville 3**

EDF a évalué l'impact des initiateurs retenus pour la conception de l'EPR Flamanville 3, mais absents à la conception du Parc en exploitation, sur le comportement des piscines combustible du Palier CPY.

Pour l'ensemble des conditions de fonctionnement de l'EPR Flamanville 3, les objectifs de sûreté sont atteints (non découvrément des assemblages de combustible entreposés ou manutentionnés) soit avec des règles de type « *Domaine de Dimensionnement* », soit avec des règles du Domaine Complémentaire.

Les transitoires :

- De perte d'un train de refroidissement PTR ou d'une fonction support, dans les états hors RCD et APR.
- De perte totale des alimentations électriques externes,

respectent les critères avec les règles de type « *Domaine de Dimensionnement* » : ces transitoires conduisent à la perte de refroidissement de la piscine combustible par le système PTR, mais la cinétique est suffisamment lente (l'autonomie de la piscine est supérieure à 72 heures) pour permettre la valorisation de l'ensemble des moyens d'intervention fixes ou mobiles, classés ou non classés, actuellement disponibles ou déployés dans le cadre du 4^{ème} RP 900. Pour le transitoire de perte totale des alimentations électriques externes en état RCD et APR, l'appoint en eau à la piscine combustible est réalisé par le JP de la tranche voisine.

En complément, pour les transitoires justifiés par une approche de type « *Domaine Complémentaire* », EDF a analysé si d'éventuelles dispositions matérielles ou opératoires pouvaient être mises en œuvre pour respecter les critères de sûreté en appliquant des règles d'études de type « *Domaine de Dimensionnement* ».

Pour le transitoire de perte d'un train de refroidissement PTR ou d'une fonction support en état RCD et APR, avec le tube de transfert isolé, une disposition consiste à faire évoluer les pratiques d'exploitation, en modifiant les prescriptions des Spécifications Techniques d'Exploitation (matériels dont la disponibilité est requise) applicables en état RCD et APR avec le tube de transfert isolé, et leur valorisation dans la conduite. La valorisation d'un second appoint en eau par SEG alimenté par le DUS sera réalisée.

Par ailleurs, pour le transitoire de rupture guillotine isolable sur la ligne d'aspiration du circuit PTR, EDF met en œuvre une modification matérielle (PNPE1344) visant à automatiser l'isolement de la vanne PTR 301 VB, vanne installée dans le cadre de la modification PTR bis, de manière à assurer une redondance avec l'isolement automatique de la vanne PTR 001 VB existante.

En réponse à la prescription [PISC-B-I], émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a intégré, dans un chapitre dédié du rapport de sûreté, les règles d'études associées à la démonstration de sûreté de la piscine d'entreposage du combustible ainsi que les situations d'incident ou d'accident retenues. Ce chapitre inclut les situations suivantes :

- Les situations de perte de refroidissement partielle ou totale de l'eau de la piscine d'entreposage du combustible.
- Les situations de rupture de tuyauterie sur un tronçon isolable connecté à la piscine d'entreposage du combustible.

EDF met en œuvre les modifications nécessaires (le doublement de l'automatisme d'isolement de la ligne d'aspiration de la piscine BK par les vannes PTR (PNPE1344) et l'appoint en eau Noyau Dur à la piscine d'entreposage du combustible (PNPP1714 et PNPE1258, cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#))).

En complément, en application de la prescription [PISC-B-II] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a réalisé l'étude des situations affectant la piscine du bâtiment du combustible, pouvant être induites par la défaillance, en cas de séisme, d'un équipement non classé sismique, en retenant les règles mentionnées dans la prescription [PISC-B-I]. Ces études ont permis de conclure qu'à l'état VD4 900 phase B, les parades actuellement disponibles sur l'installation sont suffisantes pour respecter l'état sûr.

❖ **Etudes des situations accidentelles en état d'Arrêt Pour Rechargement (APR)**

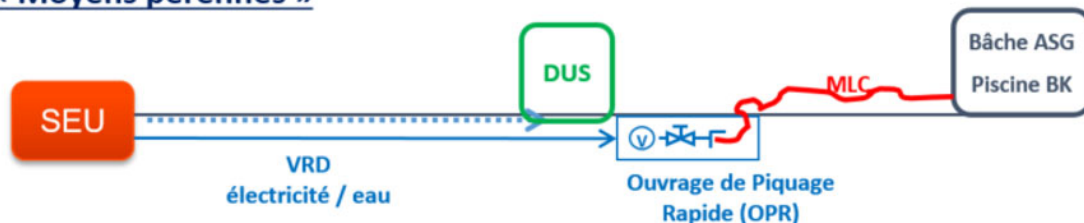
Dans le cadre de l'instruction GP bilan RP4 900, en application de la prescription [PISC-B-II], EDF a défini un calendrier pour la réalisation des études des situations de perte de refroidissement ou de vidange de la piscine du bâtiment du réacteur lorsque les deux piscines sont en communication via le tube de transfert, y compris lorsqu'un assemblage de combustible se trouve dans le tube de transfert, en retenant les règles mentionnées dans la prescription [PISC-B-I]. A l'issue de ces études, EDF définira les éventuelles modifications à mettre en œuvre au regard des enjeux pour la sûreté et le calendrier associé.

❖ **Evolutions du design des piscines combustible : appoint Noyau Dur et disposition PTR bis**

EDF met également en œuvre des dispositions matérielles qui augmentent ultérieurement la sûreté de la piscine du bâtiment combustible (BK) :

- L'appoint Noyau Dur à la piscine d'entreposage du combustible (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258, cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#)) qui permet de disposer d'un moyen supplémentaire pour l'appoint en eau à la piscine du bâtiment combustible (BK) :
 - Dans sa configuration post-Fukushima phase « *moyens pérennes* », le déploiement est porté par la modification PNPP1714/PNPE1289 : cette modification comporte la réalisation des liaisons Voirie Réseau Distribution (VRD) électriques jusqu'au DUS et VRD eau jusqu'à un ouvrage de piquage rapide. La liaison entre l'ouvrage de piquage rapide et la piscine d'entreposage du combustible s'effectue par des moyens locaux de crise.
 - Dans sa configuration « Noyau Dur », le déploiement est porté par la modification PNPE1258 (cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#)) : la source d'eau ultime est raccordée par des moyens fixes jusqu'aux utilisateurs par des liaisons VRD Noyau Dur Eau.

« Moyens pérennes »



« Moyens Noyau Dur »

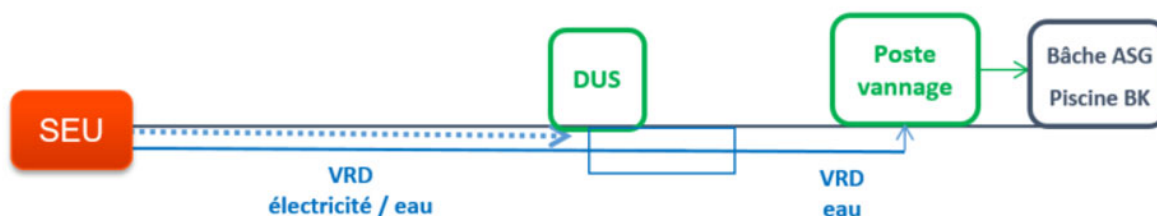


Schéma de principe de la disposition d'appoint Noyau Dur à la piscine d'entreposage du combustible

- Au-delà de l'objectif de sûreté de non découverture des assemblages de combustible, EDF met en place un moyen supplémentaire et diversifié dit « PTR bis » (PNPP1907) pour améliorer la gestion des situations de perte de refroidissement de la piscine combustible.

En fonctionnement normal, le refroidissement de la piscine combustible est assuré par le système PTR. La conduite accidentelle des situations de perte de refroidissement de la piscine combustible consiste à évacuer la puissance résiduelle des assemblages de combustible présents en piscine combustible par vaporisation de l'eau de la piscine. Les assemblages de combustible sont maintenus sous eau au moyen d'un appoint manuel à la piscine combustible assuré par le système de protection incendie de l'îlot nucléaire JPI, valorisé en tant que disposition complémentaire dans la démonstration de sûreté.

Le retour au refroidissement de la piscine combustible est réalisé par la remise en service d'une file de refroidissement PTR. La démonstration du bon fonctionnement et de la capacité du circuit PTR à démarrer avec une piscine en ébullition a été apportée dans le cadre du 3^{ème} RP 900.

L'ajout du dispositif « PTR bis » permet de disposer, en supplément des deux voies de refroidissement PTR, d'un moyen de résilience pour le retour au refroidissement de la piscine combustible, s'appuyant sur une source froide diversifiée. Ce type de disposition permet de rapprocher le design des réacteurs du Palier CPY de celui des réacteurs de type EPR de Flamanville 3.

Ce circuit de refroidissement supplémentaire s'appuie principalement sur des matériels mobiles qui sont acheminés sur site, lignés et mis en service par la Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN).

Ces matériels sont connectés à la piscine combustible par des tuyauteries installées en fixe et débouchant en façade de BK. L'ajout d'une vanne motorisée à l'aspiration et d'un clapet au refoulement du circuit de refroidissement PTR permet de renforcer la robustesse du maintien de l'inventaire en eau vis-à-vis de la prévention du risque de vidange accidentelle.

L'ensemble des matériels mobiles et de la logistique associée sont conçus de manière à simplifier le transport, le déploiement sur site, et permettre une mise en service rapide du système.

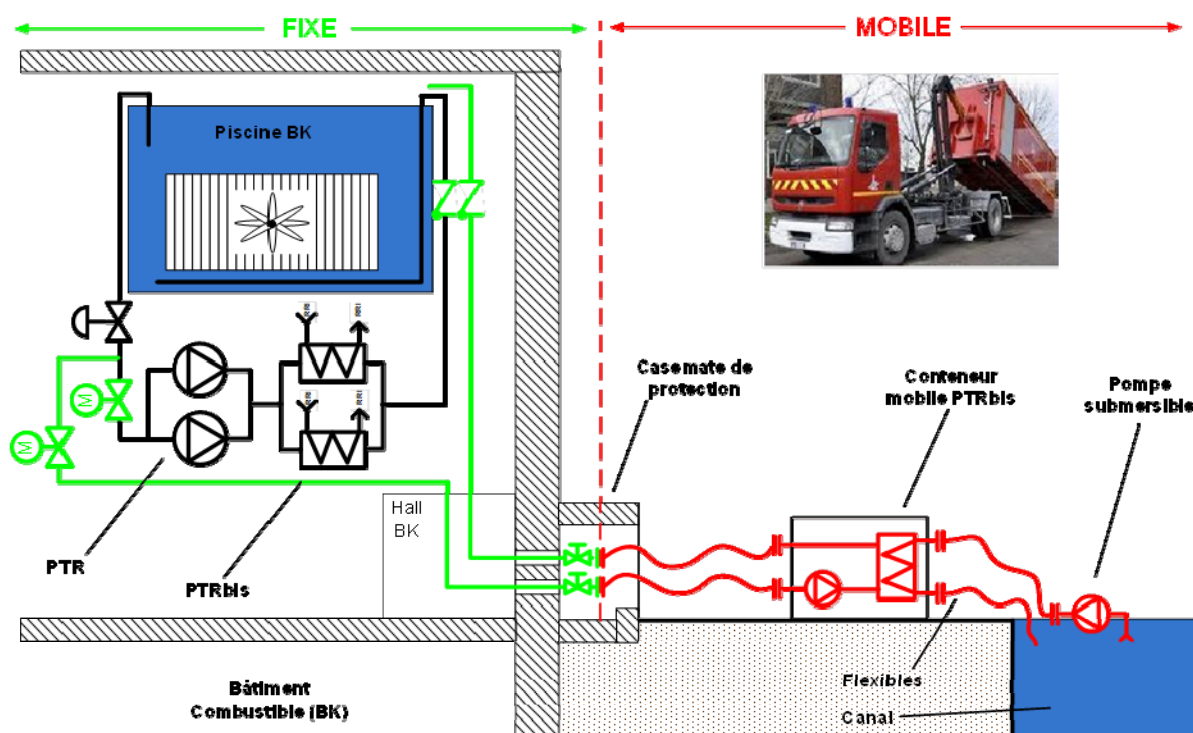


Schéma de principe du circuit de refroidissement mobile de la piscine combustible (PTR bis)

Les équipes FARN mettent en œuvre le dispositif PTR bis dans un délai cible de 24 h à compter de leur déclenchement, dans les situations de perte de refroidissement de la piscine combustible suivantes :

- Perte de PTR résultant d'une perte totale de la source froide de tranche.
- Perte de PTR résultant d'une perte totale des alimentations électriques de tranche.
- Perte intrinsèque du système PTR.

En complément, en application de la prescription [PISC-C] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF vérifiera qu'en cas de situation d'agression, d'incident ou d'accident, un état sûr qui se caractérise par une absence d'ébullition de la piscine d'entreposage du combustible peut être atteint et maintenu. EDF identifiera les situations pour lesquelles un tel état ne peut être atteint avec les moyens valorisés dans la démonstration de sûreté. EDF définira et mettra en œuvre les dispositions nécessaires pour améliorer la prévention de ces situations et prévoit les dispositions de gestion post-accidentelle pour atteindre à terme cet état sûr sans ébullition.

Le dispositif PTR bis peut également être utilisé pour la gestion long terme ($\approx t_0 + 15$ jours) des situations Noyau Dur (cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#)) au cours desquelles l'accessibilité du site est supposée difficile suite à des conditions extrêmes ayant affecté l'ensemble des tranches d'un même site. Il permet ainsi de restaurer un refroidissement :

- De la piscine combustible et de la piscine du bâtiment réacteur dans les états APR avec les piscines en communication.
- De la piscine combustible dans les états hors APR.

Enfin, le dispositif PTR bis permet, par l'arrêt de l'ébullition de la piscine, de retrouver une ambiance dans le BK compatible avec le bon fonctionnement des matériels nécessaires à la gestion des situations Noyau Dur situés dans le BK (disposition EAS-ND notamment, cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#)).

Le déploiement du dispositif PTR bis et de l'appoint Noyau Dur en eau à la piscine combustible (PNPP1714/PNPE1289) ainsi que leur suivi en exploitation répond à la prescription [PISC-A-I] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

En complément, en application de la prescription [PISC-A-II], EDF a identifié les exigences définies associées aux parties fixes de ces dispositions jugées importantes pour la protection des intérêts.

Enfin, le déploiement de ces dispositions pour répondre aux situations « Noyau Dur » est encadré par la prescription [PISC-A-III], cf. [Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#).

❖ **Surveillance en exploitation des composants qui garantissent l'intégrité des piscines BR et combustible**

La surveillance en exploitation des composants qui garantissent l'intégrité des piscines combustible et BR contribue à la prévention des vidanges accidentelles des piscines : tuyauteries PTR, casse-siphon, peau métallique, batardeaux et organes de robinetterie PTR.

Les modalités de surveillance et de maintenance des matériels qui contribuent à garantir l'intégrité des piscines reposent, pour chaque élément contribuant à la fonction « *intégrité des piscines* », sur la vérification :

- Des exigences de conception.
- Des études, bilans, doctrines et programmes de maintenance des matériels.
- Des affaires parc.
- De l'analyse du retour d'expérience parc.

En complément, EDF a engagé, dans le cadre d'une affaire parc, un programme visant à renforcer la surveillance et la stratégie de maintenance relatives à la peau métallique des piscines du bâtiment réacteur (BR) et d'entreposage du combustible (BK), à travers de nouveaux examens adaptés à la recherche d'éventuels défauts d'étanchéité et de corrosion sous contraintes, ainsi que des moyens de réparation en alternative à la pose de patch soudé. Cette affaire parc est également en cohérence avec les actions prises par EDF suite à l'instruction par avis type C « *Sûreté des piscines* ».

Par ailleurs, EDF reconduit, lors des 4^{èmes} RP 900, les différentes investigations du tube de transfert qui avaient été mis en œuvre lors des 3^{èmes} RP 1300 :

- Vérification du réglage des appuis de la vanne du tube de transfert.
- Vérification du réglage des vis d'appui du tube de transfert.
- Mesure de l'excentrement du tube de transfert dans son fourreau côté BK.
- Examen des soudures du point fixe du tube de transfert.
- Examen des soudures longitudinales et circonférentielles du tube de transfert.

Les résultats de ces contrôles sont présentés dans le paragraphe « Bilan de l'état de la tranche ».

De plus, un examen télévisuel interne du tube de transfert sur toute sa longueur est réalisé au titre du Programme d'Investigations Complémentaires (PIC) sur 4 tranches CPY et 2 tranches CP0 entre 2019 et 2021 (l'extension aux autres tranches sera décidée en fonction des constats observés). Les résultats de ces examens sont intégrés dans le RCR des tranches concernées ([cf. Volet I – Chapitre 1 – Section 2](#)).

❖ **Inventaire radioactif en BK et nouvelles modalités d'entreposage**

EDF pilote dans le cadre d'un projet les actions visant à limiter à une valeur aussi basse que raisonnablement possible le nombre d'assemblages de combustible en cours de désactivation dans chaque bâtiment combustible des réacteurs en exploitation.

Dans ce cadre, depuis 2015, EDF a renforcé le programme pluriannuel d'évacuation d'assemblages de combustible usés vers La Hague et met en œuvre lorsque cela est nécessaire des leviers de sécurisation pour en assurer la réalisation.

Pour les assemblages qui ne sont pas transportables, EDF met en place les dispositions nécessaires pour être en mesure de les évacuer en toute sûreté (caractérisation des particularités de ces assemblages, réparation, instruction spécifique et extension d'agrément si nécessaire).

En outre, EDF étudie la création de capacités supplémentaires d'entreposage qui renforceront la robustesse du cycle combustible.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

- **Inondation externe** : le risque associé au découvrément des assemblages de combustible en piscine est résiduel au regard des délais disponibles permettant la valorisation des appoints classiques ou ultimes voire d'appoints complémentaires pour des niveaux au-delà du Noyau Dur. Ce risque est de l'ordre de 7.10^{-9} / année.réacteur pour le CNPE de Gravelines.
- **Séisme** : le risque calculé de découvrément des assemblages de combustible sur une tranche de Gravelines suite à un séisme est de l'ordre de 4.10^{-8} / année.réacteur sur une fenêtre de scrutation de l'EPS correspondant à une période de retour de 150 000 ans. Ce risque sismique est porté à 86 % par des accélérations sismiques supérieures à celle du Séisme Noyau Dur (SND) de Gravelines (0,41 g). Le risque est principalement porté par les défaillances sismiques des bâtiments BR ou BK, pour des intensités sismiques élevées, largement au-delà du SND.

Bilan de l'état de la tranche

Les examens du tube de transfert de la tranche 2 du CNPE de Gravelines ont été réalisés conformément à l'attendu. Des non-conformités ont été relevées et celles-ci ont été traitées. La conclusion de ces examens confirme l'absence de dégradation ou de désordre macroscopique et permettent de garantir le fonctionnement des installations en toute sûreté, dans toutes les situations de fonctionnement et pour la durée de vie de la tranche.

Pour la tranche 2 du CNPE de Gravelines, aucun examen télévisuel interne à 100% du tube transfert n'est demandé au titre du Programme d'Investigations Complémentaires (PIC) (Volet I – Chapitre 1 – Section 2).

Les modifications :

- PNXX1752 « Mesure de niveau analogique de la piscine d'entreposage du combustible ».
- PNPP1401 « Mise en place d'un second joint statique sur le batardeau de la piscine du bâtiment réacteur ».
- PNPP1402 « Fermeture automatique de la vanne PTR d'aspiration dans la piscine d'entreposage du combustible sur niveau très bas ».
- PNPP1403 « Motorisation de la vanne du tube transfert PTR ».
- PNPP1474 « Mesure de pression accumulateurs RIS Gamme large ».
- PNPP1549 « Mise en position sûre d'un assemblage de combustible ».
- PNPP1666 « Diesel d'Ultime Secours ».
- PNPP1679 « Renforcement sismique des mesures de niveau TOR (NB, NTB) de la piscine combustible. »
- PNPP1780 « Automatisation de vannes de vidange de la piscine du bâtiment réacteur ».
- PNPP1907 « Création d'un système de refroidissement mobile diversifié PTRbis » (hors tome N).
- PNPE1344 « Doublement de l'automatisme d'isolement de la ligne d'aspiration du circuit PTR (piscine du bâtiment combustible) »
- PNPE1443 « Renforcement d'une trémie dans le BK ».
- PNRL1895 « Modification de la commande de la vanne du tube de transfert pour fermeture sous débit ».
- PNPP1289 « Redimensionnement du casse-siphon situé sur la ligne de refoulement du système de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible ».

- PNPE1348 « SEU alternative - installation de bâches souples pour la SEU alternative ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNPE1128 « Mesures de niveau « Tout ou Rien » de la piscine du bâtiment réacteur ».
- PNPE1258 hors tome J « Mise en place du dispositif ASG-ND et ligne fixe de réalimentation de la piscine d'entreposage du combustible par SEG ».
- PNPP1824 « Ajout d'une chaîne de mesure de niveau analogique de la piscine d'entreposage du combustible ».
- PNPP1949 « Installation d'un écran de protection contre l'incendie entre les pompes PTR pour la séparation physique des deux voies PTR ».
- PNPP1907 tome N « Refoulement PTR bis et appoint Noyau Dur par le haut de la piscine d'entreposage du combustible ».

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPE1506 « Création alarme DOS niveau piscine BR et klaxon associé "Niveau TOR piscine BR" pour entrer en conduite APE état APR » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPE1289 « Création d'une source d'eau de l'appoint d'Eau ultime » sera réalisée dans le cadre d'une programmation spécifique sur la tranche n°2 du CNPE de Gravelines et au plus tard fin 2024. Dans l'attente du déploiement de cette modification, la modification PNPE1348 « Source d'eau provisoire de l'appoint d'eau ultime » a été intégralement réalisée et cette dernière permet de répondre à la prescription [PISC-A-I].

3.3 Conclusion

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF conforte le niveau de sûreté pour les situations accidentelles du bâtiment combustible sur les volets suivants :

- Prévention du risque de vidange accidentelle de la piscine combustible, par la mise en place de moyens redondants de mitigation : vannes motorisées à l'aspiration et clapets au refoulement du circuit de refroidissement PTR.
- Prévention du risque de découverture des assemblages de combustible par ébullition, par l'ajout d'un dispositif pare-flamme permettant d'écarter

le risque de propagation d'un incendie d'une pompe PTR à l'autre.

- Prévention du risque de découverture des assemblages par l'ajout d'un moyen diversifié supplémentaire d'appoint en eau à la piscine du bâtiment combustible (BK) (faisant partie du Noyau Dur).

Les études déterministes ont permis de montrer que les critères d'acceptabilité sont respectés pour l'ensemble des initiateurs retenus dans le cadre de la démonstration de sûreté en considérant les dispositions existantes.

Les analyses menées ont permis par ailleurs de s'assurer de la robustesse de l'installation aux agressions et que l'évacuation de la puissance résiduelle et le maintien de l'inventaire en eau de la piscine combustible n'étaient pas remis en cause en cas d'agression interne.

En complément, l'évaluation du comportement des piscines combustible du Palier CPY vis-à-vis des conditions de fonctionnement retenues dans le référentiel de dimensionnement de l'EPR de Flamanville 3 a été effectuée. Les moyens de protection actuels ou prévus dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permettent aux réacteurs du Palier CPY de répondre aux enjeux de sûreté liés à la prise en compte des conditions de fonctionnement du référentiel déterministe de conception du réacteur EPR de Flamanville 3.

La mise en place d'un moyen de refroidissement mobile (PTR bis) permet de diversifier la source froide et de renforcer le volet restauration du refroidissement de la piscine combustible en situation d'ébullition. Ce moyen fait partie du Noyau Dur. Ce type de disposition permet de rapprocher le design des réacteurs du Palier CPY de celui des réacteurs de type EPR de Flamanville 3.

Les études probabilistes montrent que le risque de découverture des assemblages de combustible lors de vidanges accidentelles et de perte de refroidissement de la piscine combustible, est extrêmement improbable, de l'ordre de quelques 10^{-8} / année réacteur, vis-à-vis des événements internes. Vis-à-vis des agressions, les EPS réalisées constituent un premier exercice sur le parc en exploitation, elles permettent d'apporter un éclairage complémentaire aux études déterministes et confirment l'intérêt des dispositions mises en œuvre dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

SECTION 4 : ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR

SOMMAIRE SECTION 4

SECTION 4 : ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR	326
4.1 Objectifs	329
4.2 Réponse aux objectifs	331
4.2.1 Démarche générale applicable aux situations d'accidents avec fusion du cœur	331
4.2.2 Dispositions mises en œuvre vis-à-vis des situations avec risque de fusion du cœur	334
4.2.3 Réductions des conséquences radiologiques	348
4.2.4 EPS relatives aux situations avec fusion du cœur (EPS N2)	352
4.3 Conclusion	361

SECTION 4 : ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR

Dans le cadre de la démonstration de sûreté de ses installations nucléaires de base, EDF applique le principe de défense en profondeur qui consiste à prendre en compte des défaillances techniques, matérielles, humaines ou organisationnelles et à s'en prémunir par la mise en place de lignes de défense successives, indépendantes et complémentaires.

Ainsi, des séquences accidentelles sont étudiées en postulant un cumul de défaillances menant généralement à la perte de la fonction de refroidissement du cœur et à terme à la fusion du combustible suite à la perte d'inventaire en eau du circuit primaire.

On peut distinguer quatre phases principales dans l'évolution de l'accident avec fusion du cœur si celui-ci ne peut pas être maîtrisé :

- 1^{ère} phase : vidange du circuit primaire.
- 2^{ème} phase : dénoyage et dégradation initiale du cœur.
- 3^{ème} phase : dégradation avancée du cœur.
- 4^{ème} phase : rupture de la cuve et phase hors cuve.

Un accident avec fusion du cœur peut entraîner à court ou à plus long terme des rejets dans l'environnement si le confinement ne peut pas être maintenu dans la durée.

La prise en compte des situations d'accidents avec fusion du cœur a fait l'objet d'études approfondies à l'occasion des précédents réexamens périodiques des différents Paliers en intégrant le REX événementiel international (Tchernobyl, Three Mile Island). A ce titre, des améliorations significatives ont été apportées par rapport à la conception initiale des installations, reposant sur des évolutions matérielles et documentaires.

Ainsi, sur le Palier CPY, les dispositions matérielles suivantes ont déjà été mises en œuvre :

- Le dispositif de décompression-filtration de l'enceinte qui permet de préserver l'enceinte en cas de pressurisation accidentelle lente de celle-ci (dispositif U5).
- Les Recombineurs Autocatalytiques Passifs d'hydrogène (RAP) qui permettent d'éviter l'accumulation d'hydrogène dans l'enceinte et de réduire le risque de perte du confinement par combustion d'hydrogène.
- La fiabilisation de l'ouverture des lignes de décharge du pressuriseur afin de réduire les risques associés aux situations de fusion du cœur en pression et les phénomènes de Direct Containment Heating (DCH).

- Le renforcement des boulons du Tampon d'Accès Matériel (TAM) ce qui permet d'augmenter la tenue ultime en pression de l'enceinte.
- L'amélioration de l'étanchéité des systèmes RIS et EAS (retarage des soupapes de protection RIS).
- Une instrumentation permettant la conduite de l'installation et l'amélioration du suivi de l'accident : mesure de la pression enceinte gamme large, détection du percement éventuel de la cuve, et mesure de la température des recombineurs d'hydrogène.

Une documentation de conduite spécifique pour la gestion des situations d'accident avec fusion du cœur a aussi été élaborée.

4.1 Objectifs

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, les objectifs d'EDF vis-à-vis des situations d'accidents avec fusion du cœur sont :

- Rendre le risque de rejets précoces et importants extrêmement improbable.
- Eviter les effets durables dans l'environnement.

EDF a notamment pour ambition d'améliorer la sûreté pour les situations d'accidents avec fusion du cœur au regard des objectifs de sûreté EPR de Flamanville 3, dont les dispositions de mitigation prises à la conception permettent d'avoir recours en cas d'accident avec fusion du cœur à des mesures de protection des populations très limitées dans l'espace et dans le temps. Les travaux d'EDF ont porté sur les volets suivants :

- L'évacuation de la puissance résiduelle sans ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte.
- La stabilisation du corium sur le radier du BR.

Les scénarios d'accidents avec fusion du cœur menant à des rejets potentiellement significatifs sont classés en cinq catégories :

- Endommagement du combustible dans le BR avec perte précoce du confinement.
- Percement du radier.
- Perte tardive du confinement par défaillance de l'enceinte.
- Maîtrise du confinement avec ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte.

- Maîtrise du confinement sans ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, l'effort est porté sur les scénarios des quatre premières catégories, la cinquième étant une situation où le confinement demeure maîtrisé et intègre, il n'y a pas de rejets précoces ou importants.

Les scénarios font l'objet d'études déterministes de conséquences radiologiques, complétées par des évaluations probabilistes.

4.2 Réponse aux objectifs

4.2.1 Démarche générale applicable aux situations d'accidents avec fusion du cœur

Partie générique Palier

L'analyse des risques relatifs aux séquences d'accidents avec fusion du cœur s'appuie sur des études de scénarios avec des codes de calcul adaptés. Ces codes s'appuient sur des modèles physiques développés et validés sur la base d'expériences représentatives et sont maintenus au niveau de l'état de l'art international.

La conception des dispositions nécessaires en accidents avec fusion du cœur est déterministe, mais peut utiliser des bases probabilistes pour la sélection des scénarios retenus comme base de conception, afin d'être cohérent avec le risque contre lequel on souhaite se prémunir.

Ce dimensionnement repose également sur des hypothèses raisonnablement enveloppes, ayant recours autant que de besoin à des études de sensibilité pour détecter l'éventuelle existence d'« *effet falaise* ».

Les équipements identifiés comme nécessaires en accident avec fusion du cœur contribuent soit directement au confinement des produits de fission soit directement à la gestion de l'accident avec fusion du cœur. Ils constituent la ligne de défense pour la mitigation de l'accident avec fusion du cœur. A ces dispositions matérielles sont affectées des exigences (requis fonctionnel, chargement et durée de mission) de façon à garantir leur performance et leur disponibilité en conditions d'accident avec fusion du cœur.

Ces équipements peuvent être soit installés au titre de modifications matérielles, soit valorisés parmi les matériels existants.

Pour les matériels existants identifiés comme nécessaires en accident avec fusion du cœur, une vérification de leur tenue aux conditions d'accident avec fusion du cœur est réalisée. Les matériels existants dont la démonstration de tenue à ces conditions ne peut pas être apportée sont remplacés par des matériels qualifiés, dans le cadre des affaires PNRL1896, PNPE1264, PNPE1347 et PNPE1486. Pour les matériels nouveaux, nécessaires pour la mitigation des situations d'accidents avec fusion du cœur, ces conditions de fonctionnement sont prises en compte à la conception.

Suite à l'ensemble des vérifications menées dans le cadre du 4^{ème} RP 900 sur le Palier CPY, les ambiances générées dans les locaux où des actions seraient requises pour la gestion des situations d'accident avec fusion du cœur ne remettent pas en cause la capacité des intervenants à réaliser les actions requises dans ces locaux pendant la durée nécessaire.

EDF a réalisé l'analyse d'accessibilité pour les accidents du Domaine Complémentaire avec un enjeu vis-à-vis de l'ambiance thermique et confirme l'accessibilité dans ces situations.

En complément, en application de la prescription [FOH-B] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a vérifié la capacité effective des agents de terrain à accéder aux locaux et à y réaliser les actions de conduite requises dans la démonstration de sûreté nucléaire en cas d'accident (par exemple, accessibilité des organes de contrôle et de commande, capacité de réalisation des actions en cas de port d'équipements de protection individuels, disponibilité de l'outillage, délai nécessaire aux accès). Les dispositions envisagées par EDF dans le cadre du 4^{ème} Réexamen Périodique des réacteurs du palier 900 MWe sont les suivantes :

- Modification d'exploitation pour permettre l'utilisation de cellules d'autocontrôle afin de manœuvrer les vannes RCV-RIS depuis le BL en cas d'APRP de 4^{ème} catégorie. Le déploiement de cette modification est prévu lors de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.
- Mise en application du guide pour la radioprotection en situation d'urgence radiologique, prévue au plus tard lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.
- Mise à disposition de l'exploitant de la liste des locaux contenant des circuits en recirculation (accidents avec et sans fusion) et/ou des traversées enceinte, prévue au plus tard lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.

- Mise à jour de la Règle Particulière de Conduite Evénement Météorologique Sévère afin de demander le pré-lignage de la réalimentation de la bâche ASG par SER en cas de pré-alerte Grand Vent, prévue lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.

Par ailleurs, une solution est en cours de développement sur le palier CPY pour éviter de devoir accéder à l'intérieur du BR en situation H3 en état Arrêt Pour Intervention, primaire Non Suffisamment Ouvert. EDF a pour objectif de mettre en œuvre cette solution lors de la phase B « Compléments » du 4^{ème} RP 900.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

Certains robinets ou joints de robinets situés sur des tuyauteries auxiliaires du dispositif EAS-ND sont remplacés dans le cadre de l'affaire PNPE1471 pour assurer leur tenue aux conditions d'accident avec fusion du cœur.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1264 « Remplacement d'un câble du système ETY » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNRL1896 « Remplacement des joints d'un clapet du système et stockage et distribution d'azote (RAZ) ».
- PNPE1347 « Remplacement de certains servomoteurs électriques et coffrets des systèmes EAS et PTR ».
- PNPE1471 « Remplacement de robinets ou de joints de robinets sur bras morts EAS ND (7 robinets) ».
- PNPE1486 « Robustesse électrique AG/ND – RCV 430 SM et EAS 002 VB »

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

4.2.2 Dispositions mises en œuvre vis-à-vis des situations avec risque de fusion du cœur

Partie générique Palier

Un accident avec fusion du cœur peut entraîner à court terme ou à plus long terme des rejets dans l'environnement si l'intégrité du confinement ne peut pas être maintenue dans la durée. Les différents risques associés aux situations d'accidents avec fusion du cœur sont analysés.

En fonction des risques, des dispositions sont mises en œuvre pour, soit réduire leur probabilité d'occurrence, soit en retarder et en atténuer les conséquences.

❖ Dispositions vis-à-vis du risque de pressurisation lente de l'enceinte

Sans évacuation de la puissance hors de l'enceinte, la vaporisation de l'eau sur le corium et la production de gaz incondensables pendant l'interaction corium béton conduisent à la pressurisation lente de l'enceinte. La pression dans l'enceinte peut atteindre la pression de dimensionnement des enceintes de confinement et nécessiter l'ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte, conduisant à des rejets radiologiques dans l'environnement.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, la mise en œuvre de la disposition EAS-ND (PNPP1811) permet d'assurer les deux fonctions suivantes :

- Le noyage et le refroidissement du corium en cuve ou hors cuve.
- L'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte.

Son fonctionnement repose d'une part sur une pompe EAS-ND, pouvant fonctionner en injection directe depuis la bêche PTR ou en recirculation depuis les puisards BR, et, d'autre part, sur un échangeur EAS-ND assurant le refroidissement de l'eau réinjectée et lui-même refroidi par la Source Froide Noyau Dur (SF-ND). La Source Froide Noyau Dur est constituée d'un dispositif de pompage mobile acheminé et déployé par la FARN, ainsi que d'aménagements de génie civil pour certains sites (PNPP1972 et PNRL1844). Les dispositions EAS-ND et SF-ND répondent à la prescription [AG-B-I]. La disposition EAS-ND contribue à la réponse à la prescription [AG-D-I].

La disposition EAS-ND est dimensionnée de manière à éviter les situations avec fusion du cœur menant à l'ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte de confinement. Elle contribue également à la diminution des conséquences radiologiques des situations avec confinement maîtrisé.

Certains robinets ou joints de robinets situés sur des tuyauteries auxiliaires du dispositif EAS-ND sont remplacés dans le cadre de l'affaire PNPE1471 pour assurer leur tenue aux conditions d'accident avec fusion du cœur.

Pour limiter encore le risque de montée en pression de

l'enceinte de confinement, en application de la prescription [AG-B-II-1], EDF a défini les moyens permettant d'injecter à court terme dans le bâtiment du réacteur un volume d'eau borée complémentaire à celui contenu dans la bache du système de traitement et de refroidissement de l'eau des piscines (PTR) afin d'assurer l'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte de confinement lors d'un accident avec fusion du combustible. EDF a également justifié la faisabilité de l'injection de ce volume d'eau borée complémentaire, compte tenu des exigences associées aux moyens retenus et aux capacités d'eau borée disponibles. Les dispositions envisagées à la suite de ces études consisteront à mettre à jour la documentation et/ou les outils à disposition des équipes de crise.

Cette mise à jour interviendra en cohérence avec le calendrier de la phase « Compléments » du 4^{ème} Réexamen Périodique du Palier 900 MWe.

Par ailleurs, le secours électrique de la mesure de pression enceinte gamme large par le DUS permet de s'assurer du non-dépassement de la pression d'épreuve de l'enceinte, y compris en cas de perte totale des alimentations électriques.

En effet, le DUS (PNPP1666) est une source électrique additionnelle de secours introduite suite à l'accident de Fukushima ([cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 7](#)) afin de renforcer les ressources électriques des réacteurs d'EDF. Le DUS permet notamment de réalimenter les matériels du Noyau Dur nécessaires en situations d'accident avec fusion du cœur, y compris en cas de perte totale des alimentations électriques sur le site.

Au titre des enseignements de l'accident de Fukushima, un premier renforcement du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte est réalisé afin d'assurer sa tenue au séisme de niveau SMHV (PNPP1870). En application de la prescription [AG-C-II], un renforcement supplémentaire du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte est réalisé afin d'assurer sa tenue au séisme de niveau SMS (PNPE1377).

❖ **Dispositions vis-à-vis du risque de perte du confinement par érosion et/ou percement du radier**

En situation d'accident avec fusion du cœur, la fusion du cœur peut entraîner la formation d'un bain de corium pouvant à terme percer la cuve puis conduire à l'érosion du radier et donc remettre en cause le confinement.

Dans l'objectif de limiter le risque de perte du confinement en situation d'accident avec fusion du cœur par érosion du radier, un dispositif reposant sur la stabilisation du corium sous eau après étalement à sec est mis en œuvre (PNPP1976) : l'étalement du corium après percement de la cuve s'effectue dans le puits de cuve et dans le local RIC. Cette solution, dans son principe, est semblable à celle mise en œuvre sur les réacteurs de type EPR (core-catcher), elle intègre les programmes de R&D sur l'interaction corium béton et permet de préserver le radier structural de l'enceinte. Cette disposition répond à la prescription [AG-A-I].

Les études visent à démontrer la préservation du radier structural de l'enceinte. Ceci permet de maintenir une épaisseur significative de béton conservant l'essentiel de ses caractéristiques mécaniques. En application de la prescription [AG-A-II], EDF :

- A transmis à l'Autorité de Sûreté Nucléaire un avant-projet détaillé permettant l'épaississement du radier des bâtiments du réacteur dont le béton est très siliceux à partir de 2025. Cet avant-projet comporte une étude d'optimisation de la radioprotection des intervenants.
- a transmis à l'Autorité de Sûreté Nucléaire les conclusions de son programme d'études du comportement des radiers en situation d'accident avec fusion du cœur fondé sur des essais. EDF a identifié les sites nécessitant un épaississement du radier des bâtiments réacteur ;
- L'épaississement des radiers sera réalisé spécifiquement sur les sites concernés.

En complément, et en application de la prescription [AG-A-III], EDF renforce les voiles entre le local d'instrumentation interne du cœur (RIC) et la zone des puisards du fond de l'enceinte de confinement du bâtiment du réacteur pour prévenir tout risque induit par leur percement par le corium (PNPE1460).

L'étalement à sec du corium est garanti par l'étanchéification préalable du puits de cuve et du local RIC adjacent. A ce titre, les RGE sont modifiées en phase B afin de valoriser les moyens de détection d'eau dans le puits de cuve et le local RIC en fonctionnement normal. Le renoyage du corium par le dessus est ensuite réalisé par gravité à partir de l'eau présente dans les puisards et dans le fond du BR, ceux-ci ayant été préalablement remplis par les circuits RIS, EAS ou par la ligne de débit nul de la pompe de la disposition EAS-ND, ou, de manière active, par l'injection d'eau en cuve après l'étalement du corium dans le cas où les puisards du BR n'auraient pas été remplis.

Le renoyage gravitaire du corium est assuré par des carottages redondants dans les voiles des locaux puits de cuve et local RIC, obturés par un dispositif de vannes (ou trappes) passives assurant l'étanchéité entre l'eau accumulée en fond de BR et la zone d'étalement. Ceci garantit un étalement à sec du corium. L'effacement du dispositif d'obturation est provoqué, après étalement du corium, par la rupture de câbles fusibles.

Le refroidissement du corium et l'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte sur le long terme sont assurés par les dispositions EAS-ND et SF-ND.

La mesure de détection de percement de la cuve (PNXX1746, thermocouple situé dans le puits de cuve) permet d'assurer si nécessaire une injection d'eau sur le corium via la cuve au moment le plus efficace qui correspond au renoyage après étalement à sec du corium. Cette mesure est secourue par le DUS dans le cadre de l'affaire PNPE1387.

En complément, suite à l'instruction dans le cadre du Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs (GPR) sur les accidents avec fusion du cœur tenu les 27 et 28 mars 2019 :

- EDF met en œuvre une instrumentation spécifique permettant de détecter l'étalement du corium sur la surface totale du local RIC (PNPE1387), ainsi que la prise en compte de cette information au niveau de la stratégie de conduite AG.

- EDF met en œuvre une disposition supplémentaire permettant un appoint d'eau dans le fond de l'enceinte par des moyens mobiles pendant une durée suffisante pour limiter l'érosion du radier, en cas de défaillance de l'EAS-ND à moyen – long terme (PNPE1362). Cette disposition répond à la prescription [AG-B-III]. La gestion de cet appoint sera assurée grâce à une mesure de niveau d'eau dans le fond du BR (PNPE1386).

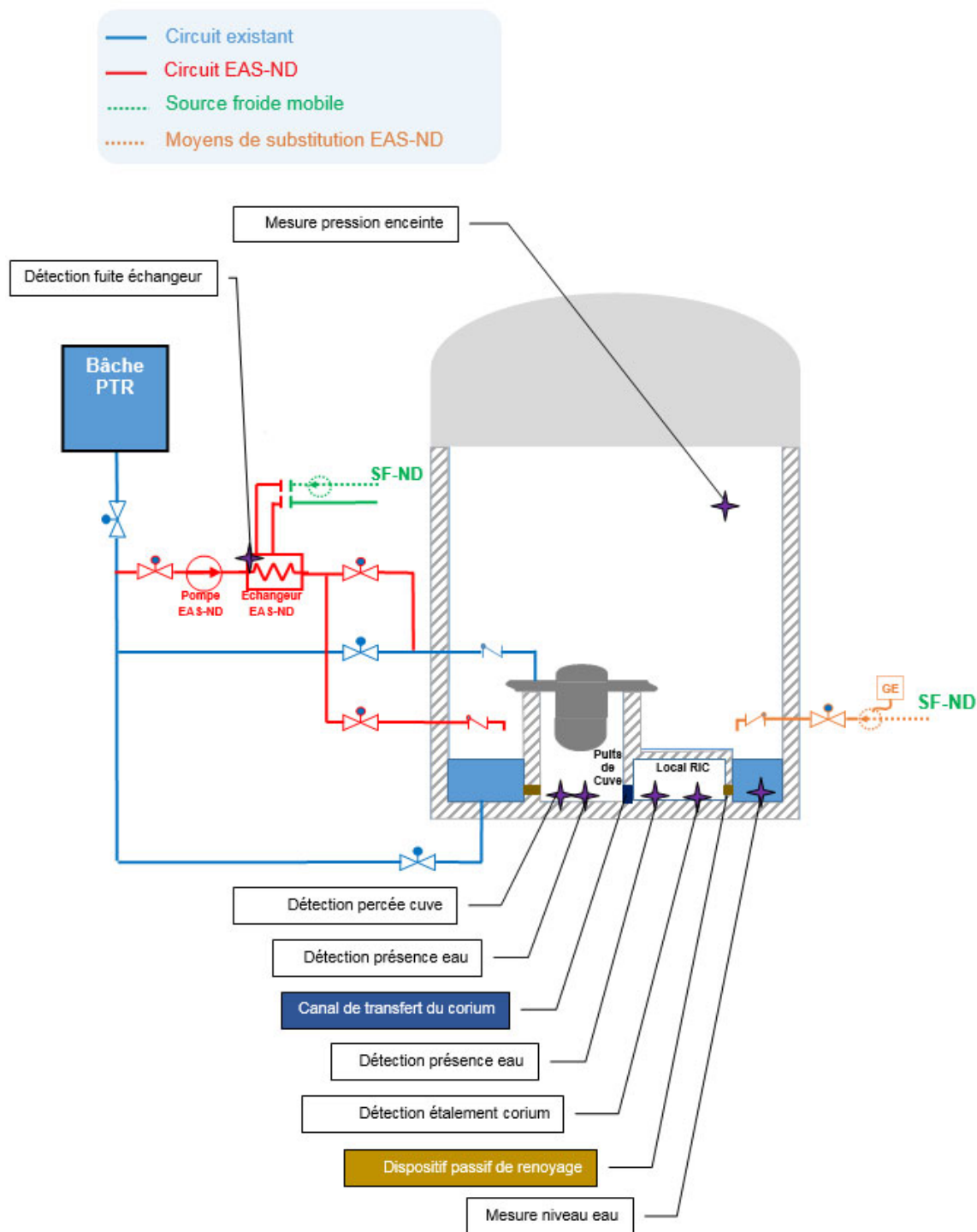


Schéma de principe des dispositions EAS-ND et stabilisation du corium

❖ **Dispositions vis-à-vis des fonctions et matériels participant au confinement**

Les traversées de l'enceinte, dont les vannes d'isolement soumises à des ordres d'isolement automatique, sont fermées avant l'entrée en accident avec fusion du cœur. Pour les traversées d'enceinte dont l'isolement est réalisé par un organe motorisé, le secours électrique par le DUS de ces organes (PNPE1073 et PNPE1068) permet de garantir leur opérabilité, y compris en situation de perte totale des alimentations électriques. Le DUS assure également le secours électrique d'une file de ventilation et de filtration de l'air de la salle de commande (via la modification PNPE1068), afin de permettre le maintien de ces fonctions en cas d'accident avec fusion du cœur résultant d'une situation (H3).

Vis-à-vis de l'amélioration de la tenue aux accidents avec fusion du cœur de certains matériels participant au confinement, EDF effectue le remplacement des hublots des sas du BR (« Renforcement des hublots du sas BR » PNPP1631).

❖ **Fonctionnement en recirculation de la disposition EAS-ND**

La gestion à long terme des situations d'accident avec fusion du cœur repose sur le fonctionnement en recirculation de la disposition EAS-ND pour maintenir le corium noyé et évacuer la puissance résiduelle hors du BR. Les exigences de conception de la disposition EAS-ND sont adaptées à la situation envisagée et permettent de garantir un niveau élevé de fiabilité des matériels pour un maintien en fonctionnement de la disposition visé d'un an. Vis-à-vis du fonctionnement long terme en recirculation en situation d'accident avec fusion du cœur et pour limiter les conséquences éventuelles d'une fuite sur le circuit EAS-ND, EDF met en place un dispositif pour gérer une fuite susceptible d'apparaître sur le circuit EAS-ND (PNPP1541), à l'extérieur de l'enceinte de confinement. Ce dispositif consiste à collecter dans le BK les fuites des organes les plus sensibles du système EAS-ND sur la totalité de sa durée de mission afin d'en limiter les conséquences vis-à-vis des rejets vers l'environnement. En complément, EDF met en œuvre une disposition de réinjection dans le BR des effluents présents dans les puisards du BK (PNPE1362). Ces dispositions de collecte et de réinjection répondent aux prescriptions [AG-B-IV] et [AG-D-I].

De plus, au titre de la gestion des situations d'urgence, EDF met en œuvre un dispositif de détection des fuites internes éventuelles de l'échangeur EAS-ND pour surveiller l'absence de contamination de la source froide. Cette mesure sera réalisée sur la base d'un dispositif mobile déployé par la FARN.

❖ **Dispositions vis-à-vis du risque de perte du confinement par échauffement direct de l'enceinte**

L'ouverture et le maintien ouvert des soupapes du pressuriseur sont requis en situation d'accident avec fusion du cœur pour assurer la dépressurisation du circuit primaire et ainsi se prémunir des conséquences éventuelles d'une fusion du cœur en pression. En effet, si le circuit primaire est en pression lors du percement de la cuve, une fraction du corium peut être dispersée dans l'enceinte induisant une augmentation de température et de pression importante dans l'enceinte de confinement.

Vis-à-vis de ce risque, EDF a mis en œuvre, dans le cadre du 3^{ème} RP 900, une modification visant à fiabiliser la commande des soupapes du pressuriseur (PNXX1721) de façon à garantir l'ouverture et le maintien ouvert de ces soupapes même en cas de perte d'alimentation électrique.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF renforce les installations en changeant les têtes de soupapes du pressuriseur de façon à augmenter leur capacité de décharge en eau à basse pression primaire (PNPP1595). Cette modification consiste à augmenter la section de décharge à basse pression en ouverture commandée.

Enfin, le secours électrique des soupapes du pressuriseur par le DUS permet de garantir leur ouverture dans les situations d'accident avec fusion du cœur consécutives à une perte totale des alimentations électriques (H3).

❖ **Dispositions vis-à-vis du risque de perte du confinement par explosion vapeur hors cuve**

En cas de percement de la cuve, la disposition de stabilisation du corium hors cuve repose sur une stratégie d'étalement à sec du corium suivie d'un renoyage passif par l'eau des puisards. Celle-ci conduit à prévoir des dispositions matérielles (PNPP1976) visant à empêcher l'arrivée d'eau dans la zone d'étalement avant la percement de la cuve. Ces dispositions permettent d'éviter les situations de déversement du corium dans un puits de cuve préalablement noyé, ce qui exclut tout risque d'explosion vapeur hors cuve dans ces situations.

❖ Dispositions vis-à-vis du risque de retour en criticité du corium

Dans certaines configurations géométriques du corium lors d'un refroidissement par injection d'eau non borée, un retour en criticité pourrait se produire, occasionnant une augmentation de la puissance à évacuer. Afin d'éviter ce risque, les procédures de conduite définissent de manière conservatrice les modalités d'utilisation d'eau non borée pendant les phases court, moyen et long termes d'un accident avec fusion du cœur.

❖ Gestion des eaux contaminées

La limitation du risque de dissémination de substances radioactives liquides en dehors du site repose sur trois lignes de défense :

- Le système EAS-ND, dont les exigences de conception et de fabrication garantissent un faible niveau de fuite hors de l'enceinte de confinement, constitue une première ligne de défense.
- La collecte des fuites des organes les plus sensibles du système EAS-ND (PNPP1541), et la réinjection dans le BR des effluents présents dans les puisards du BK (PNPE1362) constitue une seconde ligne de défense.
- Une troisième ligne de défense au titre de la gestion de crise est conçue pour permettre le respect de valeurs repères de qualité des eaux destinées à la consommation humaine en phase court terme et long terme de l'accident avec fusion du cœur :
 - En application de la prescription [AG-D-II], EDF disposera des moyens nécessaires pour réduire la contamination de l'eau présente dans le bâtiment du réacteur après un accident ayant conduit à la fusion du cœur et s'assure de leur caractère opérationnel sur site (PNPE1362 et PNPE1449).

- En application de la prescription [AG-D-III], afin de limiter l'ampleur et la durée de la contamination des eaux dans le milieu en cas de fuite d'eau contaminée en dehors des bâtiments après un accident ayant conduit à la fusion du cœur, EDF a étudié les moyens de limiter la dissémination de substances radioactives, par le sol et les eaux souterraines, en dehors du site. Ces études n'ont pas mené à identifier la nécessité de dispositions complémentaires au regard des enjeux pour la sûreté.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

Les tranches du site de Gravelines ne sont pas concernées par la prescription [AG-A-II] portant sur l'épaississement des radiers des enceintes de confinement très siliceux car leurs radiers sont constitués de béton siliceux.

La modification PNPP1972 « EAS-ND - Source Froide Mobile - Réalisation de poteaux d'arrimage Noyau Dur » n'est pas applicable au CNPE de Gravelines.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNXX1721 « Fiabilisation de la commande des soupapes du pressuriseur ».
- PNXX1746 « Détection percée de cuve et fonctionnement recombineur hydrogène par température élevée ».
- PNPE1068 tome A « Mise en place d'une distribution électrique Noyau Dur ».
- PNPE1073 « Mise en place d'un contrôle-commande Noyau Dur pour les matériels existants ».
- PNPP1541 « Mise en place d'un système de collecte des effluents en accident avec fusion du cœur » a été totalement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines (dont le tome F « Récupération des fuites de la vanne d'isolement du puisard EAS (EAS014VB) »).
- PNPP1595 tome B « Remplacement des têtes de soupape SEBIM ».
- PNPP1631 « Renforcement des hublots des sas du Bâtiment Réacteur ».
- PNPP1666 « Diesel d'Ultime Secours ».
- PNPP1811 « Mise en place d'un système EAS-ND d'injection d'eau au primaire et d'évacuation de la puissance résiduelle ».
- PNPP1870 « Renforcement de la tenue du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte au séisme de niveau SMHV ».
- PNPP1976 « Mise en place d'un dispositif d'étalement à sec et de stabilisation du corium sous eau ».

- PNRL1844 « Aménagement spécifique de site pour la source froide ultime : rampe d'accès à la source froide ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNPE1471 « Remplacement de robinets ou de joints de robinets sur bras morts EAS ND (7 robinets) ».
- PNPE1387 « Mise en place d'une détection d'étalement du corium dans le local RIC (instrumentation du cœur) et secours électrique par le DUS (Diesel Ultime Secours) de la détection percée cuve »

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

Les modifications :

- PNPE1362 « Mise en œuvre de lignes fixes d'injection et d'aspiration au Bâtiment Réacteur et dispositif mobile de substitution à l'EAS-ND, réinjection des effluents du BK vers le BR ».
- PNPE1386 « Mise en place d'une mesure de niveau puisard dans le bâtiment réacteur ».
- PNPE1460 « Renforcement des voiles entre le local d'instrumentation interne du cœur (RIC) et la zone des puisards du fond de l'enceinte de confinement du bâtiment du réacteur ».
- PNPE1449 « Etude d'un module de traitement des eaux contaminées : modules mobiles de traitement de l'eau ».

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPE1377 « Renforcement de la tenue du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte au séisme de niveau SMS » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines prévue au plus tard en mars 2030.

La modification PNPE 1068 tome C « Mise en place d'une distribution électrique Noyau Dur » sera déployée dans le cadre

d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines au plus tard lors de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPP1595 Tome C « Remplacement des têtes de soupape SEBIM » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique, prévue en 2025.

4.2.3 Réductions des conséquences radiologiques

Partie générique Palier

❖ Démarche

En situation d'accident avec fusion du cœur, la priorité est le maintien du confinement afin de limiter les rejets dans l'environnement. Les scénarios sans perte incontrôlée du confinement font l'objet de calculs de conséquences radiologiques.

Les conséquences radiologiques des accidents avec fusion du cœur sont évaluées à partir d'un terme source de référence. Ce terme source de référence est un terme source de découplage, enveloppe des rejets dans l'environnement pour ces situations. Les hypothèses principales sont rappelées dans les paragraphes qui suivent.

Les hypothèses physiques retenues sont les mêmes entre la situation avant et après le 4^{ème} RP 900 afin de pouvoir évaluer l'impact des dispositions retenues.

La cinétique de relâchement des radionucléides dans l'enceinte se déroule en trois phases distinctes : la phase de relâchement en cuve, la phase de relâchement par Interaction Corium-Béton (ICB) et la phase de rejet tardif en cuve. A chacune de ces phases sont associés des taux de relâchement en fonction du produit de fission considéré. Le maintien d'un pH basique dans les puisards de l'enceinte de confinement permet de rendre négligeable les relâchements d'iodes volatils radioactifs. Suite à l'instruction dans le cadre du Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs (GPR) sur les accidents avec fusion du cœur tenu les 27 et 28 mars 2019 et en application de la prescription [CR-B] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF met en œuvre une disposition consistant à installer au fond des puisards des composés alcalins solubles dans l'eau (PNPE1410).

L'évaluation des activités relâchées vers l'atmosphère et des conséquences radiologiques associées est réalisée :

- A l'état pré-RP4 900 en considérant une mise en service du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte, 24 heures après l'entrée en accident avec fusion du cœur. De façon pénalisante pour les calculs des conséquences radiologiques, le préfiltre métallique du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte n'est pas valorisé.

- A l'état RP4 900 sans ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte. La mise en œuvre de la disposition EAS-ND (PNPP1811) avec un échangeur disposant d'une source froide indépendante (SF-ND) permet d'éviter l'ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte.

❖ Evaluations des doses à la population

Les doses à la population sont calculées à partir des activités rejetées vers l'atmosphère. Les doses sont calculées pour une population localisée sous le vent de la tranche accidentée. La dose efficace par irradiation et inhalation dans le panache et la dose équivalente à la thyroïde par inhalation sont évaluées à partir de la dispersion de l'activité rejetée dans l'atmosphère et des facteurs de conversion en dose. La comparaison des doses à la population associées à l'état pré-RP4 900 et à l'état RP4 900 permet d'évaluer les gains apportés par les modifications mises en œuvre pour le 4^{ème} RP 900.

Les doses à la population obtenues avec la mise en œuvre de la disposition EAS-ND montrent qu'il n'y a pas de nécessité à imposer des contre-mesures au-delà de 5 km pour l'évacuation et de 10 km pour la prise d'iode stable.

La comparaison avec l'état sans la mise en œuvre de la disposition EAS-ND montre que cette modification permet de limiter de façon importante les conséquences radiologiques d'un accident avec fusion du cœur.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1811 « Mise en place d'un système EAS-ND d'injection d'eau au primaire et d'évacuation de la puissance résiduelle » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPE1410 « Mise en place de paniers de tétraborate de soude dans les puisards du bâtiment réacteur » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration au plus tard en mars 2029.

4.2.4 EPS relatives aux situations avec fusion du cœur (EPS N2)

Partie générique Palier

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF a mis en œuvre un ensemble d'études EPS dites de Niveau 2, intégrant les retombées d'instruction des EPS de Niveau 2 développées dans le cadre des 3^{èmes} RP des Paliers 900 MWe puis 1300 MWe.

Ces études ont pour objectif d'évaluer le risque de rejets et de positionner le niveau de sûreté de l'installation. De plus, EDF s'est fixé un objectif de réduction de la fréquence des scénarios menant notamment à des rejets précoces et importants ou au percement du radier.

L'EPS de Niveau 2 est développée à partir du modèle EPS de Niveau 1. La méthodologie utilisée est reconduite du 3^{ème} RP 1300, dont les données d'entrée sont rappelées ci-dessous :

- Evaluation de la tenue ultime de l'enceinte : l'étude du comportement de l'enceinte de confinement au-delà des conditions de dimensionnement est une étape importante dans le développement d'une EPS de niveau 2. Les études mécaniques de structure réalisées pour l'EPS de niveau 2 permettent de caractériser les différents modes de ruine de l'enceinte de confinement possibles afin d'établir une distribution probabiliste de la tenue ultime de l'enceinte (courbe de fragilité).
- Phénoménologie « *Accident avec fusion du cœur* » : compte tenu de son objectif d'évaluation du risque de rejets sous le double aspect fréquence / amplitude, l'EPS de niveau 2 modélise les différents modes possibles de perte de confinement. Parmi eux, l'occurrence des phénomènes physiques susceptibles de survenir en situation d'accident avec fusion du cœur joue un rôle important. Les études phénoménologiques sont alimentées par des données issues de l'état de l'art international identifiées dans les études déterministes, ainsi que par des résultats obtenus avec des codes de calcul dédiés.

- Facteur Humain : à l'exception de quelques actions prescrites en Conduite Incidentelle - Accidentelle, les missions modélisées sont principalement issues de la conduite en accident avec fusion du cœur. L'évaluation probabiliste du facteur humain est réalisée à l'aide d'une méthode de quantification permettant de tenir compte des spécificités des différents systèmes de conduite rencontrés en situation de crise (équipe de conduite, puis équipe locale de crise, et enfin équipe de crise nationale) et des délais disponibles pour réaliser l'action.
- Fiabilité des systèmes valorisés pour limiter les conséquences de l'accident avec fusion du cœur.

Chaque séquence fonctionnelle aboutit à une conséquence appelée « *catégorie de rejets* ». Ces catégories de rejets permettent de regrouper les scénarios accidentels qui sont considérés d'un niveau comparable sur le plan des rejets :

- Rejets « *voie air* » :
 - R1 : rejets précoces et importants ; il s'agit de l'ensemble des séquences avec rupture franche ou bipasse de l'enceinte avant 24 h (mode β), rupture enceinte induite par des phénomènes d'accident avec fusion du cœur (dont les RTGV induites), dilutions hétérogènes avec transitoire de criticité prompte, fusions avec bipasse. Cette catégorie regroupe également les rejets en cas de découvrage d'un ou plusieurs assemblages de combustible dans le BK, qui est le critère de découplage retenu par EDF vis-à-vis du risque de rejets massifs pour le BK.
 - R2 : rejets tardifs non filtrés ; Il s'agit des séquences avec rupture de l'enceinte après 24 h suite à sa pressurisation lente (échec de l'ouverture ou défaillance du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte).
 - R3 : rejets tardifs filtrés ; Il s'agit des séquences avec mise en œuvre du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte.
 - R4 : rejets limités avec confinement intègre.
 - RD : rejets de type dimensionnement (rejets d'importance et de cinétique cohérentes avec des accidents de dimensionnement ou des accidents du Domaine Complémentaire).

Il s'agit de rejets par voie aérienne via la partie courante de l'enceinte.

- Rejets « *voie eau* » :
 - RP : radier percé ; il s'agit de l'ensemble des séquences avec relocalisation du cœur en cuve menant au percement de la cuve puis à celui du radier à terme.
 - RI : radier intègre ; il s'agit de l'ensemble des séquences sans percement du radier.

Pour répondre aux objectifs, une attention particulière est portée aux rejets R1 et RP.

Les suites de l'instruction du 3^{ème} RP 1300 sont prises en compte et intégrées conformément aux actions prises par EDF. Les évolutions méthodologiques notables par rapport au 3^{ème} RP du Palier 1300 MWe portent sur les thèmes suivants :

- Combustion H₂ (ou CO) : consolidation par des études de sensibilité sur le risque de combustion dans l'enceinte de confinement, y compris lors de la phase cœur fondu hors cuve.
- Risque de RTGV induite et Rupture Branche Chaude induite : amélioration de la méthodologie utilisée dans l'EPS 3^{ème} RP 1300.
- Soulèvement de la cuve : le risque de bipasse du confinement au niveau des traversées de l'enceinte suite à un éventuel soulèvement de la cuve a été pris en compte en cohérence avec les études de l'EPR de Flamanville 3.
- Interaction Corium-Béton (ICB) : évolution de la modélisation suite aux derniers essais.
- Rejets des accidents de dimensionnement : un regroupement de catégories de rejet est introduit afin de traiter les scénarios des accidents de dimensionnement et du Domaine Complémentaire.

EPS N2 « Événements Internes »

Cette EPS évalue la nature et le risque de rejets radioactifs des séquences réputées mener à l'endommagement du combustible dans l'EPS de niveau 1 « *Événements Internes* », ainsi que les séquences de bipasse sans fusion.

Rejets précoces (R1)

La fréquence de rejets précoces a été divisée par un facteur 2. Cette amélioration est essentiellement liée à la réalimentation par le DUS des vannes électriques d'isolement enceinte (PNPE1073 et PNPE1068), ce qui renforce la maîtrise du confinement en cas de perte totale des sources électriques. Le risque de rejets précoces est de l'ordre de quelques 10^{-7} / année.réacteur, ce qui représente moins de 10 % du risque de fusion du cœur de l'EPS événements internes N1 4^{ème} RP 900, et ce qui rend le risque de rejets précoces et importants extrêmement improbable.

Radier Percé (RP)

La fréquence annuelle de percement du radier, évaluée à quelques 10^{-6} / année.réacteur à l'issue du 3^{ème} RP 900, a été réduite lors du 4^{ème} RP 900 grâce aux dispositions d'étalement à sec et de renoyage du corium (PNPP1976) associées à la mise en place du dispositif EAS-ND (PNPP1811) et de la Source Froide Noyau Dur, qui permet notamment le refroidissement à long terme du corium. Ces dispositions matérielles et, pour les transitoires les plus rapides, une conduite adaptée au renoyage du corium s'appuyant sur la mesure de détection de percement de la cuve (PNXX1746) permettent la stabilisation du corium sur le radier et l'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte. La probabilité de percement du radier est ramenée à une fréquence de l'ordre de quelques 10^{-7} / année.réacteur, ce qui répond à l'objectif d'éviter des effets durables dans l'environnement.

EPS N2 « Agressions »

Démarche générale

Les principales agressions ont été modélisées ce qui constitue une première sur le parc, et place EDF au meilleur état de l'art sur les agressions incendie, inondation interne et séisme.

En premier lieu, les séquences de fusion consécutives à une agression et présentant une typologie accidentelle similaire (état initial de la chaudière, initiateur, scénario menant à la fusion du cœur) sont regroupées en Etats Dégradés de l'Installation (EDI) auxquels est associé un scénario dit « *Accident avec fusion du cœur* ».

Chaque scénario « *Accident avec fusion du cœur* » prend en compte les moyens de mitigation, les différents phénomènes d'accident avec fusion du cœur pouvant être induits par l'état du cœur et les différents modes potentiels de perte de confinement pouvant conduire à des rejets radioactifs.

Dans un second temps, les impacts fonctionnels des différents scénarios liés à l'agression étudiée (incendie, inondation interne, séisme) menant à la fusion du cœur sur les matériels cibles participant à la mitigation de l'accident avec fusion du cœur et à la limitation des rejets radioactifs, sont caractérisés et modélisés de la même manière que pour l'EPS agression N1 considérée (incendie, inondation interne, séisme).

Une quantification du risque de rejets radioactifs, suite à l'agression étudiée, est ensuite réalisée en regroupant par catégorie de rejets les conséquences des scénarios accidentels selon la même approche que celle utilisée pour l'EPS Evénements Internes N2.

EPS incendie N2

Les résultats de l'EPS incendie N2, réalisée sur les volumes de feu concourant de manière prépondérante au risque de fusion de cœur, indiquent que l'agression incendie n'impacte pas au premier ordre les matériels valorisés dans la gestion d'un accident avec fusion du cœur puisque la répartition des différents risques de rejets étudiés est similaire aux ordres de grandeurs de l'EPS Evénements Internes N2.

A court terme, le confinement est assuré par l'intégrité de la troisième barrière et permet d'éviter les rejets R1 dans une grande majorité des cas. La dépressurisation de l'enceinte par le dispositif de décompression-filtration de l'enceinte permet de maintenir son intégrité sur le long terme, et un bon niveau de confinement des produits de fission. La possibilité de renvoyer le corium par la mise en œuvre de la disposition EAS-ND en complément du refroidissement par l'EAS, permet de diminuer le risque de percement du radier par le corium.

Suite à l'instruction menée dans le cadre du GP EPS :

- En application de la prescription [AG-C-I] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF protège, à l'égard des agressions d'origine interne, les composants de la chaîne de mesure « gamme large » de la pression de l'enceinte de confinement situés dans les principaux locaux électriques de la voie de sûreté B (TCDI0083).

- Afin de renforcer la disponibilité de l'EAS-ND, une consigne de conduite APE demandant l'ouverture en local des vannes permettant la mise en service du dispositif EAS-ND en cas de perte de leur alimentation électrique est prévue. De plus, pour les cas où le local des vannes ne serait pas accessible et pour permettre une manœuvre depuis le bâtiment électrique (BL) dans une situation de perte de leur alimentation électrique, un coffret prise est installé dans le BL, alimenté directement depuis un tableau du DUS. Ce coffret permet d'alimenter et de commander les vannes nécessaires à la fonction d'injection Noyau Dur, grâce à une cellule autocontrôle (TCDI19070).

Rejets précoces (R1)

Les principaux contributeurs au risque de rejets R1 font suite à des scénarios d'incendie dans le bâtiment électrique lorsque le réacteur est en puissance. En effet, dans certaines situations, un incendie dans le bâtiment électrique pourrait engendrer la perte de la voie électrique A et des alimentations électriques externes. Néanmoins, dans cette situation, la redondance des moyens d'isolement des traversées enceinte et la mission de fermeture en local des vannes d'isolement enceinte lorsqu'elle n'est pas affectée par l'incendie permettent d'obtenir un risque de rejets R1 résiduel de l'ordre de quelques 10^{-7} / année.réacteur.

Radier Percé (RP)

Les principaux contributeurs au risque de rejets RP font suite à des scénarios d'incendie dans le bâtiment électrique, lorsque le réacteur est en puissance.

Les rejets RP sont principalement liés à une indisponibilité de l'EAS suite à la perte d'une voie EAS induite par l'incendie et la défaillance intrinsèque de l'autre voie. La ligne de mitigation des accidents avec fusion du cœur en cas d'agression interne survenant dans les locaux électriques de la voie A conduit à un risque de rejets RP de l'ordre de quelques 10^{-6} / année.réacteur.

EPS inondation interne N2

Les résultats de l'EPS inondation interne N2 indiquent qu'à court terme, le confinement est assuré par l'intégrité de la troisième barrière et permet d'éviter les rejets R1 dans une grande majorité des cas. La dépressurisation de l'enceinte par le dispositif de décompression-filtration de l'enceinte permet de maintenir son intégrité sur le long terme et un bon niveau de confinement des produits de fission.

La possibilité de renoyer le corium par la mise en œuvre des dispositions de stabilisation du corium et EAS-ND en plus du refroidissement par l'EAS, permet de diminuer le risque de percement du radier par le corium.

Suite à l'instruction menée dans le cadre du GP EPS, en application de la prescription [AG-C-I] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF protège, à l'égard des agressions d'origine interne, les composants de la chaîne de mesure « gamme large » de la pression de l'enceinte de confinement situés dans les principaux locaux électriques de la voie de sûreté B (TCDI0083).

Rejets précoces (R1)

Pour les états réacteur en puissance, les principaux contributeurs au risque de rejets R1 font suite à des scénarios d'inondation interne dans le bâtiment électrique. En effet, dans certaines situations, une inondation dans le bâtiment électrique peut engendrer une Perte Totale des Alimentations Electriques (H3) de la tranche. Néanmoins, dans cette situation, la mission de fermeture en local des vannes d'isolement enceinte n'est pas affectée par l'inondation, et permet de réduire significativement le risque de rejets R1.

En états d'arrêts, la principale contribution au risque de rejets R1 est portée par l'échec de la refermeture du tampon d'accès matériel, qui est indépendante de l'agression de la tranche par l'inondation.

Le risque de rejets R1 est évalué de l'ordre de 10^{-7} / année.réacteur.

Radier Percé (RP)

Les principaux contributeurs au risque de rejets RP font suite à des scénarios d'inondation interne dans le Bâtiment Electrique, lorsque le réacteur est en puissance.

Les rejets RP sont principalement liés à une indisponibilité de l'EAS générée par l'inondation. Cependant, la mise en œuvre des dispositions de stabilisation du corium et l'EAS-ND ainsi que l'implantation de siphons de sol dans les locaux électriques sensibles (PNPE1279), permettent de réduire le risque de rejets RP.

Le risque de percement du radier RP est de l'ordre de quelques 10^{-7} / année.réacteur.

EPS Séisme N2

Les résultats de l'EPS séisme, et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentées dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte tenu de leur caractère site-dépendant.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

Enseignements EPS séisme de niveau 2 :

L'EPS Séisme Niveau 2 de Gravelines a permis d'établir les enseignements suivants en considérant les séismes sur une fenêtre de scrutation de l'EPS correspondant à une période de retour de 150 000 ans :

- Le risque de rejets « voie air » précoces, suite à la fusion du cœur après un séisme sur une tranche représentative de Gravelines est de l'ordre de 9.10^{-8} / année.réacteur.
- Le risque de rejets « voie air » tardifs, suite à la fusion du cœur après un séisme sur une tranche représentative de Gravelines est de l'ordre de 2.10^{-7} / année.réacteur.
- Le risque de rejets « voie eau », suite à un séisme sur une tranche représentative de Gravelines est de l'ordre de 5.10^{-7} / année.réacteur.
- Les dispositions Post-Fukushima valorisées en prévention et en mitigation de la fusion permettent de limiter notablement les risques de rejets importants et précoces « voie air » ainsi que les rejets « voie eau ».

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1068 tome A « Mise en place d'une distribution électrique Noyau Dur ».
- PNPE1073 « Mise en place d'un contrôle-commande Noyau Dur pour les matériels existants ».
- PNPE1279 « Protection inondation interne des locaux voie B au plancher 4 du Bâtiment Electrique – siphon de sol ».
- PNPP1811 « Mise en place d'un système EAS-ND d'injection d'eau au primaire et d'évacuation de la puissance résiduelle ».
- PNPP1976 « Mise en place d'un dispositif d'étalement à sec et de stabilisation du corium sous eau ».

- PNXX1746 « Détection percée de cuve et fonctionnement recombineur hydrogène par température élevée ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

Les modifications TCDI0083 « Protection des composants de la chaîne de mesure « gamme large » de la pression de l'enceinte de confinement situés dans les principaux locaux électriques de la voie de sûreté B » et TCDI19070 « Mise en place d'un palliatif à la perte du tableau LUU » seront déployées dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPE 1068 tome C « Mise en place d'une distribution électrique Noyau Dur » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines prévue au plus tard lors de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

4.3 Conclusion

Dans le domaine des situations d'accidents avec fusion du cœur, EDF met en œuvre une approche d'études déterministes (jusqu'au calcul des conséquences radiologiques) et probabilistes (évaluation des risques de rejets) pour se positionner sur les améliorations de sûreté à apporter pour répondre aux objectifs du réexamen.

Ainsi, dans le cadre du 4^{ème} RP 900, les dispositions suivantes viennent compléter les dispositions existantes :

- La disposition EAS-ND qui permet d'assurer le refroidissement du corium en cuve ou hors cuve et d'évacuer la puissance résiduelle hors du BR sans recourir à l'ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte.
- La disposition de stabilisation du corium basée sur un étalement à sec du corium sur le radier du BR puis son renoyage, qui permet de réduire le risque de perte du confinement par percement du radier.
- La collecte des fuites des organes les plus sensibles du circuit EAS-ND qui permet d'améliorer le confinement en situation d'accident avec fusion du cœur.
- Le renforcement des hublots des sas du BR qui permet d'améliorer le confinement de l'enceinte en situation d'accident avec fusion du cœur.

De manière déterministe, ces modifications permettent ainsi la réduction significative des doses à la population.

En complément, en application de la prescription [AG-D] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF met en œuvre les dispositions suivantes :

- La réinjection dans le BR des effluents présents dans les puisards du BK, qui permet de réduire la dissémination d'éventuelles fuites liquides.
- La disposition de décontamination de l'eau du BR, qui permet de réduire l'impact d'éventuelles fuites liquides.

Sur le plan probabiliste, les dispositions mises en place dans le cadre du 4^{ème} RP 900 permettent de rendre les rejets précoces et importants suite à la fusion du cœur pour l'EPS Evénements Internes extrêmement improbables.

Enfin, EDF a réalisé dans le cadre du 4^{ème} RP 900 un ensemble d'études EPS dites de Niveau 2 pour les agressions, ce qui constitue le meilleur niveau des standards internationaux dans ce domaine.

SECTION 5 : RISQUES CONVENTIONNELS

SOMMAIRE SECTION 5

SECTION 5 : RISQUES CONVENTIONNELS

5.1 Objectif	366
5.2 Réponse à l'objectif	366
5.3 Conclusion	372

SECTION 5 : RISQUES CONVENTIONNELS

5.1 Objectif

Objectif : Maîtriser les risques d'accidents conventionnels

L'arrêté du 7 février 2012 modifié a élargi le champ de la démonstration de sûreté nucléaire aux risques d'accidents conventionnels sur les intérêts à protéger. Le terme « *accident conventionnel* » est utilisé pour qualifier un accident pouvant avoir des conséquences non radiologiques et/ou faiblement radiologiques⁴. Leur maîtrise doit être obtenue par la maîtrise des fonctions de sûreté suivantes :

- le confinement des substances dangereuses et radioactives,
- la protection des personnes et de l'environnement contre les effets toxiques, les effets de surpression, les effets thermiques et les effets liés à l'impact de projectiles.

5.2 Réponse à l'objectif

Partie générique Palier

Dans le cadre d'une démarche proportionnée aux enjeux, l'analyse de risque est adaptée aux potentiels de dangers présents dans l'installation. Elle s'appuie essentiellement sur les méthodologies et pratiques issues des installations de type ICPE et se décline selon les principales étapes suivantes :

- Une description et une caractérisation du site et de son environnement.
- Une identification et une caractérisation des potentiels de dangers.
- Une analyse du retour d'expérience.
- Une évaluation des risques.

Cette évaluation des risques est menée suivant trois étapes :

❖ Etape 1 : Analyse préliminaire des risques

⁴ Les accidents pouvant avoir des conséquences faiblement radiologiques concernent certaines installations conventionnelles.

Préalablement, les potentiels de dangers ont été identifiés et caractérisés au travers des effets qu'ils peuvent générer sur les intérêts à protéger : effets thermiques, effets toxiques par voie air/eau, effets de surpression, effets faiblement radiologiques, effets liés à l'impact de projectiles, et au travers des effets dominos qu'ils peuvent engendrer.

Sur la base de cet inventaire des potentiels de dangers, l'analyse préliminaire des risques permet d'identifier les scénarios d'accidents enveloppes susceptibles de générer des effets sur les intérêts à protéger.

Outre l'identification des scénarios potentiels d'accidents, l'analyse préliminaire des risques permet d'identifier les différentes dispositions pour la maîtrise des risques conventionnels.

❖ Etape 2 : Caractérisation de l'intensité des effets

L'étape 2 est menée sur les scénarios d'accidents sélectionnés à l'issue de l'analyse préliminaire des risques.

Pour les effets par voie aérienne liés aux risques conventionnels :

Les effets des phénomènes dangereux sont étudiés de manière déterministe et réaliste. La caractérisation de l'intensité de ces effets permet de conclure à la nécessité ou non d'effectuer une analyse approfondie des risques telle que détaillée à l'étape 3.

Pour les effets non radiologiques par voie aérienne, l'intensité des effets est évaluée par rapport aux valeurs de référence figurant dans l'annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005 conformément aux dispositions du II de l'article 3.7 de l'arrêté du 7 février 2012 modifié.

Concernant les effets liés à l'impact d'un projectile, conformément à l'annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005 et à la circulaire du 10 mai 2010, ceux-ci ne sont considérés qu'au regard des éventuels effets dominos sur les installations du site situées dans le voisinage proche.

Concernant les effets faiblement radiologiques par voie air, leur acceptabilité vis-à-vis des intérêts à protéger est démontrée à travers l'analyse des conséquences radiologiques des incidents et accidents de dimensionnement.

En l'absence de dépassement des valeurs de référence pour les effets non radiologiques sur les intérêts à protéger, le scénario d'accident par voie aérienne étudié est considéré maîtrisé. Dans le cas contraire, une analyse approfondie des risques est réalisée.

Pour les effets par voie liquide liés aux risques conventionnels :

Pour les effets toxiques ou faiblement radiologiques sur l'environnement par voie eau, en l'absence de seuil quantitatif de référence, la gravité potentielle des conséquences sur l'environnement par voie eau est évaluée de manière qualitative. La maîtrise des risques est, dans ce cas, démontrée à travers la mise en place de dispositifs de confinement passifs adaptés. Ces dispositifs constituent l'ultime barrière pour la protection de l'environnement et sont donc définis comme Eléments Importants pour la Protection des intérêts (EIP). Une démarche proportionnée aux enjeux basée sur la dangerosité des substances liquides et sur les quantités entreposées permet d'identifier des substances « *à enjeu environnemental méritant attention* ». Pour ces substances, les EIP sont étendus aux équipements actifs contribuant au confinement liquide. D'autre part, en tant qu'ouvrages de confinement ultimes avant rejet dans l'environnement, les ouvrages de confinement ultimes sur le réseau d'eaux pluviales SEO et les dispositifs actifs associés constituent également des EIP.

❖ Etape 3 : Analyse approfondie des risques

Pour chaque scénario d'accident conventionnel ayant potentiellement des effets non radiologiques par voie aérienne sur les intérêts à protéger, une analyse approfondie des risques est menée. Celle-ci vise à déterminer la probabilité d'occurrence de l'accident et la gravité des conséquences. La gravité des conséquences est la combinaison de l'intensité des effets et de la vulnérabilité des cibles situées dans la zone exposée à ces effets, en tenant compte de la cinétique du phénomène.

En fonction de leur niveau de probabilité et de gravité, les scénarios d'accident sont ensuite positionnés dans la grille de hiérarchisation des risques utilisée pour les ICPE. Cette grille fait apparaître trois zones :

- Une zone de risque élevé, zone rouge, où le risque est considéré comme inacceptable. Il est alors nécessaire de prendre des mesures de réduction du niveau de risque.
- Une zone de risque intermédiaire, zone orange, où le risque est tolérable mais dans laquelle une démarche d'amélioration est à envisager, en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que raisonnablement possible, compte tenu de l'état des connaissances, des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.
- Une zone de risque moindre, zone verte, où le risque est acceptable en l'état.

L'analyse est menée d'une manière itérative avec l'étape 2 selon un ou plusieurs des trois leviers suivants jusqu'à démontrer l'acceptabilité du risque :

- Réduction du risque à la source.
- Affinement du scénario.
- Identification et valorisation de dispositions de maîtrise des risques (prévention, surveillance, mitigation) en vue de diminuer l'occurrence et/ou les conséquences du scénario d'accident. Ces dispositions de maîtrise des risques constituent les mesures de maîtrise des risques.

Les deux derniers leviers font intervenir l'ensemble des initiateurs plausibles. Ces derniers comprennent notamment les agressions internes, agressions externes et cumuls plausibles.

Parmi les mesures de maîtrise des risques potentiellement identifiées, celles strictement nécessaires à la démonstration de sûreté constituent des Eléments et Activités Importants pour la Protection des intérêts (EIP et AIP). Les fonctions portées par ces mesures ne doivent pas être remises en cause par les initiateurs et effets associés aux scénarios retenus. Les exigences auxquelles doivent satisfaire les EIP et AIP sont ainsi définies.

Les résultats des études, et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentés dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte tenu de leur caractère site-dépendant.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

L'étude de dangers réalisée pour le CNPE de Gravelines selon la méthodologie détaillée ci-dessus permet de conclure que l'ensemble des risques conventionnels présentés par les installations relevant du régime des Installations Nucléaires de Base (INB) sont considérés maîtrisés.

Aucun scénario accidentel pouvant conduire à un risque inacceptable vis-à-vis des intérêts protégés n'est identifié.

Compte-tenu de deux scénarios accidentels associés à un risque tolérable et identifiés au niveau de la station de décarbonatation et des locaux d'électrochloration, une Mesure de Maîtrise des Risques (MMR) est valorisée pour chacun d'entre eux afin de réduire la probabilité d'occurrence :

- A la station de décarbonatation, la MMR vise à autoriser le dépotage en chlorure ferrique et en hypochlorite de sodium afin d'éviter un mélange de substances incompatibles à l'origine d'une dispersion toxique de chlore. Celle-ci est éligible en tant qu'Activité Importante pour la Protection des intérêts (AIP) : « Autoriser le dépotage de substances dangereuses ». Les exigences définies associées à cette AIP sont de :
 - s'assurer physiquement que le produit reçu est conforme au produit attendu ;
 - s'assurer du bon raccordement du flexible/bras de chargement aux bouches de connexion en vérifiant le bon raccordement du flexible à la bonne bouche de connexion ;
 - s'assurer de l'autorisation de dépotage par une action physique.
- Aux locaux d'électrochloration, la MMR vise à autoriser le dépotage en acide chlorhydrique afin d'éviter la formation d'une nappe à l'origine d'une dispersion toxique de chlorure d'hydrogène. Elle est également éligible en tant qu'AIP : « Autoriser le dépotage de substances dangereuses ». Les exigences définies associées à cette AIP sont de :
 - s'assurer du bon raccordement du flexible/bras de chargement aux bouches de connexion et l'immobilisation de la capacité à dépoter (camion arrêté/bloqué, état visuel du flexible, absence de fuite, raccords correctement enclenchés/vissés) ;
 - s'assurer de l'autorisation de dépotage par une action physique.

Un scénario d'incendie sur l'aire TFA mettant en jeu la totalité des potentiels de dangers et d'éclatement de bouteille au parc GNU présentent des niveaux de risque acceptables sur les intérêts à protéger.

Les situations accidentelles à l'exception des cas précédents, n'ont pas d'effets non radiologiques à l'extérieur des limites de site.

La démarche de réduction des risques conduit donc à l'identification de deux AIP « Autoriser le dépotage de substances dangereuses » à la station de décarbonatation et aux locaux d'électrochloration. Aucun EIPr "voie air" n'est identifié.

Concernant les situations accidentelles non radiologiques envisagées pour l'îlot nucléaire, la station de pompage et les galeries techniques, les dispositions prises au titre de la maîtrise du risque radiologique permettent de conclure à l'absence d'effets à l'extérieur des limites de site.

Pour se prémunir des déversements accidentels de substances dangereuses ou faiblement radioactives liquides dans l'environnement, le confinement des substances déversées est assuré, cela permet ainsi de garantir la

maîtrise des risques. Les dispositifs assurant ce confinement constituent des EIPr “voie eau”.

Les risques conventionnels que présente le CNPE de Gravelines vis-à-vis des intérêts à protéger sont maîtrisés.

Bilan de l'état de la tranche

Il n'y a pas de modification concernant ce thème sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

5.3 **Conclusion**

Les réacteurs du Palier CPY font l'objet d'une démonstration au fur et à mesure des arrêts VD4 900. Les éléments concourant à la démonstration de la protection des intérêts vis-à-vis des risques conventionnels font l'objet du statut d'EIP à compter du 4^{ème} RP 900.

SECTION 6 : ETUDES TRANSVERSESES

SOMMAIRE SECTION 6

SECTION 6 : ETUDES TRANSVERSES

6.1 Aspects Socio-Organisationnels et Humains (SOH).....	375
6.1.1 Présentation de la démarche	375
6.1.2 Mise en œuvre dans le cadre du quatrième réexamen périodique.	375
6.1.3 Conclusion.....	378
6.2 Essais de l'installation	379
6.2.1 Généralités	379
6.2.2 Démarche relative aux essais	380
6.2.2.1 Essais de requalification	380
6.2.2.2 Essais décennaux spécifiques	382
6.2.2.3 Essais périodiques décennaux.....	384
6.2.2.4 Essais réglementaires.....	386
6.2.2.5 Essais particuliers.....	391
6.2.3 Conclusion.....	393
6.3 Dossiers de référence règlementaire	393

SECTION 6 : ETUDES TRANSVERSES

6.1 Aspects Socio-Organisationnels et Humains (SOH)

6.1.1 Présentation de la démarche

La démarche SOH a pour objectif d'intégrer la connaissance des pratiques de travail existantes dans les choix de conception afin de s'assurer que l'organisation et les personnes seront en mesure d'assimiler les évolutions de l'installation et de l'exploitation.

Ainsi, tout projet d'évolution fait l'objet d'une analyse des risques et d'une identification des changements. Celle-ci comprend une analyse des impacts SOH et des impacts Sécurité (selon les principes de l'INSAG 18). La cartographie des risques et parades associées est mise à jour et examinée périodiquement.

L'enjeu de la démarche SOH est de renforcer la performance, notamment en matière de sécurité, des évolutions (techniques, documentaires, réglementaires, organisationnelles, etc.) mises en œuvre sur le Parc nucléaire, en développant, pour les CNPE des solutions :

- Exploitable (faciles d'appropriation et adaptées aux activités existantes).
- Fiables (diminuant les risques).
- Efficaces (garantissant l'obtention des résultats attendus sur le terrain).

Le principe de la démarche SOH consiste à prendre en compte, dès la conception et par les concepteurs eux-mêmes, les impacts sur les situations de travail individuelles et collectives provoqués par les évolutions réglementaires, techniques, documentaires (référentiels) ou organisationnelles. Cela permet d'agir sur l'ensemble des facteurs susceptibles d'influencer la qualité des résultats et des performances attendues.

6.1.2 Mise en œuvre dans le cadre du quatrième réexamen périodique

Partie générique Palier

L'ampleur et la quantité de modifications envisagées et des impacts associés pour le quatrième réexamen périodique engendrent des évolutions significatives des activités de travail et plus généralement de métiers sur site, qui doivent être anticipées et organisées avec une vision globale de l'ensemble des lots de modifications et d'évolutions de la conduite.

La démarche SOH mise en œuvre pour le 4^{ème} RP 900 prend en compte les problématiques cumulées des affaires réalisées lors de la TTS du 4^{ème} RP 900.

Ainsi les actions menées portent sur l'organisation du projet, la compétence des acteurs impliqués et les modalités d'analyse des impacts SOH, unitaire et d'ensemble, des modifications apportées par les évolutions introduites lors du quatrième réexamen.

L'ensemble des concepteurs sont sensibilisés aux enjeux des Facteurs Organisationnels et Humains dans les systèmes complexes à risque, et formés à la déclinaison pratique de la démarche SOH. Les concepteurs sont également appuyés par des spécialistes internes (correspondants SOH des services, équipe SOH centrale avec un référent de la tranche) et externes (société de conseil/expertise en FOH).

Au-delà du processus SOH mis en œuvre dans chaque entité, le projet EDF en charge du quatrième réexamen périodique est organisé pour assurer un pilotage et un suivi renforcé de la prise en compte de la dimension SOH des affaires au cours de réunions mensuelles d'animation SOH.

Les impacts identifiés ont permis de focaliser les échanges avec l'exploitant au cours des 20 rencontres SOH organisées sur site dont l'objectif était :

- De s'assurer de la maîtrise des impacts SOH identifiés auprès des métiers concernés.
- D'orienter la conception.
- De caractériser les mesures d'accompagnement à prévoir (définition des besoins de formation).

Sur la base des analyses SOH unitaires, une analyse d'ensemble a ensuite été réalisée, afin de s'assurer de la maîtrise de l'impact global de toutes les modifications sur les différents métiers du CNPE. Elle a mis en évidence que les métiers de la conduite et de la maintenance (électricité et automatisme principalement) sont particulièrement concernés, compte tenu du périmètre technique des évolutions prévues. Les interfaces entre les différentes affaires ont été identifiées et les conceptions unitaires ont été coordonnées en conséquence. Ainsi, en complément de la démarche générale, trois domaines ont fait l'objet d'une étude transverse :

- La conduite Noyau Dur : la démarche Exploitabilité Noyau Dur s'attache à vérifier sur le terrain la faisabilité unitaire et globale des actions locales requises en situation Noyau Dur (au sens des PT-ASN) dans les premières 24 heures, avec un site isolé (ie. ressources locales uniquement).
- La salle de commande : l'ensemble des modifications ayant un impact fait l'objet d'un plan d'intégration global, qui permet de définir et de valider les choix de conception vis-à-vis de l'évolution des activités en salle de commande.
- L'élaboration du programme global de formation : des réunions régulières permettent la concertation entre l'ingénierie, l'organisme de formation, et l'animation métier, pour définir le type de réponse formative à prévoir et l'articulation d'ensemble par rapport aux programmes de formation existants.

A l'issue du premier déploiement sur la Tranche Tête de Série (Tricastin 1), un Retour d'Expérience (REX) a été organisé pour s'assurer de l'efficacité des mesures de conception adoptées et des dispositions d'accompagnement mises en œuvre. Ce REX porte sur la réalisation des travaux ainsi que sur les activités d'exploitation, au travers notamment d'observations in situ suite au redémarrage, afin de s'assurer de la maîtrise par les équipes des installations modifiées.

En application de la prescription [FOH-A] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, au plus tard le 31 décembre 2024, EDF évaluera la capacité des systèmes sociotechniques complexes que constituent ses centrales nucléaires à faire face à la diversité des situations réelles d'exploitation. Pour cela, EDF a transmis à l'Autorité de Sûreté Nucléaire fin 2021, un programme d'études associé.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Il n'y a pas de modification concernant ce thème sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

6.1.3 Conclusion

L'ensemble des dispositions qui ont été engagées en conception, en concertation avec l'exploitant et portées tout au long du processus, ont permis aux organisations et aux personnes de se préparer à la réalisation de la Visite Décennale et d'intégrer les modifications de l'installation dans l'évolution des activités d'exploitation et de maintenance.

6.2 Essais de l'installation

6.2.1 Généralités

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900 et suite à l'intégration des modifications et aux évolutions du référentiel, il est nécessaire de s'assurer de la sûreté et de la disponibilité de l'installation. Ces vérifications, réalisées lors des essais, contribuent à garantir la conformité au nouveau référentiel en vigueur.

La démarche se décompose en 2 volets :

- Des **essais de requalification** des modifications sont définis pour valider la conception et la réalisation sur site de la modification et démontrer l'absence de régression sur le fonctionnement des systèmes en interface.
- Au-delà de la démarche élémentaire, une analyse est menée pour s'assurer de l'adéquation des essais réalisés (requalification, EP, autres) au vu d'un nombre important de modifications et de définir, si nécessaire, des **essais décennaux** afin de garantir le comportement global de l'installation compte tenu des exigences et des performances attendues.

De plus, le panel **d'essais périodiques décennaux** (périodicité 10 ans - chapitre IX des RGE) ainsi que les **essais réglementaires**, associés à une visite décennale, sont programmés et réalisés sur toutes les tranches.

Dans le cadre de l'instruction relative aux Essais particuliers, EDF s'est engagée à réaliser un certain nombre d'essais sur les tranches du palier CPY :

- Des essais ponctuels visant à confirmer l'analyse d'exhaustivité des Essais Périodiques.
- Des essais ponctuels visant à vérifier certaines dispositions mises en œuvre en situation accidentelle.
- Des essais ponctuels visant à conforter les hypothèses de modélisation et la qualification des outils de calcul scientifique.

Certains de ces essais répondent à la prescription [CONF-B] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

6.2.2 Démarche relative aux essais

6.2.2.1 Essais de requalification

❖ Définition et objectifs des essais de requalification

Les essais de requalification des modifications permettent :

- De vérifier la bonne réalisation d'une modification matérielle sur toutes les tranches conformément à ses spécifications.
- De compléter la validation de la conception d'une modification matérielle par une réalisation sur une tranche tête de série.
- De vérifier la non-régression du fonctionnement de l'installation suite à l'intégration de la modification matérielle en particulier vis-à-vis des équipements non modifiés en interface.

Les essais de requalification sont déterminés à partir d'une analyse d'exhaustivité des essais dont les principes directeurs sont définis par un guide Méthodologique d'Essais dédié.

La démarche, menée sur tous les dossiers, consiste en un examen du périmètre de la modification comprenant :

- Une analyse matérielle pour identifier les essais élémentaires des matériels modifiés ou ajoutés.
- Une analyse fonctionnelle pour définir les essais fonctionnels sollicitant les matériels dans toutes les configurations requises.
- Une analyse de l'impact de la modification sur l'installation en particulier sur les équipements en interface pour définir les essais de non-régression.
- Une analyse du périmètre des travaux pour identifier des besoins d'essais complémentaires en cas de dépose ou de déconnexion d'équipements pour la réalisation de l'intervention.

La réussite de chaque essai, ainsi défini, est conditionnée au respect de critères associés à une catégorie selon leur importance vis-à-vis de la démonstration de la disponibilité d'une fonction de sûreté ou importante pour la sûreté.

Chaque modification fait l'objet d'un Programme de Principe de Requalification (PPR) et de Procédures d'Exécution d'Essais (PEE).

Les objectifs du programme de principe de requalification sont de fournir :

- La démonstration, à travers l'analyse d'exhaustivité, que le programme de requalification couvre l'ensemble des fonctions qui participent à la protection des intérêts impactées par la modification.
- La justification des essais et du classement des critères associés.
- Une description sommaire de l'ensemble des procédures prévues avec leur enchaînement.
- La traçabilité des évolutions des procédures d'essais et de leur applicabilité sur site.

Les procédures d'exécution d'essais sont des documents opératoires qui définissent, dans le détail, chacun des essais prévus dans le PPR et qui comportent notamment les critères d'acceptation des essais.

Les essais sont réalisés à la fin des travaux, après avoir obtenu la garantie que l'installation modifiée est bien conforme et prête à subir ces essais (récolement fonctionnel).

❖ **Mise en œuvre des essais de requalification**

Les essais de requalification sont définis et sont mis en œuvre lors de l'intégration de chaque modification. Les résultats des essais sont analysés à la suite de leur réalisation. L'essai est satisfaisant s'il s'est entièrement déroulé et si l'ensemble des critères participant à la démonstration de la disponibilité d'une fonction de sûreté ou importante pour la sûreté sont bien respectés. Le respect des critères en lien avec les fonctions de sûreté ou les fonctions importantes pour la sûreté impactées par les modifications permet de s'assurer de la disponibilité de l'installation pour son exploitation.

6.2.2.2 *Essais décennaux spécifiques*

❖ **Définition et objectifs des essais décennaux spécifiques**

La démarche de définition des essais décennaux est fondée sur une approche transverse aux dossiers de modifications permettant d'analyser les problématiques liées à l'intégration de plusieurs modifications relatives à de mêmes équipements, sur une analyse de la représentativité des essais réalisés au premier démarrage des tranches et sur la vérification de la complétude du programme d'essais périodiques.

Les essais décennaux sont appliqués sur une tranche, sauf si les résultats ne sont pas représentatifs des autres tranches ; auquel cas, ils peuvent être appliqués sur plusieurs tranches.

La méthodologie est menée suivant les axes d'analyse suivants :

- Axe 1 : analyse de l'exhaustivité des requalifications mises en œuvre sur les modifications intégrées à l'occasion du réexamen périodique, en considérant les cas d'équipements modifiés dans le cadre de plusieurs dossiers.
- Axe 2 : vérification de l'adéquation des essais de requalification élaborés dossier par dossier vis-à-vis de la prise en compte des thèmes transverses (température extrême air, température extrême eau, gestion des départs électriques).
- Axe 3 : analyse de la représentativité des essais de premier démarrage après intégration des modifications depuis le précédent réexamen.
- Axe 4 : analyse de la complétude du programme d'essais périodiques.
- Axe 5 : analyse du REX des événements significatifs de sûreté.
- Axe 6 : analyse des évolutions de stratégies de conduite.

❖ **Mise en œuvre des essais décennaux spécifiques**

La démarche, explicitée ci-dessus, a été appliquée en prenant en compte les modifications intégrées en phase A du 4^{ème} RP 900. Celle-ci sera reconduite à l'échéance de la phase B du 4^{ème} RP 900 et, en fonction des résultats obtenus, des essais décennaux seront potentiellement réalisés.

Les essais décennaux pour le 4^{ème} RP 900 sont définis conformément à la méthodologie idoine qui s'appuie sur les données d'entrée suivantes : le REX des précédents exercices tout Paliers des essais décennaux, la nature des modifications mises en œuvre depuis le 3^{ème} RP et celles envisagées au 4^{ème} RP 900 (phase A), la liste des essais de premier démarrage du Palier CPY, les évolutions intellectuelles associées au 4^{ème} RP 900 et la teneur du programme d'essais périodiques du Palier CPY.

Essais valides pour toutes les tranches du Palier

Ces essais ont été appliqués à un seul réacteur et ont pour vocation de valider l'ensemble des réacteurs du Palier CPY. Ces essais ont été réalisés sur la tranche 1 du CNPE de Tricastin qui constitue la Tranche Tête de Série (TTS) du 4^{ème} RP 900.

Les analyses menées suivant les six axes explicités ci-avant se concluent par la réalisation de l'essai TTS spécifique suivant :

Essai du bon fonctionnement de la nouvelle distribution électrique issue du groupe électrogène d'ultime secours

L'objectif de cet essai est de valider la bonne conception de la nouvelle distribution électrique Noyau Dur par la mise sous tension de tous les tableaux électriques secourus par le groupe électrogène d'ultime secours.

Les résultats de l'essai sont conformes à l'attendu et valident ainsi l'ensemble des réacteurs du Palier CPY.

Essais réalisés sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Les analyses menées suivant les six axes explicités ci-avant se concluent par la réalisation des essais suivants :

Essai de refroidissement de la piscine combustible par le dispositif « PTR bis »

L'objectif de cet essai est de vérifier le bon refroidissement de la piscine combustible au travers du système mobile de refroidissement alimenté en eau brute au niveau de la source froide par une pompe immergée dans le canal d'amenée.

Les résultats de l'essai sont conformes aux attendus.

Essai transposé de la pompe EAS-ND en recirculation sur puisard

L'objectif de cet essai est de vérifier le bon fonctionnement de la disposition EAS-ND dans une configuration proche de la recirculation sur puisard, c'est-à-dire au travers d'une manchette reliant la bride de refoulement puisard à la ligne d'essai EAS voie B (retour bêche PTR).

Les résultats de l'essai sont conformes aux attendus.

6.2.2.3 Essais périodiques décennaux

❖ Définition et objectifs des essais périodiques décennaux

Le rôle des essais périodiques est de s'assurer de la disponibilité des systèmes EIPS avec un degré de confiance conforme aux attendus. Ils sont requis au titre des Règles Générales d'Exploitation (RGE). Ce degré de confiance est bâti sur :

- L'exhaustivité du programme d'essais périodiques.
- La bonne représentativité des modalités de l'essai.
- La pertinence des critères d'acceptabilité des essais.
- Une périodicité adaptée à la nature, aux modalités des essais et aux risques de défaillance des systèmes testés.

Certains essais sont réalisés à l'occasion de chaque Visite Décennale. Ils sont définis sur la base de la fiabilité intrinsèque des systèmes à tester ainsi que de la nature et des modalités des essais renforcées par le retour d'expérience.

Les essais réglementaires, tels que ceux requis au titre de la réglementation des appareils à pression, sont normalement exclus de cette typologie. Ils sont néanmoins présentés dans ce chapitre en tant que requis réglementaire ([cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 6 – § 6.2.2.4](#)).

❖ Mise en œuvre des essais périodiques décennaux sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines

L'ensemble des essais périodiques de périodicité décennale qui ont été réalisés à l'occasion de l'arrêt VD4 sont les suivants :

Epreuve de l'enceinte de confinement :

L'objectif de l'épreuve enceinte de confinement est de vérifier le respect du critère de taux de fuite global admissible de l'enceinte ainsi que la déformation de la structure linéaire mesurée à différents paliers de pression. Les résultats de l'épreuve sont conformes aux critères d'étanchéité et attestent d'un comportement mécanique satisfaisant de l'enceinte de confinement sous l'effet de la pression.

Essai de réalimentation des GV par CEX en situation H3 par DCC-LH en secours de l'ASG :

L'objectif est de vérifier la capacité fonctionnelle des pompes CEX à alimenter les GV. L'essai est satisfaisant.

Réalimentation de la bêche ASG par SER en gravitaire :

L'objectif est de contrôler le maintien des performances de la fonction d'appoint en gravitaire de la bêche ASG par la bêche SER. L'essai est satisfaisant.

Réalimentation de la bêche ASG par le système JPD :

L'objectif est de contrôler le maintien des performances de la fonction d'appoint de la bêche ASG par les pompes JP*. L'essai est satisfaisant.

Réalimentation manuelle des ventilateurs des locaux électriques (DVL) :

L'objectif est de contrôler la réalimentation électrique des ventilateurs DVL. L'essai est satisfaisant.

Ouverture sous plein delta de pression des vannes d'aspersion enceinte :

L'objectif est de contrôler le bon fonctionnement et le temps d'ouverture des vannes d'aspersion enceinte. L'essai est satisfaisant.

Essai de la pompe EAS-ND en injection primaire cuve ouverte :

L'objectif est de contrôler le bon fonctionnement de la pompe EAS-ND en injection dans le circuit primaire cuve ouverte. L'essai est satisfaisant.

Essai de la pompe EAS-ND en injection puisards BR :

L'objectif est de contrôler le bon fonctionnement de la pompe EAS-ND en injection dans les puisards du Bâtiment Réacteur. L'essai est satisfaisant.

Essai d'étanchéité des vannes de la ligne d'essai de la pompe EAS-ND :

L'objectif de l'essai est de s'assurer de l'étanchéité interne des vannes d'isolement de la ligne d'essai du circuit EAS-ND. L'essai est satisfaisant.

Circuit de décompression-filtration de l'atmosphère de l'enceinte :

L'objectif est de contrôler le débit du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte de confinement. L'essai est satisfaisant.

Contrôle du fonctionnement des capteurs de pression de l'enceinte :

L'objectif est de contrôler le bon fonctionnement, lors de l'épreuve de l'enceinte de confinement, des capteurs qui mesurent la pression enceinte depuis la salle de commande. L'essai est satisfaisant.

Vérification du débit d'aspersion pressuriseur :

L'objectif est de vérifier que l'efficacité de l'aspersion normale du pressuriseur est conforme à l'attendu. L'essai est satisfaisant.

Essai de manœuvrabilité au TPL de l'opercule des vannes RIS :

L'objectif de l'essai est de s'assurer de la manœuvrabilité de l'opercule des vannes d'isolement des accumulateurs RIS, de s'assurer de la non-obstruction des lignes de décharge, et de vérifier le coefficient de perte de charge des accumulateurs. L'essai est satisfaisant.

Essai de manœuvrabilité des clapets RIS :

L'objectif est de contrôler la manœuvrabilité clapets d'isolement des accumulateurs RIS participant à la décharge des accumulateurs RIS, ainsi que la non obstruction des lignes et le coefficient de décharge des accumulateurs. L'essai est satisfaisant.

Contrôle du débit de réinjection lors de l'épreuve
enceinte :

L'objectif est de vérifier le débit de réinjection des puisards vers le BR dans des conditions réelles. L'essai est satisfaisant.

Contrôle de l'efficacité des Recombineurs
Autocatalytiques Passifs (RAP) :

L'objectif est de vérifier l'état de propreté et l'absence de défaut sur les plaques constitutives des RAP et de réaliser un essai de leur bon fonctionnement par échantillonnage (3 plaques par recombineur de chaque volume représentatif). Les essais sont satisfaisants.

6.2.2.4 Essais réglementaires

❖ Définition et objectifs des essais réglementaires

Ces essais sont à réaliser au titre des divers Arrêtés Administratifs (épreuve des capacités du circuit primaire ou secondaire).

❖ Mise en œuvre des essais réglementaires

L'ensemble des essais réglementaires qui ont été réalisés à l'occasion du 4^{ème} RP 900 sont les suivants :

Requalification périodique – Epreuve Hydraulique du
Circuit Primaire Principal :

L'objectif est de contrôler la tenue à la pression d'épreuve du Circuit Primaire Principal. L'épreuve est satisfaisante.

Requalification périodique – Epreuve hydraulique des
Circuits Secondaires Principaux :

L'objectif est de contrôler la tenue à la pression d'épreuve des Circuits Secondaires Principaux. Les épreuves sont satisfaisantes.

6.2.2.5 *Essais particuliers*

Conformément à la prescription [CONF-B-I] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF a transmis à l'ASN fin 2021 un programme d'essais particuliers, détaillant la planification de ces essais.

Conformément à la prescription [CONF-B-II], EDF réalisera au moins un essai de chaque type avant le 31/12/2024.

❖ Périmètre des essais particuliers à réaliser sur les réacteurs du palier CPYEssais ponctuels visant à confirmer l'analyse d'exhaustivité des EP :

- Essai de fonctionnement d'un groupe électrogène de secours (LHP ou LHQ) pendant 48 heures. Cet essai fait l'objet de la prescription [CONF-B].
- Essai de performance sur un échangeur EAS.
- Essai de performance sur une pompe EAS. Cet essai fait l'objet de la prescription [CONF-B].
- Essai d'autonomie des ballons SAR.
- Essai de performance sur des batteries froides des systèmes de ventilation et de réfrigération.
- Essai de performance des balises KRT du BK.

Essais ponctuels visant à conforter les hypothèses de modélisation et la qualification des outils de calcul scientifique :

- Essai de fonctionnement d'une TPS ASG sans ventilation de son local en situation de perte totale des alimentations électriques. Cet essai fait l'objet de la prescription [CONF-B].
- Essai de fonctionnement d'une TPS ASG avec un niveau bas de la bâche d'alimentation. Cet essai fait l'objet de la prescription [CONF-B].
- Essai de fermeture sous débit de robinets pneumatiques.
- Essai de fonctionnement du dispositif H4 en parallèle de ISBP.
- Essai de consolidation de la validation des codes de calcul neutronique et de l'interprétation des résultats des essais physiques du cœur.

Essais ponctuels visant à vérifier certaines dispositions mises en œuvre en situation accidentelles :

- Essai d'arrêt de la voie A de ventilation DVL [CONF-B].

6.2.3 Conclusion

Les résultats des essais de requalification des modifications du 4^{ème} RP 900 (phase A) ont permis, tel que détaillé dans les paragraphes « Bilan de l'état de la tranche » du présent document, de valider la bonne intégration des modifications concernées. Les résultats satisfaisants observés lors de la réalisation des essais décennaux spécifiques, des essais périodiques décennaux et des essais réglementaires concourent à la vérification de l'adéquation de l'état de l'installation avec les performances attendues pour la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour son passage à l'état technique correspondant à la phase A du 4^{ème} RP 900.

L'ASN a demandé à EDF de définir des essais complémentaires visant à vérifier, à l'issue de l'intégration des lots de modifications majeurs associés à la démonstration de sûreté du 4^{ème} RP 900, le comportement fonctionnel d'ensemble des EIP vis-à-vis de leurs exigences définies et au regard des principales fonctions de sûreté. L'intégration de cette demande à la démarche d'identification des essais a d'ores et déjà conduit EDF à réaliser les essais présentés au paragraphe « *Essais décennaux spécifiques* ». En complément, à l'issue de l'instruction de ce thème dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF s'est engagée à réaliser un certain nombre d'essais particuliers sur les tranches du Palier CPY, certains de ces essais répondent à la prescription [CONF-B].

6.3 Dossiers de référence réglementaire

Partie générique Palier

Conformément aux exigences des articles 4 et 5 de l'arrêté du 10 novembre 1999, relatif à la surveillance de l'exploitation du Circuit Primaire Principal (CPP) et des Circuits Secondaires Principaux (CSP) des Réacteurs à Eau Pressurisée (REP), les Dossiers de Référence Réglementaires (DRR), qui constituent le prolongement et la réactualisation de la démarche de démonstration d'intégrité initiée à la conception, doivent être mis à jour autant que nécessaire et en particulier à chaque visite décennale. Ces mises à jour doivent tenir compte, entre autres, du retour d'expérience, du suivi en exploitation et des modifications de l'installation.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, les Dossiers de Référence Réglementaires du Palier CPY ont été mis à jour. La sensibilité des zones du CPP/CSP vis-à-vis des différents dommages sera réévaluée sur la base de cette mise à jour, ce qui pourra conduire à mettre à jour les programmes de maintenance préventive.

Dans le cadre du 4^{ème} RP 900, la mise à jour des Dossiers de Référence Réglementaires a pris en compte :

- Des données matériaux pour couvrir 500 000 heures d'exploitation, soit au-delà du 5^{ème} RP.
- L'amélioration des connaissances des chargements thermiques de certaines zones sensibles, qui a permis la mise à jour des Dossiers des Situations avec ces données complémentaires.
- Les effets d'environnement REP dans les études en fatigue.
- Le bilan des efforts apportés par les opérations de remplacement de GV, à la suite duquel EDF a fourni la liste des zones d'application de la méthode de relaxation des contraintes secondaires.
- L'impact des situations et délais opérateurs du référentiel EPR.

La révision des Dossiers d'Analyse du Comportement (DAC) des lignes auxiliaires du CPP et des lignes du CSP a conclu à la nécessité de modifier le supportage de certaines lignes (PNPE1333). Les lignes concernées par ces modifications sont des matériels EIPS classés mécaniquement I ou II avec un requis sismique. Les systèmes faisant potentiellement l'objet de renforcement de supportage sont les suivants : RCP, RIS, RRA, RCV, ARE/ASG et VVP.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1333 « Renforcement au séisme Noyau Dur du Circuit Primaire Principal, du Circuit Secondaire Principal et supportage DRR » tome A a été déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPE1333 « Renforcement au séisme Noyau Dur du Circuit Primaire Principal, du Circuit Secondaire Principal et supportage SND » tome B sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

SECTION 7 : CONTRIBUTION DU NOYAU DUR AUX OBJECTIFS DU REEXAMEN

SOMMAIRE SECTION 7

SECTION 7 : CONTRIBUTION DU NOYAU DUR AUX OBJECTIFS DU REEXAMEN	394
7.1 Objectifs du noyau dur	400
7.2 Architecture fonctionnelle du noyau dur	403
7.2.1 Volet prévention de la fusion du cœur	403
7.2.1.1 ASG ND	403
7.2.1.2 Solution retenue pour l'intégrité des joints des GMPP	406
7.2.1.3 Chute des grappes	407
7.2.1.4 Secours de l'injection aux joints des groupes motopompes primaires	407
7.2.1.5 Soupapes du pressuriseur	408
7.2.2 Volet piscine combustible et état « Cuve ouverte, piscine réacteur pleine »	410
7.2.2.1 Objectifs et configuration étudiées	410
7.2.2.2 Appoint d'eau aux piscines	411
7.2.2.3 Surveillance du niveau piscine	412
7.2.2.4 Prévention des vidanges	412
7.2.2.5 Prévention d'agression de la piscine combustible par chute d'une charge	414
7.2.2.6 Retour au refroidissement à long terme	415
7.2.3 Mitigation de l'accident avec fusion du cœur	417
7.2.3.1 Objectif et principes fonctionnels	417
7.2.3.2 Dispositions associées	418
7.3 Fonctions supports	420

7.3.1 Diesel d’Ultime Secours (DUS)	420
7.3.2 Distribution électrique noyau dur.....	422
7.3.3 Ventilation des locaux électriques	423
7.3.4 Contrôle Commande noyau dur	424
7.3.5 Source d’eau noyau dur	425
7.4 La Force d’Action Rapide du Nucléaire (FARN)	427
7.5 Centre de Crise Local	429
7.6 Dimensionnement du noyau dur aux agressions et à leurs effets induits	432
7.6.1 Séisme noyau dur	432
7.6.2 Inondation externe noyau dur	435
7.6.3 Tornade noyau dur	443
7.6.4 Effets induits sur le site par les phénomènes naturels au-delà du dimensionnement	445
7.7 Conclusion	446

SECTION 7 : CONTRIBUTION DU NOYAU DUR AUX OBJECTIFS DU REEXAMEN

Suite à l'accident de Fukushima du 11 mars 2011, EDF a montré dans ses Rapports d'Evaluation Complémentaire de Sûreté (« RECS »), en réponse à la décision ASN du 05/05/2011, la bonne robustesse de ses installations compte tenu :

- D'une conception initiale robuste, comportant des marges de dimensionnement.
- D'un processus de réexamen périodique qui permet l'intégration de l'amélioration des connaissances et du retour d'expérience tous les 10 ans, le retour d'expérience événementiel notable étant traité sans attendre les réexamens.

Les RECS indiquaient par ailleurs que « *le cahier des charges des ECS demandant cependant de faire abstraction [de la] plausibilité [des situations extrêmes], l'étude des principales parades supplémentaires suivantes [...] est proposée pour faire face à ces situations :*

- *Mise en place d'un nouveau moyen de réalimentation des réserves en eau pour alimenter les générateurs de vapeur, le circuit primaire ou la piscine du bâtiment combustible [...].*
- *Renforcement de la robustesse des turbopompes d'alimentation des GV et de leur contrôle - commande vis-à-vis des séismes et des inondations.*
- *Mise en place d'un Diesel supplémentaire d'Ultime Secours (DUS) par tranche, robuste aux inondations et séismes, permettant d'alimenter une motopompe d'injection aux GV, au circuit primaire ou dans la piscine de stockage.*
- *Mise en place au niveau national d'une Force d'Action Rapide Nucléaire (FARN) capable de projeter sur le site en difficulté des équipes compétentes en conduite, maintenance et logistique [...].*
- *En ce qui concerne la maîtrise des accidents avec fusion du cœur, étude de renforcement de la robustesse au séisme des dispositifs de filtration des rejets lors de la dépressurisation de l'enceinte ».*

Sur la base des RECS et après analyse, l'ASN a publié des décisions INB par INB prescrivant à EDF la mise en place d'un « *Noyau Dur de dispositions matérielles et organisationnelles [...]. Pour ce Noyau Dur, l'exploitant met en place des SSC indépendants et diversifiés par rapport aux SSC existants afin de limiter les risques de mode commun. L'exploitant justifie le cas échéant le recours à des SSC non diversifiés ou existants ».*

Pour répondre à ces prescriptions, EDF déploie un programme industriel de mise en place de moyens additionnels sur ses installations, en deux phases successives et complémentaires :

- Une phase « *réactive* » court terme terminée en 2015.

- Une phase de déploiement de « *moyens pérennes* » à moyen terme jusqu'à l'horizon « *10 ans après l'accident de Fukushima* ».

Un deuxième jeu de prescriptions ASN a été publié en janvier 2014 et spécifie que *« pour limiter les rejets radioactifs massifs en situations Noyau Dur, le Noyau Dur permet l'isolement de l'enceinte de confinement et la prévention des situations de bipasse de la troisième barrière. Le Noyau Dur vise à préserver l'intégrité de cette barrière sans ouverture du dispositif d'éventage de l'enceinte de confinement »*.

Ces prescriptions, privilégiant l'intégrité de la troisième barrière pour limiter les rejets radioactifs massifs, rejoignent l'ambition du 4^{ème} réexamen périodique 900 de rendre le risque de rejets précoces et importants dans l'environnement extrêmement improbable.

A ce titre, les dispositions dites « *Noyau Dur* » déployées par EDF dans le cadre du programme industriel du Grand Carénage, de façon concomitante avec le quatrième réexamen périodique, contribuent à l'atteinte des objectifs du réexamen.

7.1 Objectifs du noyau dur

Les prescriptions techniques ASN de 2014 définissent les objectifs de sûreté du Noyau Dur. Les dispositions du Noyau Dur retenues ont pour objectifs de :

- Prévenir un accident avec fusion du combustible ou en limiter la progression.
- Limiter les rejets radioactifs massifs et les effets durables dans l'environnement.
- Permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise.

Les situations Noyau Dur, ainsi que les situations résultant de leurs cumuls, sont également définies dans les prescriptions ASN de 2014 :

- **La perte totale des alimentations électriques** n'appartenant pas au Noyau Dur. C'est-à-dire la perte des sources électriques externes du site cumulée à la perte des deux diesels de tranche (Situation dénommée « H3 »).
- **La perte totale de la source froide** n'appartenant pas au Noyau Dur (Situation dénommée « H1 »).
- Les agressions naturelles externes retenues pour le Noyau Dur : l'inondation (dont pluies de forte intensité) et les phénomènes naturels pouvant être liés à l'inondation (vents extrêmes, foudre, grêle), le séisme et la tornade.
- Les situations résultant de l'état de l'installation, du site et de son environnement après une ou des agressions naturelles externes retenues pour le Noyau Dur.

Les situations Noyau Dur affectent l'ensemble des tranches d'un même site.

En réponse aux prescriptions technique de l'ASN, EDF propose un Noyau Dur qui est un ensemble de moyens fixes robustes aux situations Noyau Dur et aux agressions associées complété par des moyens mobiles et une organisation et des équipes pour leur mise en œuvre et qui permet de :

- Prévenir la fusion du cœur du réacteur en assurant la fonction de refroidissement du cœur et d'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte de confinement du bâtiment réacteur lorsque le circuit primaire est pressurisable.
- Mettre en œuvre des stratégies de conduite privilégiant le refroidissement par le circuit secondaire en conservant l'intégrité du circuit primaire principal.
- Assurer l'isolement de l'enceinte de confinement et la prévention des situations de bipasse de cette barrière. Le Noyau Dur permet la limitation de la pression à l'intérieur de l'enceinte sans ouverture du dispositif d'éventage.
- Assurer le non-dénoyage des assemblages de combustible y compris en cours de manutention dans la piscine d'entreposage et les compartiments de manutention des assemblages de combustible.

Les dispositions du Noyau Dur retenues pour limiter les rejets radioactifs prennent en compte les cas de fusion totale et de percement de la cuve sur un réacteur du site.

Ces dispositions Noyau Dur sont présentées aux paragraphes 7.2 « *Architecture fonctionnelle du Noyau Dur* » et 7.3 « *Fonctions support* ».

Le déploiement du Noyau Dur s'accompagne également de dispositions destinées à permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise pour respecter l'objectif de sûreté associé au Noyau Dur, et notamment un centre de crise local (CCL) par site et des dispositifs de connexion (« plugs ») des moyens mobiles de la Force d'Action Rapide Nucléaire (FARN) nécessaires au Noyau Dur. Ces dispositions sont présentées aux paragraphes 7.4 « *Force d'Action Rapide Nucléaire* » et 7.5 « *Centre de Crise Local* ».

Une complémentarité fonctionnelle est assurée entre les moyens de conception (dispositions matérielles du Noyau Dur) et les moyens de résilience (moyens mobiles à disposition sur le site ou transportés par la FARN). Cette complémentarité permet une bonne adaptabilité aux situations imprévues compte tenu de la dynamique lente des phénomènes redoutés dans ces situations notamment la montée en pression de l'enceinte et le découvrage des assemblages de combustible en piscine combustible.

Enfin, le Noyau Dur doit être robuste aux agressions naturelles externes retenues pour le Noyau Dur et à leurs effets induits. Ce principe est intégré dès la conception pour les SSC nouveaux ou est vérifié pour les SSC existants du Noyau Dur (qui peuvent faire l'objet de renforcements si nécessaire). L'analyse du dimensionnement du Noyau Dur aux agressions Noyau Dur et à leurs effets induits, ainsi que les protections associées, sont présentées au paragraphe 7.6.

Le déploiement des dispositions Noyau Dur est également encadré par les prescriptions ASN [ND-A], [ND-B], [ND-C] dans le cadre de l'instruction de la phase générique du 4^{ème} RP 900. Les prescriptions [ND-A] et [ND-B] portent respectivement sur l'ASG-ND (voir § 7.2.1.1) et sur la pompe d'injection aux joints des GMPP Noyau Dur (voir § 7.2.1.4). Le déploiement des autres dispositions du Noyau Dur est encadré par la prescription [ND-C] qui fixe l'échéance de déploiement de ces dispositions au plus tard à la phase « Compléments ».

7.2 **Architecture fonctionnelle du noyau dur**

7.2.1 **Volet prévention de la fusion du cœur**

7.2.1.1 *ASG ND*

Partie générique Palier

La disposition ASG-ND (PNPE1258) assure le refroidissement du cœur et l'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte de confinement du bâtiment réacteur par les circuits secondaires lorsque le circuit primaire est pressurisé ou pressurisable. Cette disposition répond à la prescription ASN [ND-A].

Les principales hypothèses sur les systèmes sont les suivantes :

- Le circuit primaire principal et le circuit secondaire principal sont intègres après l'agression.
- Les grappes chutent toutes lors de l'AAR ou du fait du Manque de Tension Externe (MDTE).
- L'arrêt des pompes primaires intervient à l'instant initial du fait des automatismes ou du MDTE.
- Seules les fonctions chaudière et supports Noyau Dur sont considérées pour leur effet bénéfique.

La solution retenue par EDF valorise comme moyen d'injection aux GV, la motopompe ASG de la voie B en aspiration sur la bêche ASG.

Pour l'alimentation en eau des générateurs de vapeur, la solution valorise comme fonction de stockage la bêche ASG.

Un poste de vannage sera implanté dans l'îlot nucléaire (BW) afin d'alimenter la bêche ASG et les piscines BR et combustible, durablement via la Source d'Eau de l'appoint Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258, cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 7 - § 7.2.2.2).

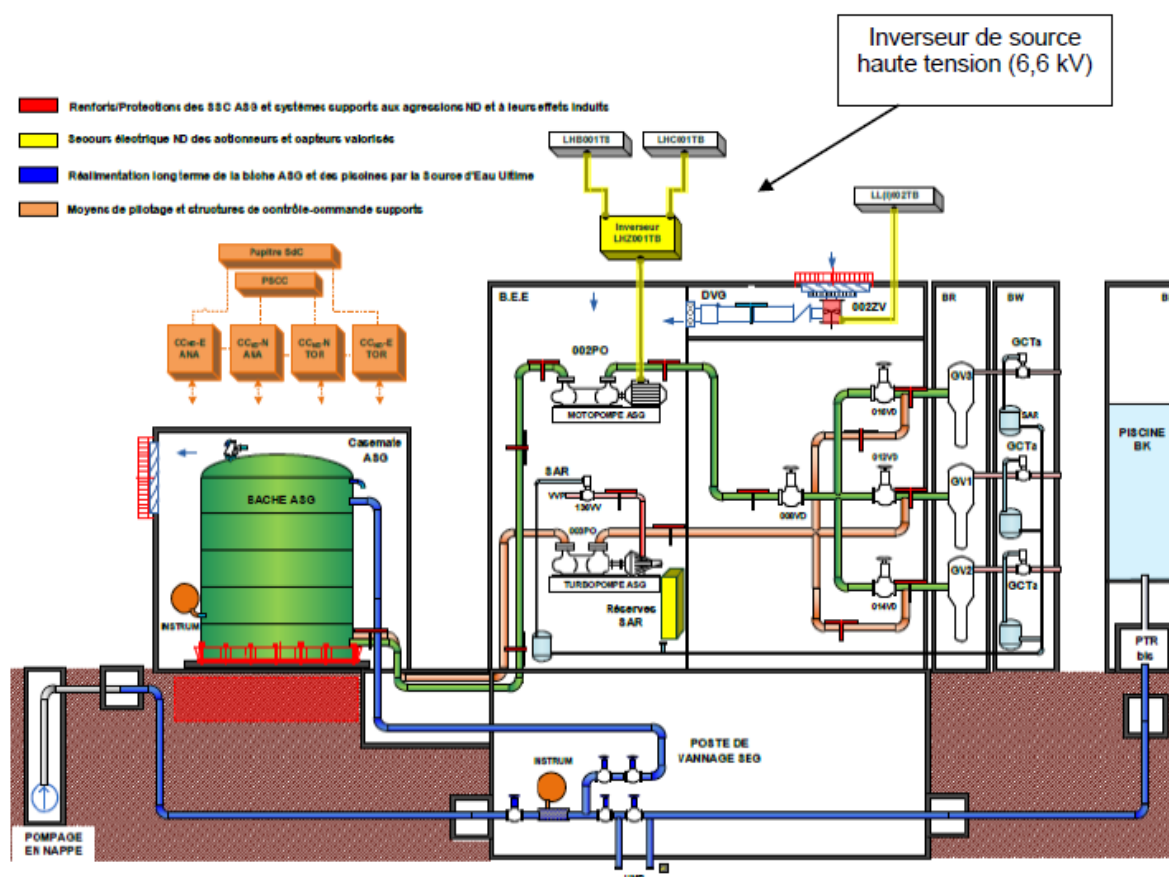


Schéma de principe de la disposition ASG-ND

L'aspect « *autonomie en air* » pour le pilotage des organes pneumatiques en conduite Noyau Dur est également traité par la modification ASG-ND (PNPE1258).

La manœuvrabilité des vannes réglantes ASG 012/014/016 VD

depuis la salle de commande en situation de Noyau Dur fait également l'objet d'une modification (TCDI0222).

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1289 « Création d'une source d'eau de l'appoint d'Eau Ultime » est traitée au Volet I - Chapitre 2 - Section 3 - § 3.2 Réponse à l'objectif.

La modification PNPE1258 hors tome J « Mise en place du dispositif ASG-ND et ligne fixe de réalimentation de la piscine d'entreposage du combustible par SEG » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification TCDI0222 « Disposition visant à la robustesse en condition noyau dur de la commande (RCM) des vannes réglantes ASG012/014/016VD depuis la salle de commande » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.2.1.2 Solution retenue pour l'intégrité des joints des GMPP

La stratégie de conduite Noyau Dur prévoit la dépressurisation et le refroidissement systématiques du Circuit Primaire Principal (CPP) par le circuit secondaire, notamment dans le but de limiter le chargement thermohydraulique subi par les joints d'arbre des Groupes Motopompes Primaires (GMPP).

Les joints d'arbre de GMPP installés sur les réacteurs du parc en exploitation sont désormais tous équipés de joint n°1 avec des glaces en nitrure de silicium et de joints toriques dits « Haute Température ».

Afin de montrer la tenue des joints d'arbre de GMPP dans les situations Noyau Dur, EDF s'appuie sur un programme de 7 essais réalisés de 2014 à 2020 sur la boucle d'essai Framatome de Karlstein. Ces essais ont permis de tester l'influence de différents paramètres (profil pression/température en amont, configuration de la ligne de fuite du joint n° 1, état de l'usure et de vieillissement des joints...) sur le comportement des joints.

Cette campagne d'essais a mis en évidence la robustesse intrinsèque des joints d'arbre de GMPP malgré l'absence d'injection aux joints et de refroidissement de la barrière thermique. Les débits de fuite des joints, observés sur l'ensemble des essais réalisés, sont compatibles avec la conduite Noyau Dur.

Sur la base de ces enseignements, l'intégrité des joints a été valorisée dans la stratégie de conduite Noyau Dur.

7.2.1.3 Chute des grappes

Partie générique Palier

EDF met en œuvre une modification assurant un Arrêt Automatique du Réacteur (AAR) en cas de séisme (affaire PNPP1419). Cet AAR est activé par 4 capteurs en logique 2/4 installés sur le parement externe du bâtiment réacteur. Cette disposition est renforcée afin d'assurer sa robustesse vis-à-vis d'un séisme Noyau Dur et remonter certaines informations en salle de commande dans le cadre de l'affaire PNPE1115.

EDF a apporté la démonstration de la chute des grappes sous séisme SND, sur la base de calculs du comportement mécanique des différents composants constituant le canal de chute (Mécanismes de Commande de Grappes et leur dispositif de maintien antisismique, adaptateurs du couvercle de cuve, éléments des internes de cuve assurant le guidage des grappes, assemblages de combustibles), concluant en particulier à l'absence de déformation (flambage) des grilles d'assemblages.

En complément, EDF a justifié la chute des grappes en présence de grilles légèrement déformées, en s'appuyant notamment sur des résultats expérimentaux pleine échelle obtenus au Japon. De manière conservatrice, la conduite Noyau Dur de prévention de la fusion du cœur prend en compte une chute incomplète des grappes de commande en s'appuyant sur un moyen d'injection de bore à haute pression (§ 7.2.1.4).

Enfin, EDF a montré que, même en cas de chute incomplète de certaines grappes, la sous-criticité du réacteur est assurée.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1419 « Mise en place d'un AAR sur séisme » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPE1115 « Ordre d'Arrêt Automatique Réacteur sur Séisme et information d'un séisme significatif, robustes au Séisme Noyau Dur » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.2.1.4 *Secours de l'injection aux joints des groupes motopompes primaires*

Partie générique Palier

EDF met en œuvre un moyen de secours de l'injection aux joints des groupes motopompes primaires (PNPE1427) afin de pouvoir injecter de l'eau borée lorsque le circuit primaire est à haute pression en situations noyau dur. Cette ligne de défense supplémentaire permet d'augmenter les marges vis-à-vis du risque de retour critique dans le cas pénalisant d'une chute incomplète des grappes. Ce moyen fait partie du Noyau Dur. Il répond à la prescription [ND-B].

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1427 « Déploiement d'une Pompe d'Injection aux Joints des Groupes MotoPompes Primaire « Noyau Dur » (PIJ-ND) » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.2.1.5 *Soupapes du pressuriseur*

Partie générique Palier

La modification des soupapes du pressuriseur (PNPP1595), permet d'augmenter leur capacité de décharge à basse pression et améliorer leur fonctionnement général (robustesse, stabilité en vapeur et monophasique, compensation de la pression de l'enceinte, etc.).

Cette modification contribue principalement à la limitation du risque de fusion du cœur en pression en situation d'accident avec fusion du cœur. Dans le cadre de la conduite Noyau Dur en prévention d'accident avec fusion du cœur, elle améliore la pleine ouverture d'une Ligne de Décharge du Pressuriseur (LDP) à basse pression du primaire, ce qui favorise la borication finale du primaire par la pompe EAS-ND.

La modification du tandem SEBIM du pressuriseur est une modification matérielle qui consiste à :

- Sur le plan mécanique, remplacer la tête de chacune des soupapes de protection et d'isolement (le corps, la buse et la bague de protection des soupapes sont conservés).
- Sur le plan électrique, remplacer les capteurs de position sur la tête de soupape et les cartes électroniques dans le rack des capteurs de position SEBIM dans les locaux électriques.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1595 Tome B « Remplacement des têtes de soupape SEBIM » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPP1595 Tome C « Remplacement des têtes de soupape SEBIM » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique, prévue en 2025.

7.2.2 Volet piscine combustible et état « Cuve ouverte, piscine réacteur pleine »

7.2.2.1 Objectifs et configuration étudiées

Le Noyau Dur permet de prévenir le dénoyage des assemblages de combustible en piscine de désactivation y compris en cours de manutention dans les piscines d'entreposage et compartiments de manutention en cas de perte des moyens de refroidissement (PTR, RRA, source froide RRI/SEC) consécutive à une agression Noyau Dur.

Les états initiaux de tranche qui ont servi de base à la définition des dispositions du Noyau Dur distinguent les cas des piscines BR/BK isolées ou en communication via le tube de transfert :

- L'état Réacteur Complètement Déchargé (RCD), dans lequel le combustible est dans la piscine combustible et le tube transfert fermé. Cet état vaut à la fois pour l'état RCD (cas dimensionnant, toute la puissance résiduelle étant dans le BK) mais aussi pour les états RP, AN/GV, AN/RRA, API pour lesquels la gestion des assemblages en BK se fait indépendamment de celle des assemblages en BR.
- L'état Arrêt à froid pour Rechargement (APR, cuve ouverte et piscine réacteur pleine), lorsque le tube transfert est ouvert et met en communication la piscine BR et la piscine combustible (sans batardeau).

7.2.2.2 Appoint d'eau aux piscines

Partie générique Palier

Le dispositif consiste en :

- Un appoint Noyau Dur en eau à la piscine combustible (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258) répondant à la prescription [PISC-A-III] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, et son exutoire vapeur.
- Un appoint Noyau Dur en eau à la piscine BR (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258) et son exutoire vapeur (PNRL1803). L'appoint Noyau Dur en eau à la piscine BR est réalisé dans les états Arrêt Pour Rechargement (APR) de manière gravitaire à partir de la piscine combustible via le tube de transfert laissé ouvert. Les batardeaux entre le compartiment cuve de la piscine BR et le compartiment entreposage de la piscine combustible sont déposés ou ouverts. Les portes du sas 0m (exutoire de la vapeur produite en piscine BR) ne doivent pas pouvoir se refermer sous l'action du débit vapeur, pour cela, la modification PNRL1803 permet de garantir le maintien ouvert du sas BR en situation Noyau Dur.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1289 « Création d'une source d'eau de l'appoint d'Eau ultime » est traitée au Volet I - Chapitre 2 - Section 3 - § 3.2 Réponse à l'objectif.

Les modifications :

- PNPE1258 hors tome J « Mise en place du dispositif ASG-ND et ligne fixe de réalimentation de la piscine d'entreposage du combustible par SEG ».
- PNRL1803 « Mise en place d'un appoint Noyau Dur en eau à la piscine du bâtiment réacteur et son exutoire vapeur ».

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.2.2.3 *Surveillance du niveau piscine*

Partie générique Palier

Le niveau des piscines est surveillé par une instrumentation de niveau de la piscine d'entreposage du combustible et la piscine du bâtiment réacteur permettant le pilotage de l'appoint (mise en service, arrêt, réglage) : mesures de niveau Tout ou Rien des piscines du bâtiment réacteur (PNPE1128) et d'entreposage du combustible (PNPP1907) et de la mesure de niveau analogique de la piscine d'entreposage du combustible (PNPP1824).

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1907 « Création d'un système de refroidissement mobile diversifié PTRbis » (hors tome N) a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNPP1907 tome N « Refoulement PTR bis et appoint Noyau Dur par le haut de la piscine d'entreposage du combustible »

- PNPE1128 « Mesures de niveau « Tout ou Rien » de la piscine du bâtiment réacteur ».
- PNPP1824 « Mesure de niveau analogique de la piscine d'entreposage du combustible ».

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.2.2.4 Prévention des vidanges

Partie générique Palier

Deux grandes catégories de dispositions sont étudiées et mises en œuvre pour le Noyau Dur :

- Des dispositions visant à prévenir une brèche sur le tube de transfert. Le tube de transfert a été justifié au séisme SND sur le Palier CPY.
- Des dispositions visant à prévenir les vidanges via des circuits connectés aux piscines :
 - Fermeture automatique de l'aspiration PTR de la piscine combustible sur le signal très bas niveau piscine combustible (PNPP1402).
 - Isolement automatique des lignes de filtration de la piscine BR (PNPP1780).
 - Redimensionnement du casse-siphon situé sur la ligne de refoulement du système de refroidissement de la piscine combustible permettant d'interrompre une éventuelle vidange initiée par une rupture guillotine de cette ligne (PNPP1289).
 - Ajout de dispositions organisationnelles de type condamnation administrative permettant de garantir l'isolement de certaines lignes de vidange des piscines BR et combustible lors des opérations de manutention de combustible.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPP1402 « Fermeture automatique de la vanne PTR d'aspiration dans la piscine d'entreposage du combustible sur niveau très bas ».
- PNPP1289 « Redimensionnement du casse-siphon situé sur la ligne de refoulement du système de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible ».
- PNPP1780 « Automatisation de vannes de vidange de la piscine du bâtiment réacteur ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

7.2.2.5 Prévention d'agression de la piscine combustible par chute d'une charge

Partie générique Palier

Les dispositions Noyau Dur s'appuient sur la robustesse des piscines et des structures soutenant les piscines ainsi que du tube de transfert et les circuits connectés jusqu'au premier organe d'isolement.

L'objectif est donc de s'affranchir d'un risque de fuite ou de brèche sur la structure de la piscine en cas de chute d'une charge venant agresser la piscine, soit par « lâcher » de l'assemblage de combustible en cours de manutention soit par la chute de l'emballage de transport du combustible utilisé.

❖ Chute de l'assemblage de combustible en cours de manutention

Les dispositions qui sont mises en œuvre pour le Noyau Dur consistent à prévenir la chute de l'assemblage en cours de manutention. Il s'agit de dispositions de maintien en charge de l'Assemblage Combustible en cours de manutention sur la machine de chargement coté piscine bâtiment réacteur (PNPP1975), sur le pont passerelle et sur le pont auxiliaire du BK (PNPP1913), et sur le descenseur coté piscine d'entreposage du combustible (PNPP1620) pour les CNPE de Tricastin et de Cruas.

En complément à ces dispositions et hors Noyau Dur, EDF met en œuvre une procédure résiliente de mise en position sûre des assemblages de combustible en cours de manutention en piscine combustible en cas de perte des alimentations électriques (PNPP1549 Commandes Manuelles de Secours).

❖ Chute d'un emballage de transport

La résistance des piscines en cas de chute d'un emballage de transport provoqué par un séisme noyau dur a été démontrée :

- Après un séisme de niveau Noyau Dur, le comportement de la piscine combustible reste dans le domaine élastique linéaire du béton armé.
- Avec les matériaux dans leur domaine d'élasticité linéaire, l'intégrité de la piscine combustible est démontrée en cas de chute d'emballage de transport provoquée par un séisme de niveau Noyau Dur.

Un dispositif de maintien en charge de l'emballage de combustible utilisé en cours de manutention au pont lourd DMK est mis en œuvre (PNPP1913) pour prévenir le risque de chute de l'emballage.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La modification PNPP1975 « Renforcement sismique de la machine de chargement » ne concerne pas le CNPE de Gravelines.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1549 « Mise en position sûre d'un assemblage de combustible » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPP1913 « Renforcements des ponts BK » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.2.2.6 *Retour au refroidissement à long terme*

Partie générique Palier

La conduite Noyau Dur des situations de perte de refroidissement de la piscine combustible consiste à évacuer la puissance résiduelle des assemblages de combustible présents en piscine combustible y compris en cours de manutention par vaporisation en les maintenant sous eau au moyen de l'appoint Noyau Dur.

Le retour au refroidissement de la piscine combustible est ensuite assuré, pour les situations Noyau Dur, par la mise en service, au plus tard à 15 jours après le début de la situation Noyau Dur, du dispositif « PTR bis ». La modification « PTR bis » (PNPP1907) est décrite à la [Section 3](#). La disposition « PTR bis » répond à la prescription [PISC-A-III] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

En état APR, la mise en service du retour au refroidissement par le dispositif « PTR bis » entraîne un débit de circulation de la piscine combustible vers la piscine BR par le tube de transfert bien plus élevé que celui créé par l'appoint en eau à partir de l'appoint Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258, cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 7 - § 7.2.2.2). Dans ce cas, un appoint en bore est nécessaire pour prévenir un potentiel risque de retour critique du cœur en cuve par dilution hétérogène. Pour cela, un moyen de borication (Unité Mobile de Borication) est mis en œuvre par la FARN avant le démarrage du PTRbis. Ce moyen permet d'injecter à une concentration en bore supérieure à la concentration en bore critique du cœur en cuve et ainsi de remonter la concentration en bore de la piscine combustible, ce qui permet d'éliminer le risque de dilution hétérogène avant la mise en service du PTR bis.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1907 « Création d'un système de refroidissement mobile diversifié PTRbis » (hors tome N) a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPP1907 tome N « Refoulement PTR bis et appoint Noyau Dur par le haut de la piscine d'entreposage du combustible » sera réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.2.3 Mitigation de l'accident avec fusion du cœur

7.2.3.1 Objectif et principes fonctionnels

Le Noyau Dur assure la fonction d'isolement de l'enceinte de confinement et la prévention des situations de bipasse de cette barrière. Le Noyau Dur assure la limitation de la pression à l'intérieur de l'enceinte sans ouverture du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte.

Les dispositions du Noyau Dur retenues pour limiter les rejets radioactifs et les effets durables dans l'environnement prennent en compte les cas de fusion totale du cœur et de percement de la cuve sur l'un des réacteurs du site.

La maîtrise du confinement et la limitation des rejets en cas d'accident avec fusion du cœur est notamment assurée par :

- L'isolement de l'enceinte de confinement.
- L'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte et la limitation de sa pression par un moyen de refroidissement Noyau Dur (EAS-ND).
- La maîtrise du risque hydrogène par des Recombineurs Autocatalytiques Passifs (RAP).
- Le refroidissement du corium en cas de percement de la cuve pour éviter le percement du radier, avec renoyage du puits de cuve et du local RIC adjacent, après étalement à sec du corium.

Les dispositions fonctionnelles associées sont présentées dans le paragraphe qui suit. En complément, certaines modifications de robustesse du Noyau Dur citées aux paragraphes 7.3 « Fonctions Supports » et 7.6 « Dimensionnement du Noyau Dur aux agressions et à leurs effets induits » participent à la mitigation des accidents avec fusion du cœur.

7.2.3.2 Dispositions associées

Partie générique Palier

Les dispositions Noyau Dur valorisées pour la mitigation de l'accident avec fusion du cœur sont les suivantes :

- EAS-ND (PNPP1811).
- Gestion des effluents en accident avec fusion du cœur (PNPP1541).
- Mise en place d'un dispositif d'étalement à sec et de stabilisation du corium sous eau (PNPP1976).
- Renforcement des voiles entre le local d'instrumentation interne du cœur (RIC) et la zone des puisards du fond de l'enceinte de confinement du bâtiment du réacteur (PNPE1460).
- Isolement de l'enceinte de confinement (un organe valorisé pour le Noyau Dur par traversée).
- Recombineurs Autocatalytiques Passifs (modification déjà déployée).
- Secours électrique d'une file de ventilation et de filtration de l'air de la salle de commande par le DUS via la distribution électrique du Noyau Dur.
- Fiabilisation de la commande des soupapes du pressuriseur (PNXX1721).
- Remplacement des têtes de soupape SEBIM (PNPP1595).
- Secours électrique de la commande des soupapes du pressuriseur par le DUS.
- Renforcement des hublots SAS BR (PNPP1631).
- Détection des fuites internes éventuelles de l'échangeur EAS-ND pour surveiller l'absence de contamination de la source froide (mesure réalisée sur la base d'un dispositif mobile déployé par la FARN).

- Mise en place détection étalement corium dans le local RIC (instrumentation cœur) et Secours électrique par le DUS (Diesel Ultime Secours) du thermocouple de détection étalement corium local RIC (PNPE1387).
- EAS ND - Source Froide Mobile – Réalisation de poteaux d'arrimage des groupes de pompage de la source froide Noyau Dur (PNPP1972 et PNRL1844).
- Mise en place d'un niveau de mesure puisard dans le bâtiment réacteur (PNPE1386).
- Mise en place de paniers de tétraborate de soude dans les puisards du bâtiment réacteur (PNPE1410).

Ces dispositions sont décrites au [Volet I - Chapitre 2 - Section 4 : Accidents avec fusion du cœur](#).

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications ci-dessus sont traitées au [Volet I - Chapitre 2 - Section 4 : Accidents avec fusion du cœur](#).

7.3 Fonctions supports

7.3.1 Diesel d'Ultime Secours (DUS)

Partie générique Palier

Le Diesel d'Ultime Secours fait partie des SSC nouveaux du Noyau Dur. Son rôle est d'alimenter électriquement les fonctions le nécessitant. Le DUS est abrité dans un nouveau bâtiment en béton (HDU). L'ensemble est conçu robuste au séisme Noyau Dur (SND) et protégé des agresseurs du Noyau Dur (tornade, inondation, foudre). Sa puissance est de 3050 kWe nets et EDF en installe un par réacteur sur son parc en fonctionnement.

La disposition DUS est composée de l'ensemble des équipements de production et de distribution d'électricité du bâtiment qui le contient :

- Groupe Electrogène Diesel avec auxiliaires.
- Distribution électrique HT et BT, sources et batteries de secours du contrôle-commande du Groupe Electrogène et de ses auxiliaires.
- Contrôle-commande de l'installation et communication avec la tranche.

Une liaison électrique vers un tableau commun de tranche permet son conditionnement permanent. Le DUS démarre automatiquement sur perte de son alimentation permanente pour assurer son propre conditionnement en s'autoalimentant et ainsi maintenir sa disponibilité. Il dispose également d'un système de ventilation et de conditionnement des locaux du bâtiment.

Des dispositifs de raccordement sont également prévus pour permettre la connexion de moyens mobiles :

- Une tuyauterie de dépotage spécifique protégée des agressions climatiques pour les appoints en carburant.
- Un coffret de raccordement électrique pour la distribution d'une alimentation 6,6 Kv.
- Un dispositif de connexion au circuit d'air de démarrage du groupe électrogène, afin de pouvoir le secourir le cas échéant par un compresseur mobile.

L'autonomie en fuel du DUS est de 3 jours à pleine charge. Il est conçu pour fonctionner a minima 15 jours sans maintenance.

Cette disposition permet sur chacun des réacteurs d'un site d'assurer en cas de perte de l'ensemble des sources électriques externes et internes une alimentation électrique de l'ensemble des matériels du Noyau Dur en cas de situation « *Noyau Dur* ».

La mise en place de ce DUS est associée à la modification PNPP1666.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1666 « Diesel d'Ultime Secours » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

7.3.2 Distribution électrique noyau dur

Partie générique Palier

La conception de la Distribution Electrique Noyau Dur des matériels du Noyau Dur (PNPE1068) retenue par EDF permet de répondre à la fois :

- Au principe énoncé dans les prescriptions techniques ASN.
- Aux contraintes d'exploitation, notamment en termes de limitation de l'impact SOH, sans remettre en cause la fiabilité de la distribution électrique existante.

L'architecture électrique associée au DUS constitue une des fonctions support aux SSC du Noyau Dur, et répond à ce titre aux objectifs de sûreté du Noyau Dur. Dans ce cadre, la fonction de sûreté assurée par l'architecture électrique est la transformation et la distribution, via une architecture électrique robuste, de l'énergie fournie par le DUS ou par les moyens de réalimentation mis en œuvre par la Force d'Action Rapide Nucléaire (FARN), à l'ensemble des SSC du Noyau Dur, incluant notamment le Contrôle-Commande Noyau Dur (CC ND).

La Distribution Electrique Noyau Dur alimente l'ensemble des actionneurs du Noyau Dur :

- Les nouveaux matériels (ex : pompe Noyau Dur EAS-ND).
- Les matériels existants appartenant au Noyau Dur.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1068 tome A « Mise en place d'une distribution électrique Noyau Dur » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPE 1068 tome C « Mise en place d'une distribution électrique Noyau Dur » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines prévue au plus tard lors de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.3.3 Ventilation des locaux électriques

Partie générique Palier

La ventilation des locaux électriques est nécessaire pour garantir une température acceptable pour le fonctionnement des matériels électriques du Noyau Dur localisés dans les locaux existants. La position de sécurité « *recyclage* » des vannes d'arrivée d'air neuf est valorisée ainsi qu'une action opérateur en local afin de les repositionner en tout air neuf en cas de température extérieure élevée.

Les batteries existantes étant valorisées au titre du Noyau Dur, une ventilation des locaux batteries (système DVE sur le Palier CPY) est nécessaire pour prévenir l'accumulation d'hydrogène après leur réalimentation par le DUS. L'extraction voie B est adéquate pour assurer cette fonction ainsi que le maintien en position ouverte des Clapets coupe-feu au soufflage voie B.

Des modifications sont engagées pour améliorer l'efficacité du conditionnement des locaux électriques au titre des études « *Grands Chauds* » et des études thermiques associées au Noyau Dur. Par exemple, pour améliorer l'extraction des calories dégagées par les matériels électriques (notamment les transformateurs BT), des hottes connectées au réseau DVL sont installées au-dessus des cabines de transformateurs (PNPE1070).

Par ailleurs, des moyens dédiés d'évacuation des calories sont à l'étude afin de garantir, si besoin, des conditions de température satisfaisantes à moyen et long terme dans certains locaux du bâtiment électrique, dont l'îlot de survie, dans les situations Noyau Dur avec perte de la réfrigération normale (perte de la source froide) de longue durée (PNPE1459).

La ventilation DVE des locaux des batteries est renforcée au séisme SND (PNPE1118).

L'îlot de survie permet de stocker et de charger du matériel de gestion de crise, qui peut être utile en situation noyau dur. Afin de garantir la possibilité de procéder au rechargement électrique de certains matériels de crise, des prises dédiées 220 V sont ajoutées dans l'îlot de survie, secourue par le DUS (PNPE1412).

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1118 « Renforcement sismique de la ventilation des locaux batteries (DVE) ».
- PNPE1070 « Amélioration du conditionnement des locaux DVL MT/BT ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

La modification PNPE1412 « Ajout de prises électriques 220 V dans l'îlot de survie, secourues par le DUS » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPE1459 « Amélioration de la réfrigération long terme de certains locaux du bâtiment électrique, dont l'îlot de survie, en cas de perte de la source froide » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.3.4 Contrôle Commande noyau dur

Partie générique Palier

La conception du contrôle commande destiné à la conduite des matériels du Noyau Dur (PNPP1688 et PNPE1073) retenue par EDF permet de répondre à la fois :

- Au principe énoncé dans les prescriptions techniques ASN.
- Aux contraintes d'exploitation, notamment en terme de limitation de l'impact SOH, sans remettre en cause la fiabilité du contrôle commande existant.

Les dispositions qui concourent au contrôle-commande des moyens du Noyau Dur satisferont aux exigences de robustesse aux situations Noyau Dur et leurs effets induits lorsque concernés.

Le contrôle commande nécessaire aux moyens du Noyau Dur est composé de deux sous-ensembles :

- Une partie qui s'appuie sur le contrôle commande existant.
- Une partie composée d'un contrôle commande nouveau, respectant les exigences du Noyau Dur, associé aux nouveaux matériels implantés.

En cas de perte de l'alimentation des tableaux (tableaux sources de la tranche), l'alimentation du Contrôle-Commande Noyau Dur (CC ND) se fera à partir de tensions issues des tableaux de l'architecture électrique ND associée au DUS.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1073 « Mise en place d'un contrôle-commande Noyau Dur pour les matériels existants »
- PNPP1688 Tome C « Mise en place d'un contrôle-commande Noyau Dur pour les nouveaux matériels »

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

La modification PNPP1688 Tome D « Mise en place d'un contrôle-commande Noyau Dur pour les nouveaux matériels » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique, et au plus tard fin 2028.

7.3.5 Source d'eau noyau dur

Partie générique Palier

La source d'eau Noyau Dur permet l'alimentation en eau de la bâche ASG du Refroidissement secondaire Noyau Dur ainsi que l'appoint aux piscines combustible. Cette source d'eau Noyau Dur est conçue robuste aux agresseurs du Noyau Dur (cf. § 7.6).

L'architecture de la Source d'Eau Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258) s'inscrit dans l'architecture globale de l'appoint Noyau Dur qui comprend :

- Une source d'eau venant d'un captage en nappe, ou d'un stockage, équipée d'un dispositif de pompage si nécessaire selon les sites.
- Un poste de vannage par tranche, intégré dans l'Ilôt Nucléaire, regroupant les vannes à manœuvrer pour assurer l'alimentation des différents utilisateurs.
- Une alimentation ainsi qu'un dispositif de filtration (si nécessaire).
- Une alimentation électrique du système de pompage secourue par le DUS (si nécessaire selon les sites).
- Des réseaux enterrés robustes véhiculant l'eau et l'alimentation électriques des dispositifs de pompage (si nécessaire).

La Source d'Eau de l'appoint Noyau Dur doit permettre d'alimenter en eau brute la bâche ASG ainsi que la piscine combustible selon les exigences suivantes :

- Durée de mission retenue : 15 jours sans maintenance nécessitant son interruption.
- Autonomie sur site : 3 jours sans recourir à l'intervention de la FARN.
- Qualité de l'eau : eau brute compatible (éventuellement filtrée) avec les caractéristiques de fonctionnement de la MPS ASG valorisée pendant 15 jours de fonctionnement.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPE1289 « Création d'une source d'eau de l'appoint Noyau Dur » est traitée au Volet I - Chapitre 2 - Section 3 - § 3.2 Réponse à l'objectif.

La modification PNPE1258 hors tome J « Mise en place du dispositif ASG-ND et ligne fixe de réalimentation de la piscine d'entreposage du combustible par SEG » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.4 La Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN)

La Force d'Action Rapide Nucléaire (FARN) est en charge d'acheminer les moyens en matériels et en personnels pour appuyer les équipes d'une centrale nucléaire dans la gestion d'une crise avec menace de rejet dans l'environnement.

La mobilisation de la FARN est décidée par le Directeur de Crise National (PCD-N) dans le cadre du déclenchement d'un Plan d'Urgence Interne (PUI). La FARN intervient sous couvert de l'Organisation Nationale de Crise EDF. Le responsable des opérations sur le terrain (FARN-D) pilote l'intervention de la FARN, en liaison avec la cellule de crise locale (Poste de Commandement Décision) et sous l'autorité du Directeur de la centrale, dépositaire de la responsabilité d'exploitant nucléaire.

Ce renfort national d'EDF prend la forme de 4 convois FARN, au départ des centrales de Bugey, Civaux, Dampierre et Paluel. Ce déploiement est complété par une équipe de reconnaissance provenant de l'Etat-major FARN basé en région parisienne. Des moyens spécifiques peuvent également être acheminés depuis une base d'entreposage nationale située dans l'Oise.

A compter de leur déclenchement, les équipes FARN accèdent au site en moins de 12 heures et les moyens d'appoint sont mis en service au plus tard à 24 heures après leur déclenchement.

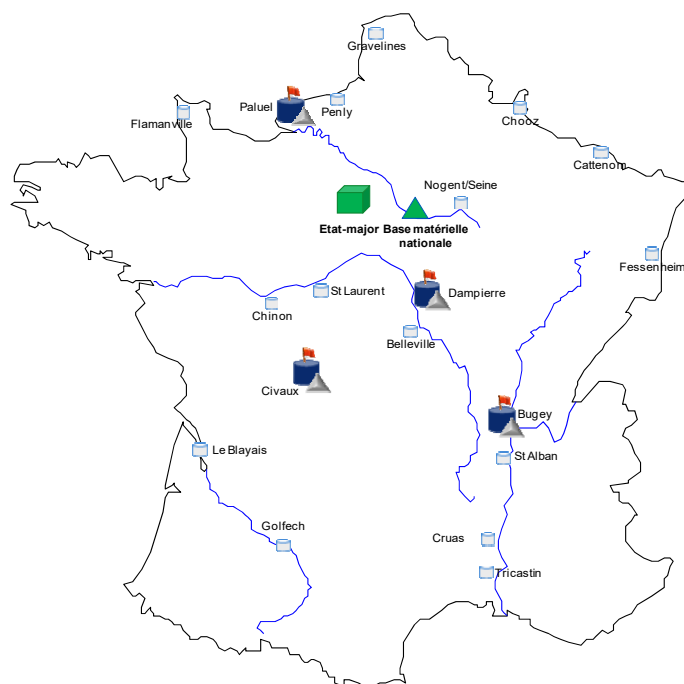
La FARN est dimensionnée pour pouvoir prendre en charge les missions d'appoint à 6 réacteurs simultanément. Une partie des équipes FARN est également capable d'assister l'équipe de quart et de la relever en situation stabilisée, en attente de la solidarité Palier (renfort de personnels de conduite d'une autre centrale du même Palier). La FARN peut également mettre en œuvre des balises de surveillance de l'environnement avec retransmission par satellite.

Les missions de soutien au Noyau Dur portent sur :

- L'appoint en carburant et en huile pour les Diesels Ultimes Secours (DUS) et le groupe électrogène du Centre de Crise Local (CCL) à partir de 3 jours.

- L'appoint en eau de la réserve de source d'eau de l'appoint Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258, cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 7 – § 7.2.2.2) :
 - A partir de 3 jours lorsque celle-ci est constituée d'un stockage neuf ou en cas de substitution de tout ou partie de l'appoint Noyau Dur (PNPP1714/PNPE1289 et PNPE1258, cf. Volet I – Chapitre 2 – Section 7 – § 7.2.2.2).
 - Au plus tôt 3 jours après le début du transitoire lorsque la source d'eau de l'appoint Noyau Dur est formée d'un puits de captage en nappe phréatique.
- L'appoint en air comprimé pour le circuit SAR avant 36 heures.
- L'acheminement et la mise en service de la Source Froide Noyau Dur (SF-ND) pour le refroidissement des dispositifs EAS-ND ou PTR bis.
- L'acheminement des équipes locales sur la centrale en situation d'isolement.
- L'appui aux équipes du site pour mettre en place et surveiller les MLC (Moyens Locaux de Crise).

Les moyens FARN sont répartis sur 4 bases régionales (Bugey, Civaux, Dampierre, Paluel), une base nationale d'entreposage de matériels (à St Leu d'Esserent dans l'Oise) et un état-major en région parisienne.



Répartition de la FARN

Un Service Régional FARN compte environ 70 équipiers dont 14 équipiers d'astreinte chaque semaine. Chaque service régional dispose d'une dotation identique en matériel.

La FARN est dimensionnée pour pouvoir agir en complète autonomie pendant les premières 72 heures.

Dans son schéma d'intervention, la FARN prévoit un regroupement des moyens sur une base arrière (désignée dès les premières heures de la crise) située dans un rayon de 20 à 30 km autour de la centrale.

La fiabilité de la réponse opérationnelle de la FARN repose sur 4 piliers :

- Des matériels opérationnels, robustes et simples d'utilisation.
- Des compétences adaptées aux interventions en situation dégradée.
- Des méthodes résilientes, permettant de s'adapter aux situations rencontrées.
- Des entraînements réguliers pour maîtriser les méthodes et les outils.

Les méthodes d'intervention de la FARN mettent l'accent sur la capacité d'adaptation des équipes à diverses hypothèses d'intervention : destruction des infrastructures et isolement du site, indisponibilité partielle ou totale des équipes locales, risques radiologiques et chimiques.

Afin de répondre à ces contraintes, le choix des matériels mobiles privilégie des équipements robustes, durables, et intègre toute la logistique associée (transport, ravitaillement). Les équipements doivent être les plus standards possibles, facilement interchangeables, faciles à mettre en œuvre. Ils doivent être adaptés à un transport par route, par air et par barge. L'interopérabilité avec d'autres acteurs de la crise est également recherchée (pompiers, sécurité civile, militaires).

La majorité des équipiers FARN exercent également un autre métier (conduite, maintenance, logistique, radioprotection...) sur leur centrale d'origine. Après une formation initiale de 6 semaines, ils consacrent 20 semaines par an à leur activité FARN. Cette activité combine le maintien en condition opérationnelle des équipements, l'entraînement régulier et plusieurs exercices complets de mise en situation chaque année.

L'organisation de la FARN ainsi définie et constituée est totalement opérationnelle à EDF depuis fin 2015.

7.5 **Centre de crise local**

Partie générique Palier

L'objectif du Centre de Crise Local (CCL) est de permettre à l'exploitant du CNPE de gérer dans la durée une crise importante (notamment une gestion de crise sur plusieurs réacteurs). Il permet une accessibilité, une autonomie et une habitabilité adéquates en cas de crise et est dimensionné pour résister à des agressions externes retenues pour le Noyau Dur.

Le CCL protège ses utilisateurs d'une ambiance radioactive extérieure et intérieure (contamination). A cet effet, le CCL dispose d'une protection passive constructive dimensionnée sur la base des éléments maximum de radiation à l'extérieur du site et d'un dispositif de filtration réduisant la teneur en sources de contamination/irradiation dans le cas d'un rejet consécutif à un accident de fusion totale du cœur sur une tranche du site. Le CCL dispose d'une zone de décontamination. Les modalités de traitement des effluents et des déchets (contaminés ou non) permettent de s'adapter à la situation extérieure, particulièrement afin de ne pas dégrader les conditions dosimétriques intérieures dans le cas où l'environnement externe serait particulièrement contaminé.

Le CCL est également dimensionné pour protéger ses occupants des risques chimiques.

Le CCL dispose d'une supervision de l'ensemble des informations nécessaires à la gestion de la crise issues de l'ensemble des tranches du site. La retransmission des informations issue des tranches est automatique. Des dispositions organisationnelles permettent de retransmettre les données utiles à la gestion de crise si la remontée des informations venait à ne plus être assurée (notamment des moyens de télécommunication filaires ou satellitaires diversifiés, voire par des moyens de télécommunication autonomes via téléphone satellitaire).

Le CCL dispose d'une alimentation électrique autonome assurée par un Groupe Electrogène de Secours (GES) et des batteries. Sans aucune intervention locale, l'autonomie du groupe est fixée à 72 h à pleine charge (carburant, lubrifiant). Au-delà, les appoints sont réalisés par la FARN si nécessaire.

Par conception, la durée de mission du GES, sans obligation de maintenance nécessitant un arrêt du groupe, est fixée à 15 jours. Le CCL dispose d'une connexion (« *plug* ») permettant à la FARN de connecter le matériel nécessaire à l'alimentation du CCL depuis l'extérieur.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La spécificité du CNPE de Gravelines concerne le risque de « Flash Fire ». Il s'agit du risque lié par l'atteinte du CNPE d'un nuage inflammable de vapeurs

de GNL libéré accidentellement par un méthanier à l'approche de l'avant-port ouest de Dunkerque, par un méthanier à l'appontement ou par les installations d'un terminal méthanier.

Les effets redoutés de l'inflammation sont des effets thermiques transitoires de courte durée (feu de nuage).

Le risque lié à l'environnement industriel du site est pris en compte dans la conception du CCL. La structure du génie civil du CCL a donc été dimensionnée pour prendre en compte les effets de cette agression et des clapets anti-souffle sont prévus au niveau des prises d'air et de rejet du bâtiment.

Bilan de l'état de la tranche

Les travaux de construction du CCL de Gravelines font l'objet des modifications PNPP1769 « Centre de Crise Local de Gravelines » et PNPP1683 « Retransmission des informations de tranches au Centre de Crise Local ». Ces modifications seront déployées dans le cadre d'une programmation spécifique et au plus tard fin 2026.

7.6 Dimensionnement du noyau dur aux agressions et à leurs effets induits

Le Noyau Dur doit être dimensionné aux agressions extrêmes (i.e. dont le niveau de sévérité dépasse significativement celui considéré dans le référentiel de sûreté des installations) dites agressions du Noyau Dur. Les paragraphes qui suivent, listent les agressions prises en compte à la conception, ainsi que leurs caractéristiques, et les protections associées mises en œuvre.

Les agressions naturelles externes extrêmes prises en compte sont le séisme, l'inondation et les tornades.

7.6.1 Séisme noyau dur

Partie générique Palier

❖ L'aléa

Le niveau de séisme extrême à prendre en compte pour le Noyau Dur est défini par les prescriptions techniques ECS-ND7 des décisions n° 2014-DC-0395, 0398, 0401, 0402, 0406, 0411 et 0412 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 21 janvier 2014 applicables respectivement aux sites de Blayais, Chinon, Cruas, Dampierre, Gravelines, St Laurent et Tricastin :

« L'aléa sismique, à prendre en compte pour les SSC du Noyau Dur, défini par un spectre de réponse, doit :

- Etre enveloppe du séisme majoré de sécurité (SMS) de site, majoré de 50 %.*
- Etre enveloppe des spectres de site définis de manière probabiliste avec une période de retour de 20 000 ans.*

- *Prendre en compte pour sa définition, les effets de site particuliers et notamment la nature des sols* ».

Les spectres ainsi définis sont appelés « SND » (Séisme Noyau Dur). Ces spectres sismiques ont pour objectif de procurer des marges significatives par rapport au Séisme Majoré de Sécurité (SMS).

❖ **Méthode de vérification et renforcements mis en œuvre**

Lorsque le SND est supérieur au niveau sismique de dimensionnement, les SSC existants sont vérifiés robustes au séisme Noyau Dur (SND) du site considéré à l'aide de guides de capacité sismique selon les familles de matériels et sont renforcés si besoin.

L'identification des SSC nécessitant des renforcements pour assurer la robustesse au niveau d'aléa sismique défini par EDF en application de la prescription [ECS-ND7] répond à la prescription technique [AGR-F-I], émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

En cas de nécessité de renforcements des SSC existants, les modifications sont intégrées dans le cadre de la prescription [AGR-F-II]. Ces modifications sont listées dans le paragraphe « *spécificités de la tranche* ».

EDF a réalisé des compléments d'études en réponse à la prescription [AGR-F-III] et a établi la liste des SSC à renforcer afin de faire face à des niveaux d'aléas sismique plus élevés que le SND pour tenir compte des incertitudes sur la détermination de l'aléa extrême et les éventuels effets de site particuliers. Ces renforcements seront réalisés selon un calendrier à définir.

Pour les SSC nouveaux du Noyau Dur, qui font l'objet d'affaires dédiées, un spectre majoré par rapport au spectre « *SND* » est retenu.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

Le site de Gravelines n'est pas concerné par la prescription technique [AGR-F-III].

Le niveau sismique de Gravelines a été défini selon la prescription technique ECS-ND7 de la décision n° 2014-DC-00406.

Des études de robustesses sont donc produites pour démontrer la tenue au séisme SND pour les SSC du Noyau Dur.

A l'issue des études de robustesse sismique au niveau SND, EDF met en œuvre les renforcements suivants sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines :

- Robustesse au SND et à la tornade des systèmes de ventilation Noyau Dur (PNPE1358).
- Robustesse au SND des tuyauteries (PNPE1332).
- Robustesse au SND des matériels électriques et contrôle-commande (PNPE1357).
- Robustesse au SND de l'instrumentation (PNPE1478).
- Robustesse au SND des chemins de câbles (PNPE1285).
- Renforcement au SND du Circuit Primaire Principal et du Circuit Secondaire Principal (PNPE1333).
- Robustesse au SND de plusieurs chaînes de mesures nécessaires à la conduite en situation Noyau Dur, avec retransmission en salle de commande, telles que les mesures de niveaux piscines (PNPE1128, PNPP1824, PNPP1907), les mesures représentatives de l'efficacité de la borication haute pression (PNPE1298), une mesure spécifique de niveau puisards BR (PNPE1386), les mesures représentatives d'une perte de la source froide de sûreté (PNPE1305) ainsi que les mesures permettant la détection d'un séisme significatif ainsi que l'Arrêt Automatique du Réacteur sur séisme significatif (PNPE1115).
- Traçage RRB et remplacement mesures de niveau de la bache PTR (PNPE1336).
- Amélioration de l'isolation électrique entre Unité de Polarité et entrées TOR du KIT (PNPP1925).

Le site de Gravelines dispose du système DCA dont le rôle est d'empêcher la pénétration des ondes de choc à travers les orifices de ventilation de certains bâtiments en assurant leur obturation rapide. La modification TCDI0022 « Robustesse Noyau Dur du système DCA » assure la robustesse Noyau Dur (tornade et séisme) de ce système.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPP1907 « Création d'un système de refroidissement mobile diversifié PTRbis » (hors tome N) a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

- PNPE1333 tome A « Renforcement au séisme Noyau Dur du Circuit Primaire Principal, du Circuit Secondaire Principal et supportage DRR » tome A

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

Les modifications :

- PNPE1115 « Ordre d'Arrêt Automatique Réacteur sur Séisme et information d'un séisme significatif, robustes au Séisme Noyau Dur ».
- PNPE1128 « Mesures de niveau « Tout ou Rien » de la piscine du bâtiment réacteur ».
- PNPE1285 « Robustesse au séisme Noyau Dur des chemins de câbles ».
- PNPE1298 « Robustesse Noyau Dur de l'information représentative de l'efficacité de la borication haute pression ».
- PNPE1305 « Mise en place d'une détection d'une situation H1 robuste au séisme Noyau Dur ».
- PNPE1332 « Robustesse au séisme Noyau Dur des tuyauteries ».
- PNPE1333 tome B « Renforcement au séisme Noyau Dur du Circuit Primaire Principal, du Circuit Secondaire Principal et supportage SND »
- PNPE1336 « Traçage RRB et remplacement mesures de niveau de la bache PTR ».
- PNPE1357 « Robustesse au séisme Noyau Dur des matériels électriques et contrôle-commande ».
- PNPE1358 « Robustesse au séisme Noyau Dur des systèmes de ventilation et robustesse à la tornade des gaines de ventilation ».
- PNPP1824 « Ajout d'une chaîne de mesure de niveau analogique de la piscine d'entreposage du combustible BK ».
- PNPP1925 « Amélioration de l'isolation électrique entre Unité de Polarité et entrées TOR du KIT (traitement centralisé de l'information) ».
- PNPP1907 tome N « Refoulement PTR bis et appoint Noyau Dur par le haut de la piscine d'entreposage du combustible ».
- PNPE1478 « Robustesse au SND de l'instrumentation ».

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

Les modifications :

- PNPE1386 « Mise en place d'une mesure de niveau puisard dans le bâtiment réacteur ».
- TCDI0022 « Robustesse Noyau Dur du système DCA ».

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.6.2 Inondation externe noyau dur

Partie générique Palier

❖ L'aléa

Deux phénomènes d'inondations externes sont considérés :

- Les inondations externes associées à la montée du niveau de la source froide.
- Les inondations par déversement direct sur la plateforme liées à des pluies de forte intensité ou consécutives à la ruine d'ouvrages d'eau sur la plateforme (au titre des effets induits par le séisme).

Inondations externes associées à la montée de niveau de la source froide

Pour les inondations externes associées à la montée de la source froide, les situations suivantes sont prises en compte pour le dimensionnement des protections des SSC du Noyau Dur :

- Crue fluviale dont le débit serait supérieur de 30 % à celui de la Crue Millénale Majorée.
- Niveau marin extrême, pour les sites en bord de mer, résultant d'une majoration forfaitaire du niveau de référence déterminé en application du guide ASN n° 13, avec prise en compte des effets d'une houle centennale propagée sur le niveau statique ainsi obtenu.
- Effets induits par un séisme de niveau SND sur les digues de canaux jouxtant le site (cas particulier du CNPE de Tricastin).

- Ruptures multiples de barrages en amont du site sous l'effet d'un séisme pour les sites fluviaux concernés.

Inondations par déversement direct sur la plateforme

Pour les inondations par déversement direct sur la plateforme, les situations suivantes sont prises en compte pour le dimensionnement des protections des SSC du Noyau Dur :

- Pluies de Forte Intensité (PFI) dont l'intensité est doublée vis-à-vis des PFI d'occurrence centennale considérées du référentiel.
- Pluies de Forte Intensité associées à l'obstruction totale des avaloirs du réseau d'évacuation d'eaux pluviales.
- Inondation induite par un séisme au-delà du référentiel conduisant à la ruine d'ouvrages d'eau situés sur la plateforme.

❖ Phénomènes naturels liés à l'inondation

Vent extrême

Les vents correspondants aux situations d'inondations externes Noyau Dur par montée du niveau de la source froide (hors crues fluviales) ou par déversement direct sur la plateforme sont considérés de type laminaire en régime établi. Ils présentent un caractère régional et s'inscrivent dans une durée de quelques heures, avec des vitesses pouvant atteindre au paroxysme une valeur de 200 km/h.

En pratique, par découplage, la vérification des SSC du Noyau Dur vis-à-vis des vents extrêmes peut s'appuyer sur la vérification effectuée pour le risque tornade.

Foudre

Pour l'ensemble des sites, les fonctions du Noyau Dur sont vérifiées en considérant un risque de foudre extrême de caractéristiques suivantes :

Ces valeurs intègrent des marges significatives par rapport aux référentiels actuels.

Le courant maximal choisi de 300 kA comprend une marge significative de 50 % par rapport au niveau le plus haut pour lequel les normes NF EN 62305-3 et 62305-4 dimensionnent les protections (200 kA).

Grêle

Pour l'ensemble des sites, les fonctions du Noyau Dur sont vérifiées en considérant un risque de grêle de caractéristiques suivantes et des modifications sont mises en œuvre si nécessaire :

- Diamètre : 50 mm.
- Vitesse : 32 m/s.
- densité : de l'ordre de 0,9 g/cm³.

❖ Protections mises en œuvre

Les bâtiments contenant des SSC du Noyau Dur sont protégés :

- De l'inondation par déversement sur la plateforme par les protections rapprochées basses.

- De l'inondation par montée de la source froide :
 - Soit par la protection rapprochée haute qui protège les bâtiments.
 - Soit par des protections périphériques (digues par exemple) qui protègent les sites.

Protection rapprochée basse

La protection rapprochée basse (PNPP1675) consiste à protéger les ouvertures en superstructure de l'îlot nucléaire et des stations de pompage situées en deçà des niveaux de découplage fixés par le calfeutrement des traversées et la mise en place de seuils et batardeaux au droit des portes.

Les phénomènes entraînant un déversement sur la plateforme sont non prévisibles et les protections destinées à empêcher la venue massive d'eau par déversement depuis la plateforme dans les bâtiments contenant des SCC Noyau Dur, les locaux diesels et la station de pompage pour prévenir le risque de perte de la source froide et des sources électriques (« H1/H3 ») sont donc présentes en permanence.

Protection rapprochée haute

La protection rapprochée haute s'appuie en infrastructure sur la protection volumétrique (PV) hors station de pompage et bâtiments diesels. Elle consiste à étancher en superstructure la périphérie de l'îlot nucléaire sur le périmètre de la PV hors diesels d'une part et à étancher les nouvelles interfaces en infrastructure, entre la périphérie de l'îlot nucléaire sur le périmètre de la PV hors diesels et les autres bâtiments et galeries de la protection volumétrique par la mise en place de batardeaux et portes étanches.

Les phénomènes entraînant une montée de la source froide sont prédictibles. Les protections destinées à empêcher la venue massive d'eau dans le volume de la PV limité au périmètre Noyau Dur de l'îlot nucléaire sont disponibles au plus près des zones d'installation et conçues pour être mises en place rapidement sans moyens de manutention lourds.

La mise en place de cette protection est présentée dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte tenu de son caractère site-dépendant.

Protection périphérique

L'analyse relative à la protection périphérique et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentés dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte tenu de leur caractère site-dépendant.

Digues des sites en bord de rivière

De façon à couvrir les débordements de la source froide qui seraient provoqués par un séisme au-delà du dimensionnement, les sites « *bord de rivière* » ont fait l'objet d'études complémentaires :

- Afin de déterminer le niveau de robustesse au séisme des digues des sites en bordure de canaux dont le niveau est supérieur au niveau de la plateforme (cas du site de Tricastin).
- Afin d'analyser l'impact des ruptures multiples de barrages (soit situés dans une même vallée, soit situés dans des vallées parallèles en amont du site).

Les résultats des études, et les éventuelles modifications qui en découlent, sont présentés dans la partie dédiée aux études spécifiques de tranche compte tenu de leur caractère site-dépendant.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

Protection périphérique :

Pour le CNPE de Gravelines, la protection périphérique répond à l'objectif de protection des bâtiments abritant des SSC Noyau Dur contre le débordement de la source froide.

Les modifications suivantes déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines contribuent au renforcement de ces protections :

- La modification PNPE1039 « Protections périphériques contre les inondations externes du CNPE de Gravelines » qui consiste à protéger le CNPE vis-à-vis d'une inondation externe induite par un débordement de la source froide en relevant la hauteur d'arase de la protection périphérique. Cette modification se caractérise par la création d'une digue de protection, l'installation de palplanches, la mise en place de portails étanches, la mise en place de dalles de couverture sur les caniveaux SEC/CFI, la suppression de by-pass de la protection périphérique.
- La modification PNPE1213 « Mise en place d'un système d'étanchéité au passage de l'arbre de transmission du tambour filtrant », qui supprime le by-pass de la protection périphérique situé entre l'arbre du tambour filtrant et la casemate du tambour.

Protection rapprochée basse :

Pour le CNPE de Gravelines, la protection rapprochée basse répond à l'objectif de protection des bâtiments abritant des SSC Noyau Dur en situation Noyau Dur.

Protection rapprochée haute :

Les protections périphériques et les protections rapprochées basses sont suffisantes pour assurer la protection des bâtiments abritant des SSC Noyau Dur. La mise en place de protections rapprochées hautes n'est pas nécessaire sur le CNPE de Gravelines.

Digues des sites en bord de rivière :

Le CNPE de Gravelines étant un site bord de mer, il n'est pas concerné.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPP1675 « Protections vis-à-vis de l'inondation externe par déversement direct sur la plateforme ».
- PNPE1213 « Mise en place d'un système d'étanchéité au passage de l'arbre de transmission du tambour filtrant ».
- PNPE1039 « Protection Périphérique contre les inondations externes à Gravelines ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

7.6.3 Tornade noyau dur**Partie générique Palier****❖ L'aléa**

L'évaluation de l'aléa s'appuie sur une approche fondée sur le retour d'expérience des tornades observées en France. Cette approche conduit à retenir :

- Une tornade d'intensité EF3 sur l'échelle Enhanced Fujita (EF) sur les sites de Blayais, Chinon, Saint-Laurent, Dampierre, Tricastin, Cruas.

- Une tornade d'intensité EF4 pour les sites situés dans des zones marquées par un REX présentant une tornade d'intensité EF5 ou plusieurs tornades d'intensité EF4 observées dans un rayon de 50 km. Le seul site du Palier 900 Mwe concerné est celui de Gravelines.

❖ **Protections mises en œuvre**

Les modifications sont spécifiques à chacun des équipements à protéger ou des structures à renforcer (bâches PTR, certains matériels nécessaires à l'alimentation de la bâche ASG, certaines ouvertures du génie civil, etc).

Les protections envisagées (liste non limitative) par EDF vis-à-vis de la tornade Noyau Dur sont des tôles métalliques, des caillebotis, des filets, des charpentes métalliques (PNPE1119). EDF déploie également une modification assurant la robustesse des gaines de ventilation à la tornade (PNPE1358) ainsi qu'une modification permettant d'éviter que les matériels non fixés en toiture des DUS ne deviennent des agresseurs contre les EIPS de la toiture des DUS en cas de tornade de référence et Noyau Dur (PNPE1481).

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPE1119 « Protections passives de l'îlot nucléaire à la tornade ».
- PNPE1358 « Robustesse au séisme Noyau Dur des systèmes de ventilation et robustesse à la tornade des gaines de ventilation ».
- PNPE1481 « Traitement des éléments non fixés en toiture du DUS ».

seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.6.4 Effets induits sur le site par les phénomènes naturels au-delà du dimensionnement

Partie générique Palier

Le Noyau Dur doit être robuste aux effets potentiellement induits à la suite des agressions Noyau Dur considérées : les effets potentiellement induits par la défaillance de matériels non Noyau Dur à la suite d'un des phénomènes naturels considérés ne doivent pas compromettre les fonctions du Noyau Dur.

Les effets induits considérés sont les phénomènes suivants :

- Chute de charge.
- Choc provenant d'autres composants et structures.
- Fouettement direct de tuyauteries haute énergie.
- Inondation.
- Explosion.
- Incendie.

La démarche appliquée pour la vérification de la robustesse du Noyau Dur aux effets induits est une démarche pragmatique, reposant sur des méthodes et des hypothèses réalistes adaptées à l'enjeu, et qui vise à concentrer les efforts d'analyse sur les principaux risques.

L'objectif poursuivi en priorité est la prévention des effets induits susceptibles de remettre en cause l'accomplissement des fonctions Noyau Dur. Le périmètre de la démarche est défini par un ensemble d'hypothèses structurantes conduisant à orienter la vérification :

- Sur l'intégrité des systèmes ou des composants non Noyau Dur contenant un fluide.
- Sur la stabilité des matériels non Noyau Dur pouvant en cas de défaillance à la suite d'une agression Noyau Dur (séisme, inondation ou tornade) avoir un impact direct sur la capacité d'une cible Noyau Dur à assurer sa fonction.

Si un risque d'endommagement des SSC du Noyau Dur de nature à remettre en cause la réponse aux objectifs du Noyau Dur est mis en évidence, des dispositions sont mises en œuvre pour supprimer ce risque (renforcement ou déplacement des sources d'effets induits, voire déplacement de l'équipement du Noyau Dur menacé) ou protéger le Noyau Dur contre les phénomènes physiques redoutés. Des analyses, notamment probabilistes peuvent être utilisées pour justifier les dispositions.

Suite à l'analyse des effets potentiellement induits à la suite des agressions Noyau Dur, EDF déploie une modification de robustesse au SND du pont polaire du bâtiment réacteur (PNPP1898). EDF renforce également la protection de certains matériels mécaniques contre les effets induits (PNRL1917 et PNPE1395).

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

La modification PNPP1898 « Renforcement du pont polaire au séisme Noyau Dur » a été intégralement réalisée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de cette modification ont été pris en compte.

La modification PNPE1395 « Modifications pour prise en compte des effets induits mécaniques sur matériels Noyau Dur (ajout de pare-buffle, renfort de structures) » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNRL1917 « Modifications pour prise en compte des effets induits sur matériels mécaniques » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique, et au plus tard lors de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

7.7 **Conclusion**

La mise en place suite à l'accident de la centrale Fukushima, d'un Noyau Dur de dispositions matérielles et organisationnelles, vient renforcer la robustesse des installations du Palier CPY à l'égard des situations extrêmes potentiellement consécutives à une agression externe Noyau Dur.

Les niveaux d'aléas naturels retenus pour dimensionner ces dispositions tiennent compte du REX d'exploitation national et international, de l'évolution des connaissances et de l'exploitation des meilleures pratiques disponibles.

Les dispositions Noyau Dur pérennes prises par EDF répondent aux prescriptions techniques ASN de 2014 et aux prescriptions émises par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900. Elles permettent de prévenir ou limiter les rejets radioactifs massifs et les effets durables dans l'environnement dans les situations considérées. Elles permettent à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise.

Les dispositions matérielles du Noyau Dur sont des éléments importants pour la protection des intérêts. Elles font l'objet d'exigences de conception, fabrication, installation, aptitude au suivi en exploitation, exploitation pendant toute la durée de vie de l'installation.

Les dispositions Noyau Dur sont déployées par EDF de manière concomitante au quatrième réexamen périodique. Ces dispositions sont valorisées dans le cadre de la réévaluation (cf. [Volet 1 - Chapitre 2 - Sections 1 à 4](#)) et contribuent ainsi à la réponse aux objectifs du réexamen.

VOLET II - INCONVENIENTS

SOMMAIRE DU VOLET II

VOLET II : INCONVENIENTS	448
CHAPITRE 1 : CONFORMITE	451
INTRODUCTION	453
1. APPRÉCIATION DE LA SITUATION DE L'INSTALLATION AU REGARD DES RÈGLES QUI LUI SONT APPLICABLES	383
1.1. SITUATION ET ORGANISATION DE L'INSTALLATION	453
1.1.1. L'INSTALLATION ET LA MAITRISE DES INCONVENIENTS	453
1.1.1.1. PRESENTATION DE L'INSTALLATION	453
1.1.2. LE RESPECT DE LA REGLEMENTATION	393
1.1.2.1. TEXTES REGLEMENTAIRES APPLICABLES	393
1.1.2.2. MAITRISE DE LA CONFORMITE REGLEMENTAIRE	396
1.2. BILAN DE L'EXPERIENCE ACQUISE AU COURS DE L'EXPLOITATION	475
1.2.1. ANALYSE DES EVENEMENTS SIGNIFICATIFS	475
1.2.2. CONFORMITE DES EIPi A LEURS EXIGENCES DEFINIES	484
1.2.3. CONTROLES COMPLEMENTAIRES SUR LES EQUIPEMENTS DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS ET DE CONDITIONNEMENT DES DECHETS	486
1.2.4. MAITRISE DES INCONVENIENTS POUR LA PROTECTION DES INTERETS	486
1.2.4.1. BILAN DES PRELEVEMENTS ET CONSOMMATIONS D'EAU	487
1.2.4.2. BILAN DES REJETS D'EFFLUENTS	489
1.2.4.2.1. BILAN DES REJETS D'EFFLUENTS RADIOACTIFS	489
1.2.4.2.2. BILAN DES REJETS D'EFFLUENTS CHIMIQUES	502
1.2.4.3. BILAN DES REJETS THERMIQUES	515
1.2.4.4. BILAN DES DECHETS	517
1.2.4.4.1. BILAN DES DECHETS RADIOACTIFS	519
1.2.4.4.2. BILAN DES DECHETS CONVENTIONNELS	531
1.2.4.5. NUISANCES	535
1.3. CONCLUSION	535
CHAPITRE 2 : REEVALUATION	538
2. ACTUALISATION DE L'APPRECIATION DES INCONVENIENTS QUE LE CNPE PRESENTE POUR LES INTERETS PROTEGES	540
2.1. ANALYSE DES PERFORMANCES DES MOYENS DE PREVENTION ET REDUCTION DES IMPACTS ET NUISANCES ENGENDRES PAR LE CNPE AU REGARD DE L'EFFICACITE DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES	540
2.2. ANALYSE DE L'ETAT CHIMIQUE ET RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT AU VOISINAGE	

	DU CNPE	543
2.2.1.	ANALYSE DE L'ETAT CHIMIQUE ET ECOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT AU VOISINAGE DU CNPE	543
2.2.2.	ANALYSE DE L'ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT AU VOISINAGE DU CNPE	548
2.3.	ANALYSE DE L'ETAT CHIMIQUE ET RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LE CNPE (ETAT DES SOLS)	550
2.4.	ELEMENTS PERMETTANT LE REEXAMEN DES LIMITES DE REJET DES SUBSTANCES MENTIONNEES DANS LE TABLEAU ANNEXE A L'ARTICLE R. 211-11-1 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT	556
2.5.	BILAN DES ETUDES MENEES, ETAT DES ETUDES RESTANT À CONDUIRE ET ECHEANCIER PREVISIONNEL DU RECONDITIONNEMENT DES DECHETS	557
2.6.	ELEMENTS PERMETTANT LE REEXAMEN DES PRESCRIPTIONS ASSOCIEES AU CONTROLE PERMANENT DE LA RADIOACTIVITE OU AU DOUBLEMENT DES CHAINES DE MESURE	567
2.7.	MESURE DES NIVEAUX D'EMISSION SONORE DU CNPE	567

CHAPITRE 1 : CONFORMITE

SOMMAIRE DU CHAPITRE 1

1.1. Situation et organisation de l'installation.....	453
1.1.1. L'installation et la maîtrise des inconvénients	453
1.1.1.1. Présentation de l'installation	453
1.1.1.2. Présentation des inconvénients que l'installation présente pour les intérêts protégés	454
1.1.1.3. Présentation de l'organisation pour la maîtrise des inconvénients pour la protection des intérêts.....	455
1.1.2. Respect de la réglementation	464
1.1.2.1. Textes réglementaires applicables	464
1.1.2.2. Maîtrise de la conformité réglementaire.....	469
1.2. Bilan de l'expérience acquise au cours de l'exploitation	475
1.2.1. Analyse des événements significatifs	475
1.2.2. Conformité des EIPi à leurs exigences définies	484
1.2.3. Contrôles complémentaires sur les équipements de traitement des effluents et de conditionnement des déchets	486
1.2.4. Maîtrise des inconvénients pour la protection des intérêts	487
1.2.4.1. Bilan des prélèvements et consommation d'eau	487
1.2.4.2. Bilan des rejets d'effluents	489
1.2.4.3. Bilan des rejets thermiques	515
1.2.4.4. Bilan des déchets	517
1.2.4.5. Nuisances	535
1.3. Conclusion	536

CHAPITRE 1 : CONFORMITE

1.1. Situation et organisation de l'installation

1.1.1. L'installation et la maîtrise des inconvénients

1.1.1.1. Présentation de l'installation

Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité (CNPE) de Gravelines se situe sur le territoire de la commune de Gravelines dans le département du Nord (59), région Hauts-de-France. Au voisinage du CNPE se trouvent :

- au nord la ferme aquacole Aquanord et la Mer du Nord ;
- à l'ouest le village de Petit-Fort-Philippe, le fleuve Aa et la commune de Grand-Fort-Philippe ;
- au sud les communes de Gravelines, de Saint-Georges-sur-l'Aa ;
- et à l'est le Dépôt Pétrolier de la Côte d'Opale (DPCO), l'avant-port ouest de Dunkerque, le terminal méthanier de Dunkerque LNG et la commune de Loon-Plage.

Les agglomérations les plus importantes situées à proximité sont Calais à environ 21 km à l'ouest et Dunkerque à environ 15 km à l'est.

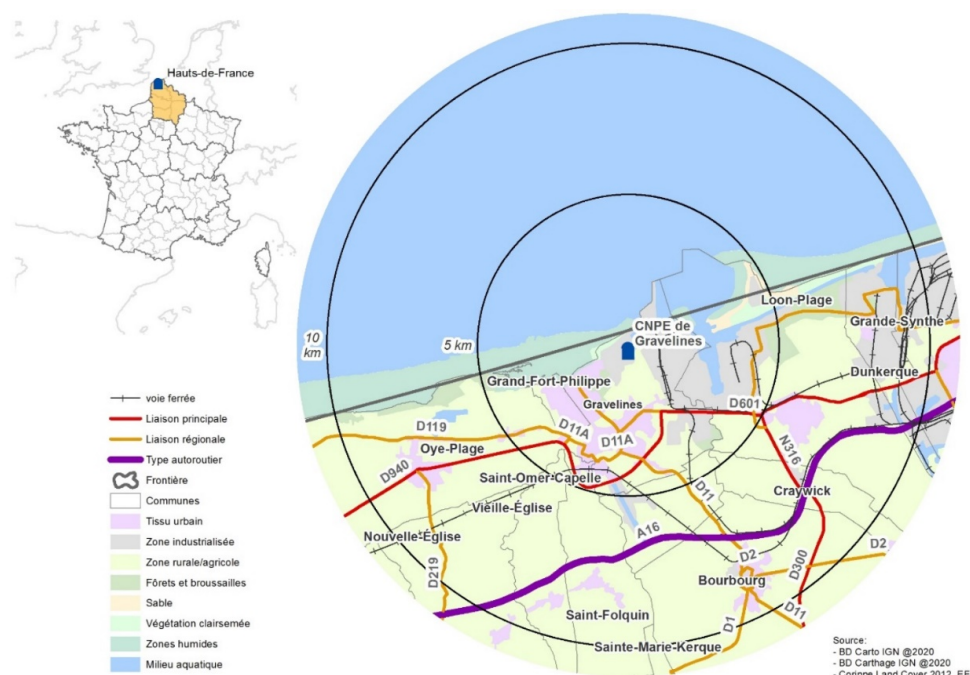


Figure 1 : Localisation du CNPE de Gravelines

Le CNPE de Gravelines comporte trois Installations Nucléaires de Base (INB) :

- L'INB n° 96, constituée de deux Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) jumelés (réacteurs n° 1 et n° 2) d'une puissance électrique unitaire de 900 MWe.
- L'INB n° 97, constituée de deux Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) jumelés (réacteurs n° 3 et n° 4) d'une puissance électrique unitaire de 900 MWe.
- L'INB n° 122, constituée de deux Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) jumelés (réacteurs n° 5 et n° 6) d'une puissance électrique unitaire de 900 MWe.

Les réacteurs sont refroidis en circuit ouvert par de l'eau de mer amenée via un canal d'amenée commun aux six réacteurs.

1.1.1.2. Présentation des inconvénients que l'installation présente pour les intérêts protégés

Selon l'article 4.1.I. de l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, dit arrêté INB « *Les inconvénients [...] incluent, d'une part, les impacts occasionnés par*

l'installation sur la santé et l'environnement du fait des prélèvements d'eau et rejets, et, d'autre part, les nuisances qu'elle peut engendrer, notamment par la dispersion de micro-organismes pathogènes, les bruits et vibrations, les odeurs ou l'envol de poussières. ». La gestion des déchets est également retenue par EDF comme relevant du volet inconvénients, car elle est liée au fonctionnement normal des installations.

Les inconvénients retenus en application du principe de proportionnalité aux enjeux tel que décrit à l'article 1.1 de ce même arrêté et que le CNPE de Gravelines présente pour les intérêts protégés sont liés aux :

- Prélèvements et consommation d'eau ;
- Rejets d'effluents radioactifs et chimiques ;
- Rejets thermiques ;
- Déchets radioactifs et conventionnels ;
- Nuisances liées aux émissions sonores.

1.1.1.3. Présentation de l'organisation pour la maîtrise des inconvénients pour la protection des intérêts

❖ **Management de l'environnement**

Tous les CNPE disposent d'un Système de Management intégré (SMI) qui inclut le domaine environnement certifié « ISO 14001 » depuis 2002. La dernière certification de l'ensemble des CNPE selon la norme ISO 14001 (version 2014), intégrant le CNPE de Gravelines, a eu lieu en mars 2023.

Le management de l'environnement des CNPE relève du processus « Améliorer et contrôler les performances environnementales » du SMI du CNPE ». Les finalités de ce processus sont d'identifier, prévenir et maîtriser l'impact sur l'environnement et de contribuer à l'amélioration continue des performances dans le respect de la réglementation environnementale. La direction de chaque CNPE assure le pilotage stratégique du management de l'environnement et chaque métier contribue à son niveau à la maîtrise des inconvénients, notamment au travers des analyses environnementales qui couvrent toutes les activités du CNPE.

Les revues annuelles du processus environnement analysent les résultats et définissent les actions à mener pour l'année suivante, en assurant si nécessaire une vision pluriannuelle. Ces actions sont prises en compte par les services du CNPE.

L'organisation intégrée mise en place permet d'assurer la prise en compte des enjeux environnementaux dans l'ensemble des activités du CNPE.

De plus, chaque métier contribue à son niveau à la maîtrise des inconvénients, notamment au travers des analyses environnementales qui couvrent toutes les activités du CNPE.

Les missions Ressources Humaines des CNPE sont responsables du pilotage du processus de management des compétences. Le personnel suit une sensibilisation aux enjeux environnementaux à la réglementation applicable et à la démarche d'amélioration continue. Les prestataires sont formés par leur entreprise sur la base des exigences d'exploitation définies dans les contrats.

Dans le cadre de la démarche d'amélioration continue, les actions suivantes sur l'amélioration du management de l'environnement sont engagées :

- Les activités environnementales des sites nucléaires sont gérées actuellement par quatre applications du système d'information d'EDF. Afin d'anticiper des difficultés prévisibles de maintenance liées aux volumes croissants des données collectées et de traiter les besoins d'évolution liés à l'intégration des nouvelles exigences réglementaires et normatives, il a été décidé de remplacer ces applications par un nouveau Système d'Information pour les Rejets et l'Environnement du Nucléaire d'EDF (SIRENe). Le déploiement de ce nouveau système d'information sur l'ensemble des CNPE a débuté en 2019 et s'est terminé en 2022.
- EDF a engagé, pour ses activités nucléaires, une refonte de son référentiel environnement afin d'harmoniser les pratiques d'exploitation sur les sites nucléaires, d'améliorer la professionnalisation des intervenants et de développer leur sensibilité aux enjeux environnementaux. La finalisation de la refonte s'est terminée fin 2021. Par la suite, ce

référentiel sera mis à jour au fur et à mesure, en fonction des évolutions réglementaires et normatives, des prescriptions internes et du retour d'expérience.

❖ **Optimisation des rejets d'effluents et des déchets**

Afin de respecter les dispositions réglementaires qui lui sont applicables, le CNPE de Gravelines est organisé pour assurer une gestion optimisée des rejets d'effluents et des déchets.

Cette gestion optimisée consiste à :

- Réduire à la source la production d'effluents et de déchets ;
- Collecter de façon sélective les effluents et les déchets pour traiter chacun d'eux le plus efficacement possible, voire, dans certains cas, les réutiliser ;
- Optimiser les conditionnements des circuits afin de limiter les rejets de substances chimiques, tout en préservant l'efficacité de ces conditionnements ;
- Maintenir l'implication des acteurs ;
- Garantir la performance des installations de traitement des effluents.

Concernant ce dernier point, il est à noter qu'EDF a engagé en 2012, au niveau de l'ensemble du Parc nucléaire français, des actions afin d'optimiser la maintenance et l'exploitation des évaporateurs du système de Traitement des Effluents Usés (TEU). Ces actions se traduisent en termes de :

- **Optimisation de la maintenance**

Les évaporateurs TEU du palier 900 MWe doivent satisfaire aux exigences réglementaires de la réglementation applicable aux Équipements Sous Pression Nucléaires (ESPN), qui sont déclinés notamment dans un Programme de Base des opérations d'Entretien et de Surveillance (PBES). Le PBES mis à jour en 2018 pour les évaporateurs TEU du palier 900 MWe, recueille les opérations d'entretien et de surveillance, réparties en deux catégories :

- Les inspections périodiques, qui consistent en une vérification extérieure et intérieure des évaporateurs ainsi qu'une vérification extérieure des accessoires de sécurité (exemple : soupapes) ;
- Les opérations d'entretien et de surveillance, qui sont des actes de maintenance courants, dont la nature et la périodicité sont établies par l'exploitant en vue de maintenir le niveau de sécurité de l'équipement sous pression nucléaire au niveau requis à sa conception.

- **Optimisation des pratiques d'exploitation**

Les conditions d'exploitation et l'attention portée par l'exploitant sur l'ensemble de la chaîne de traitement, y compris la partie aval au système TEU, sont des facteurs importants dans le maintien opérationnel des matériels. Ainsi, les pratiques d'exploitation préconisées, comme la filtration en amont des évaporateurs, le suivi de l'état des bâches d'entreposage ou le rinçage de l'installation après utilisation, permettent d'éviter les risques d'endommagement et la prise en masse dans les évaporateurs.

La mutualisation des pratiques d'exploitation fait l'objet d'un « Guide d'exploitation du système TEU » dont la mise à jour a été faite en janvier 2017. Ce guide a pour objectif, en s'appuyant sur les études d'optimisation du traitement du système TEU et sur l'analyse des pratiques de site, de proposer des recommandations permettant d'améliorer le fonctionnement et la disponibilité des évaporateurs et des déminéraliseurs TEU.

❖ **Surveillance de l'environnement**

EDF met en place, depuis la mise en service des CNPE, un programme de surveillance de l'environnement.

La surveillance de l'environnement remplit trois fonctions principales :

- Une fonction de suivi et d'étude visant à s'assurer de l'absence d'impact à court et long terme des prélèvements et des rejets sur les écosystèmes terrestre et aquatique. C'est l'objet des campagnes

de mesures saisonnières de radioécologie et d'hydroécologie ;

- Une fonction de contrôle du bon fonctionnement global des installations au travers des paramètres que la réglementation demande de suivre à différentes fréquences. Les résultats des mesures sont comparés soit aux limites autorisées, soit à des valeurs repères : seuils de décision de la mesure (précision des appareils de mesures), limites de quantification des mesures et bruit de fond naturel ;
- Une fonction d'alerte assurée au moyen de mesures en continu. Elle permet la détection précoce de toute évolution atypique d'un ou plusieurs paramètres liés aux rejets ou à l'environnement afin de déclencher des investigations et, si nécessaire, des actions de prévention (arrêt du rejet, par exemple).

EDF met en œuvre régulièrement des actions d'amélioration des matériels liés à la surveillance de l'environnement. Ainsi, des affaires menées à l'échelle du Parc nucléaire français d'EDF ont permis d'apporter des améliorations sur le système de surveillance de l'environnement (système KRS).

- Une première affaire ouverte en 2009 a permis de fiabiliser le système KRS : il s'agissait d'accompagner les CNPE dans leurs actions de sécurisation des installations, d'assurer la maintenance des équipements et le suivi du déploiement d'une modification relative à la surveillance radiométrique de l'environnement des CNPE (remplacement des balises des réseaux clôture, 5 et 10 km). Un guide d'exploitation du système KRS en fonctionnement normal et dégradé a également été rédigé.
- Une seconde affaire ouverte en 2015 a pour objectifs de définir la politique industrielle du système KRS, de répondre aux problématiques de sécurité informatique industrielle du système KRS, d'assurer la qualité et la fiabilité de transmission de données afin de répondre aux besoins des utilisateurs. Elle vise également à traiter certaines obsolescences matérielles et logicielles, à assurer la maintenance du système KRS, à améliorer les délais de traitement des pannes et de retour en fonction, et à renforcer la

culture cyber-sécurité des personnels utilisant et maintenant les composants du système KRS.

EDF a également optimisé la surveillance de la qualité des eaux souterraines des CNPE, en :

- Créant de nouveaux ouvrages piézométriques et réalisant la réfection d'ouvrages existants, afin de disposer d'un réseau de surveillance en adéquation avec les zones à risques potentiels identifiées ;
- Mettant en place un programme de surveillance périodique renforcé (augmentation du nombre d'ouvrages suivis, et du nombre de paramètres chimiques et radiologiques analysés) ;
- Améliorant et homogénéisant les modalités d'exploitation du réseau de surveillance piézométrique sur l'ensemble du Parc nucléaire d'EDF ;
- Créant un guide de maintenance des piézomètres.

Des contrôles quotidiens, hebdomadaires et mensuels sont réalisés dans l'écosystème terrestre, l'air ambiant, les eaux de surface et les eaux souterraines.

Les prélèvements et analyses sont réalisés dans le respect de la réglementation en vigueur, et permettent de s'assurer du respect de la conformité aux prévisions faites dans l'étude d'impact.

Chaque CNPE dispose pour cela d'un laboratoire de contrôle des effluents et d'un laboratoire de mesures de la radioactivité dans l'environnement, qui réalisent la plupart des mesures, même si certaines mesures particulières peuvent être confiées à des laboratoires extérieurs.

Ainsi, chaque CNPE réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, plus de 20 000 mesures dont les résultats sont transmis à l'administration et utilisés dans les documents ou supports destinés au public. Les résultats de la surveillance de l'environnement autour des sites sont publiés par EDF sur son site internet et dans un rapport annuel de l'environnement pour chaque site.

L'article 4.2.4 de l'arrêté INB, et l'article R. 1333-26 du code de la santé publique disposent que les mesures de radioactivité dans l'environnement, effectuées pour le

compte des exploitants d'INB, soient réalisées par des laboratoires agréés par l'ASN (pour chaque type de mesure). Ces agréments sont délivrés par une commission présidée par l'ASN, sur la base de deux prérequis :

- La conformité des pratiques de prélèvement (depuis 2010) et de mesure aux exigences de la norme NF EN ISO/CEI 17025.
- La réussite à un Essai Inter-Laboratoires, (EIL), organisé par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) sur commandite de l'ASN.

Les laboratoires du CNPE de Gravelines possèdent les agréments requis à la réalisation des mesures mises en œuvre en interne et sous-traitent les autres analyses à des laboratoires agréés.

En plus de l'obtention et du renouvellement de ces agréments, EDF s'est inscrite, depuis 2009, dans une démarche d'accréditation de ses activités d'analyses par le COmité FRançais d'ACcréditation (COFRAC). À ce jour, toutes les demandes d'accréditation et de renouvellement ont été obtenues.

L'article 4.2.4 de l'arrêté INB et l'article R. 1333-25 du code de la santé publique disposent également que les résultats des mesures de radioactivité réalisées dans l'environnement par les exploitants d'INB soient transmis au Réseau National de Mesures (RNM) de la radioactivité de l'environnement.

Ce réseau a pour objectif d'informer le public sur la radioactivité de l'environnement. Depuis 2010, son site internet rend accessible au public les résultats des mesures de radioactivité réalisées par des laboratoires publics ou privés agréés par l'ASN, dans différents milieux (air, eau, sol, flore et faune) et dans des produits alimentaires.

Aux mesures et contrôles pratiqués au quotidien, s'ajoutent des mesures saisonnières dont la finalité est d'évaluer, dans la durée, l'impact du fonctionnement du site sur l'environnement. Ce suivi porte sur la biologie du milieu aquatique (hydroécologie) et sur la radioactivité présente dans les écosystèmes terrestre et aquatique (radioécologie). Ces campagnes de mesures sont mises en œuvre, sous la responsabilité de l'exploitant, par des organismes ou laboratoires externes.

❖ **Préservation de la biodiversité**

En tant qu'usager des espaces naturels terrestre et aquatique et en tant que propriétaire foncier, EDF est directement concerné par des enjeux liés à la biodiversité.

Conscient de sa responsabilité et de son rôle au regard de ces enjeux, EDF se mobilise pour limiter l'impact de ses activités sur la biodiversité, tout en conciliant la sécurité de l'approvisionnement énergétique, la sécurité des installations et l'offre d'une énergie accessible et compétitive.

De la conception à la déconstruction, en passant par les phases de construction et de fonctionnement des INB, EDF met en œuvre de nombreuses actions afin de préserver la biodiversité :

- Mise en œuvre au quotidien d'une surveillance continue des milieux et d'optimisation des rejets d'effluents ;
- Réalisation de diagnostics préalables détaillés, en amont de la réalisation de chaque projet ;
- Mise en place de mesures pour éviter, réduire ou compenser les impacts des projets.

EDF s'engage aux côtés de la société civile, des associations et des collectivités à préserver la biodiversité locale dans le cadre d'une politique volontaire d'amélioration des connaissances, de préservation de la faune et de la flore, et de communication interne et externe.

Dans ce cadre, le CNPE de Gravelines a conclu plusieurs partenariats, par exemple avec :

- Le Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement (CPIE⁵) Flandre Maritime pour des inventaires floristiques et faunistiques ainsi que des animations autour de la Biodiversité ;
- Le Groupe Ornithologique et Naturaliste (GON⁶) et l'association GOELAND pour participer au comptage des oiseaux protégés sur le périmètre du CNPE ;

⁵ Site Web de l'association : <https://www.cpieflandremaritime.fr/>

⁶ Site Web de l'association : <https://gon.fr/>

- La Société Nationale de Sauvetage en Mer (SNSM) pour le suivi des groseilles de mer ;
- Un apiculteur ayant installé des ruches sur le site ;
- Un éleveur de moutons boulonnais pour la pratique de l'éco-pâturage sur la butte pare-feu du CNPE.

Par ailleurs, la filière nucléaire s'est pourvue depuis 2006 d'une « feuille de route Biodiversité » spécifique qui s'appuie sur la politique Biodiversité du Groupe EDF et qui structure l'ensemble des actions liées à la biodiversité dans les activités d'exploitation des sites nucléaires.

Dans ce contexte, pour le CNPE de Gravelines, un pré-diagnostic a été établi sur la base d'une étude réalisée par un bureau d'études naturalistes en 2020, à partir de données bibliographiques et d'inventaires de terrain menés en 2019, afin d'identifier les espaces naturels remarquables, les habitats naturels, la faune et la flore remarquables.

Lors des différents passages des experts naturalistes du bureau d'études, la flore, les habitats naturels ainsi que les oiseaux, les amphibiens, les reptiles, les mammifères et les insectes ont été inventoriés. Ces inventaires se sont déroulés sur les périodes favorables à l'observation des différents compartiments floristiques et faunistiques (avril, mai, juin et août 2019) avec des méthodologies adaptées à chacun des compartiments étudiés.

Une recherche plus spécifique des espèces remarquables (espèces protégées et/ou espèces patrimoniales) ainsi que des espèces exotiques envahissantes a été réalisée.

Le domaine foncier du CNPE de Gravelines est localisé sur le littoral de la Mer du Nord. Le site industriel au niveau des installations est constitué majoritairement d'espaces artificialisés et d'espaces verts entretenus.

Les principaux enjeux écologiques sont localisés en dehors de l'enceinte du CNPE et concernent plus spécifiquement :

- Les milieux littoraux et halophiles (pelouses des dunes grises, fourrés à Argousier faux-nerprun,

fourrés à Argousier faux-nerprun sur dunes, Dunes blanches à Oyat), avec en particulier des enjeux liés à la présence d'habitats d'intérêt communautaire (en dehors d'un site Natura 2000), et d'espèces végétales et animales protégées et d'intérêt patrimonial (notamment des oiseaux et amphibiens) ;

- Les milieux prairiaux, dont certains correspondent à des habitats d'intérêt communautaire (en dehors de site Natura 2000), notamment les prairies maigres de fauche de basse altitude, pouvant également accueillir des espèces protégées ou patrimoniales, notamment des oiseaux et des insectes ;
- Les milieux humides (mares, aulnaies, saulaies, roselières), qui accueillent des cortèges faunistiques et floristiques d'intérêt (flore, oiseaux, insectes, etc.) ;
- Les fourrés et les boisements, qui présentent un intérêt pour les oiseaux et les chiroptères.

À noter également la présence de deux espèces floristiques exotiques envahissantes avérées dans les milieux naturels (Robinier faux-acacia et Sénéçon sud-africain), ainsi que deux espèces exotiques envahissantes potentielles (Rosier rugueux et Claytonie perfoliée).

Par ailleurs, la présence d'une colonie nicheuse de Sternes pierregarin fait l'objet de mesures spécifiques pour intégrer cet enjeu à l'exploitation du CNPE de Gravelines.

1.1.2. Respect de la réglementation

1.1.2.1. Textes réglementaires applicables

En 2006, une refonte du régime juridique encadrant les INB a été engagée avec la loi « TSN » du 13 juin 2006, codifiée depuis dans le code de l'environnement. Cette loi a été précisée par plusieurs décrets d'application et arrêtés selon la hiérarchie présentée sur la Figure 2.

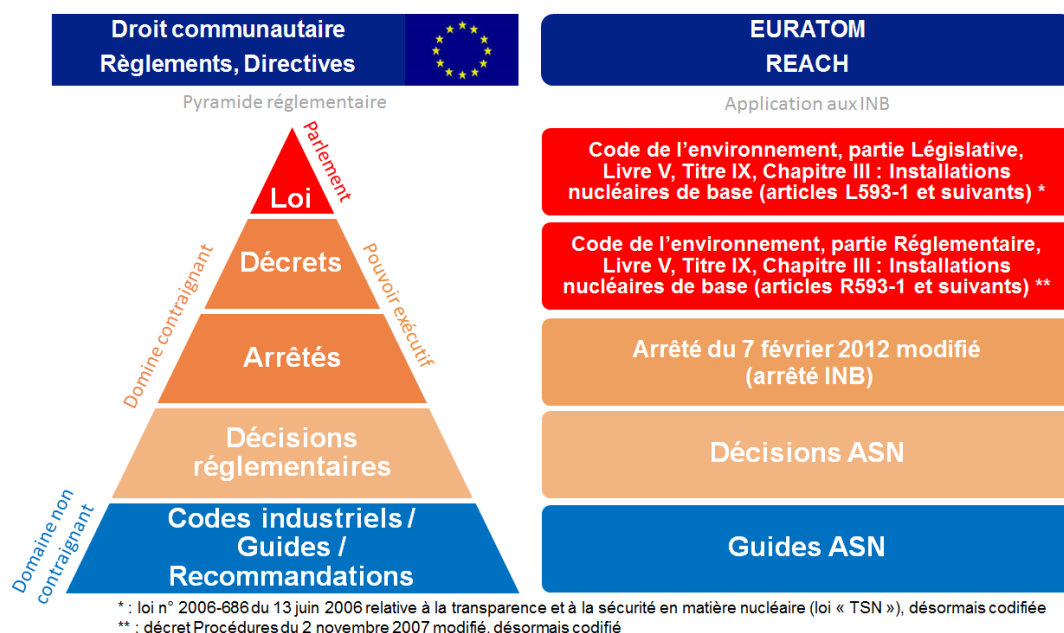


Figure 2 : Hiérarchisation des textes réglementaires et application aux INB

En application de la prescription [INC-B] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du quatrième réexamen périodique du palier 900 MWe (4^{ème} RP 900) :

- EDF a mis à jour, en septembre 2022, l'étude d'impact dont le contenu répond aux exigences des articles R. 122-5 et R. 593-17 du code de l'environnement, en tenant compte de l'évolution des connaissances, notamment en matière d'évaluation des impacts des rejets des installations et de l'évolution de l'environnement du site, en décrivant l'incidence des installations sur le climat et la vulnérabilité des installations au changement climatique, notamment en ce qui concerne les rejets thermiques, la gestion des rejets liquides et l'utilisation de la ressource en eau ;
- EDF a précisé en septembre 2022 les améliorations contribuant à la réduction des impacts de ses installations sur l'environnement qu'il prévoit au regard des conclusions de l'étude d'impact et des meilleures techniques disponibles, ainsi que le calendrier de mise en œuvre associé ;
- EDF a transmis en décembre 2023, une étude présentant le cumul des incidences sur le Rhône et

sur la Loire des centrales nucléaires situées sur ces fleuves.

Les principaux textes réglementaires applicables au CNPE de Gravelines, relatifs aux inconvénients, sont cités ci-dessous :

- Titre IX du livre V du code de l'environnement, relatif à la sécurité nucléaire et aux Installations Nucléaires de Base, notamment les articles L. 593-18 et L. 593-19.
- Titre IX du livre V du code de l'environnement, relatif à la sécurité nucléaire et aux installations nucléaires de base, partie réglementaire et notamment les articles R. 593-62 et suivants.
- Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base (dit « Arrêté INB » par la suite).
- Décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base, homologuée par l'arrêté du 9 août 2013 et modifiée par la décision n° 2016-DC-0569, homologuée par l'arrêté du 5 décembre 2016 (dite décision environnement par la suite).
- Décision n° 2015-DC-0508 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 21 avril 2015 relative à l'étude sur la gestion des déchets et au bilan des déchets produits dans les installations nucléaires de base, homologuée par l'arrêté du 1er juillet 2015 (dite décision déchet par la suite).
- Décision n° 2017-DC-0587 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 23 mars 2017 relative au conditionnement des déchets radioactifs et aux conditions d'acceptation des colis de déchets radioactifs dans les Installations Nucléaires de Base de stockage, homologuée par l'arrêté du 13 juin 2017 (dite décision conditionnement déchets par la suite).
- Décision n° 2017-DC-0588 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 6 avril 2017 relative aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des réacteurs électronucléaires à eau sous pression,

homologuée par l'arrêté du 14 juin 2017 (dite décision modalités Parc par la suite).

- Décision n° 2018-DC-0647 de l'Autorité de Sureté Nucléaire du 16 octobre 2018 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des Installations Nucléaires de Base n° 96, n° 97 et n° 122 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Gravelines.
- Décision n° 2018-DC-0646 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 octobre 2018 fixant les valeurs limites de rejet dans l'environnement des effluents des Installations Nucléaires de Base n° 96, n° 97 et n° 122 exploitées par Electricité de France (EDF) dans la commune de Gravelines, homologuée par l'arrêté du 18 décembre 2018.

En application de la prescription [INC-A] émise par l'ASN dans la décision n°2021-DC-0706 du 23 février 2021 au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} réexamen périodique 900, EDF présente l'examen de conformité aux textes suivants :

- - Règlement (CE) n° 1907/2006 du 18 décembre 2006 modifié concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (dit règlement REACH par la suite).
- - Règlement (CE) n° 1272/2008 du 16 décembre 2008 modifié relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges (dit règlement CLP par la suite).
- - Règlement (UE) n° 528/2012 du 22 mai 2012 modifié concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides (dit règlement biocides par la suite).

1.1.2.2. *Maîtrise de la conformité réglementaire*

Le CNPE de Gravelines est organisé afin d'assurer en permanence la maîtrise de sa conformité réglementaire, par une succession d'étapes clés :

- **Identification** : la conformité réglementaire du domaine environnement des CNPE s'appuie sur la détection et l'analyse, au niveau national, des textes et exigences réglementaires environnementales applicables aux CNPE. Chaque CNPE recense également les textes et exigences de niveau local qui lui sont applicables.
- **Évaluation** : le CNPE évalue et trace l'état de conformité aux exigences nationales et locales qui lui sont applicables. Cette évaluation des exigences réglementaires aboutit au classement suivant :
 - « Exigences en cours d'analyse » : les nouvelles exigences applicables sont en cours d'analyse par le CNPE pour statuer de sa conformité à ses nouvelles exigences ;
 - « Exigences conformes » : il s'agit des exigences réglementaires pour lesquelles le CNPE dispose des preuves de conformité et se déclare conforme ;
 - « Exigences en gestion de conformité » : il s'agit des exigences réglementaires pour lesquelles le CNPE ne dispose pas de l'ensemble des preuves de conformité et se déclare en gestion de conformité. Le CNPE réalise des actions complémentaires selon un échéancier proportionné aux enjeux vis-à-vis des intérêts protégés pour obtenir les preuves de conformité et se déclarer conforme.
- **Traitement** : lorsqu'une exigence est partiellement ou non respectée, elle fait l'objet d'un plan d'actions dans le cadre des exigences en gestion de conformité.
- **Surveillance** : le CNPE réévalue périodiquement son état de conformité à chaque exigence réglementaire environnementale.
- **Revue** : chaque année, à l'occasion des revues périodiques prévues dans le cadre du système de management de l'environnement, le CNPE s'assure de

la prise en compte des nouvelles exigences environnementales et fait le point sur l'avancement des actions sur les exigences en gestion de conformité.

Dans le cadre de l'évaluation de la conformité réglementaire, au 21 mars 2023, le CNPE de Gravelines a identifié 229 textes applicables dans le domaine de l'environnement. Parmi ces textes, 4 168 exigences applicables ont été identifiées dont :

- 3 672 exigences conformes (88,1 %).
- 397 exigences en cours d'analyse (9,5 %).
- 99 exigences en gestion de conformité (2,4 %).

Sur le périmètre des textes cités au § I-1.1.2.1, il est recensé 881 exigences applicables dans le domaine de l'environnement dont :

- 859 exigences conformes (97,5 %).
- 2 exigences en cours d'analyse (0,2 %).
- 20 exigences en gestion de conformité (2,3 %).

Le détail de ce bilan des exigences applicables par texte est indiqué dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1 : Bilan de la conformité réglementaire des textes cités au § 1.1.2.1 au 21 mars 2023

Titre du texte	En cours d'analyse	Conforme	En gestion de conformité
Arrêté INB	0	95	0
Règlement REACH	0	48	0
Règlement CLP	2	88	0
Règlement biocides	0	19	0
Décision environnement	0	263	5
Décision n° 2017-DC-0587 (conditionnement des déchets)	0	25	1

Décision n° 2018 - DC - 0646	0	25	0
Décision n° 2018 - DC - 0647	0	100	2
Décision n° 2015-DC-0508 (décision déchets)	0	52	9
Décision n° 2017-DC-0588 (DMOP)	0	144	3

Dans le cadre du processus de traitement de la conformité, le CNPE a mis en place des actions sur toutes les exigences identifiées en gestion de conformité et suit leur mise en œuvre. Par ailleurs, il poursuit l'analyse des exigences dont l'état de conformité est à définir.

L'action principale, concernant le domaine des inconvénients et relative à des exigences identifiées à enjeu par le CNPE, concerne :

- Orientation des eaux de refroidissement intermédiaire (SRI), vers le circuit de recueil, contrôle et rejets des effluents du circuit secondaire (SEK). Cette action est en lien avec l'exigence [EDF-GRA-85] de la Décision n° 2018-DC-0647 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 octobre 2018. La modification de réorientation vers SEK est prévue d'être réalisée, pour l'ensemble des réacteurs, à l'horizon fin 2024. Les eaux SRI sont orientées vers les émissaires B1 à B3 au lieu de C1 à C6, ce qui a conduit à étudier une modification pour réorienter les effluents SRI vers SEK. La réorientation vers SEK des purges et trop-plein des bâches 1 SRI 001 BA et 4 SRI 001 BA a été traitée, respectivement, en 2021 et 2022. Pour la réorientation des effluents issus des vidanges de SRI, des manchettes sont déjà mises en place en amont de chaque vidange pour orienter ces effluents vers SEK.

Les autres exigences en gestion de conformité identifiées parmi ces textes ne présentent pas d'impact sur les intérêts protégés, ne relèvent pas du domaine des inconvénients ou ont été identifiées conformes à la date de dépôt de ce rapport (51 exigences conformes sur les 99 identifiées en gestion de conformité au 20 novembre 2023).

Point particulier sur les exigences vis-à-vis des Équipements Nécessaires (EN) concernés par l'annexe II de l'arrêté INB.

L'article R.593-2 du code de l'environnement définit le contenu minimal du périmètre INB, qui doit non seulement comprendre l'installation nucléaire proprement dite, mais aussi les Équipements ou installations Nécessaires (EN) à son exploitation mentionnée à l'article L.593-3 du code de l'environnement.

Ces équipements peuvent, selon leur nature, être assimilables à des Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ou des Installations, Ouvrages, Travaux et Activités (IOTA) mais, en tant que partie de l'INB et nécessaire à son exploitation, sa maintenance et sa surveillance, ils sont soumis au régime et à la réglementation applicable aux INB.

Du fait de leur impact potentiel pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques et l'environnement, l'article 4.3.1 de l'arrêté INB rend applicable aux équipements nécessaires dépassant un seuil de la nomenclature ICPE ou IOTA du CNPE de Gravelines les arrêtés de prescriptions ICPE et IOTA listés en annexe II de l'arrêté INB depuis le 2 novembre 2017.

Dans le cadre de l'évaluation de la conformité, au 21 mars 2023, le CNPE de Gravelines a identifié 9 arrêtés applicables depuis le 2 novembre 2017, soit 683 exigences, vis-à-vis des 131 Équipements Nécessaires (EN) concernés par l'annexe II de l'arrêté INB.

Sur ce périmètre, il est recensé :

- 634 exigences conformes (92,83 %).
- 26 exigences en cours d'analyse (3,81 %).
- 23 exigences en gestion de conformité (3,37 %).

Le détail de ce bilan des exigences applicables par arrêté est indiqué dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Bilan de la conformité réglementaire vis-à-vis des Équipements Nécessaires (EN) concernés par l'annexe II de l'arrêté INB au 21 mars 2023

Arrêté de prescription ICPE ou IOTA	Nombre d'EN concernés	Nombre d'exigences applicables		
		En cours d'analyse	Conforme	En gestion de conformité
Rubrique ICPE 1150 Déclaration - Fabrication industrielle, emploi ou stockage de ou à base de substances toxiques particulières - Version en vigueur au 8 février 2012	7	0	130	1
Rubrique ICPE 1185 Déclaration - Fabrication, emploi, stockage de chlorofluorocarbures, halons et autres carbures et hydrocarbures halogénés - Version en vigueur au 8 février 2012	13	0	87	3
Rubrique ICPE 1416 Déclaration - Stockage ou emploi de l'hydrogène - Version en vigueur au 8 février 2012	3	0	75	0
Rubrique ICPE 1430-B, 1430-C, 1430-D, 253 et 1434 - Stockage de liquides inflammables - Version en vigueur au 8 février 2012	1	24	0	0
Rubrique ICPE 1432 Déclaration - Stockage en réservoirs manufacturés de liquides inflammables - Version en vigueur au 8 février 2012	18	0	103	12
Rubrique ICPE 2340 Enregistrement - Blanchisserie, laverie de linge - Version en vigueur au 8 février 2012	1	0	42	0
Rubrique ICPE 2910 Déclaration - Installations de combustion - Version en vigueur au 8 février 2012	19	1	110	5
Rubrique ICPE 2925 Déclaration - Ateliers de charge d'accumulateurs - Version en vigueur au 8 février 2012	1	0	57	0
Rubrique IOTA 1.1.1.0 Déclaration - Sondage, forage, création de puits ou d'ouvrage souterrain pour un usage non domestique - Version en vigueur au 8 février 2012	68	1	30	2

Dans le cadre du processus de traitement de conformité, le site a mis en place des actions sur toutes

les exigences identifiées en gestion de conformité et suit leur mise en œuvre. Par ailleurs il poursuit l'analyse des exigences dont l'état de conformité est à définir.

L'action principale, concernant le domaine des inconvénients et relative à des exigences vis-à-vis des équipements nécessaires (EN) concernés par l'annexe II de l'arrêté INB, est la suivante :

- Entretien des piézomètres (article 11 de l'arrêté du 11 septembre 2003 - version figée au 8 février 2012)

Un audit, réalisé sur les 62 piézomètres du site, a mis en évidence la présence de développement bactériens et calcaires sur quelques installations nécessitant un nettoyage chimique. Un programme de nettoyage va être mis en œuvre d'ici fin 2024.

Les exigences en gestion de conformité identifiées parmi ces textes ne présentent pas d'impact sur les intérêts protégés, ne relèvent pas du domaine des inconvénients ou ont été identifiées conformes à la date de dépôt de ce rapport (19 exigences conformes sur les 23 identifiées en gestion de conformité au 20 novembre 2023).

Ainsi, le site de Gravelines est organisé afin d'assurer en permanence la maîtrise de sa conformité à la réglementation qui lui est applicable.

1.2. Bilan de l'expérience acquise au cours de l'exploitation

1.2.1. Analyse des événements significatifs

Les événements sont dits significatifs selon les critères de déclaration définis dans le guide ASN du 21 octobre 2005 relatif aux modalités de déclaration et à la codification des critères relatifs aux événements significatifs impliquant la sûreté, la radioprotection ou l'environnement applicables aux Installations Nucléaires de Base et au transport de matières radioactives.

Entre 2013 et 2022, le CNPE de Gravelines a déclaré :

- 49 Événements Significatifs Environnement (ESE).
- 8 Événements Significatifs Sûreté (ESS) en lien avec les inconvénients.
- Aucun Événement Significatif Transport (EST) du domaine des déchets et en lien avec les intérêts protégés.
- 3 Événements Significatifs Radioprotection (ESR) du domaine des déchets et en lien avec les intérêts protégés.

Ces événements sont tous sans impact avéré⁷. Ils concernent :

- **Les rejets d'effluents liquides chimiques** : 18 événements concernent le dépassement de l'une des valeurs limites de rejet dans le milieu, fixée par les décisions n° 2018-DC-0647 et n° 2018-DC-0648.
 - 1 événement (2016) concerne le dépassement de la limite annuelle de rejet en lithine. Cet événement est lié à une déclinaison du mode de calcul de la quantité de lithine rejetée, définie par l'article 3.2.7 de la décision environnement à partir de 2015. Des corrections ont été apportées à la méthode de calcul et cet événement ne s'est plus reproduit.

⁷ Par impact significatif avéré sur les intérêts protégés, il faut entendre, selon le guide ASN du 21 octobre 2005, relatif aux modalités de déclaration et à la codification des critères relatifs aux événements significatifs impliquant la sûreté, la radioprotection ou l'environnement applicables aux Installations Nucléaires de Base et aux transports de matières radioactives :

- la dégradation perceptible de la qualité du milieu récepteur (caractéristique physico-chimique, radiologique, atteinte aux biotopes, ...) ;
- la création d'un détriment pour un autre usager du milieu.

- 5 évènements sont associés au dépassement de la limite réglementaire relative à la concentration maximale en Matières En Suspension (MES) :
 - 1 évènement (juin 2016) est lié à l'exploitation de la station de décarbonatation et au détassage des filtres.
 - 1 évènement (septembre 2016) est lié au détassage des filtres de la station de décarbonatation et à la réalisation des travaux post-Fukushima (présence de particules sur les voiries).
 - 1 évènement (2017) en lien avec la réalisation des chantiers post-Fukushima, qui ont apporté des particules sur les voiries. Le lessivage des voiries par les pluies a engendré la présence de MES dans les fosses SEO.

Plusieurs actions correctives ont été déployées dès la survenue du premier évènement. Ces actions ont été complétées à l'apparition du 2^{ème} évènement. Depuis la mise en œuvre complète des actions correctives fin 2017, aucun évènement similaire ne s'est reproduit.

- 2 évènements (2019) associés à l'encrassement de la fosse d'un émissaire de rejet d'effluents. Ces évènements sont liés à la réalisation de chantiers sur le CNPE et au fonctionnement des industries avoisinantes, ainsi qu'à la pluviométrie importante durant la réalisation de ces chantiers, augmentant les charges en MES dans le réseau d'eaux pluviales et encrassant la fosse d'un émissaire de rejet. Suite à la mise en place d'actions correctives, l'évènement ne s'est plus reproduit.
- 6 évènements sont liés à la surveillance et l'exploitation des mini-stations d'épuration :
 - 3 évènements (2017 et 2018) sont associés à des dépassements de la concentration maximale autorisée en DBO5 (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours) et DCO (Demande Chimique en Oxygène) sur deux émissaires de rejet des réseaux d'eaux pluviales qui collectent les effluents issus des mini-stations d'épuration. Ces évènements ont engendré la mise en place d'un nouveau marché et d'une surveillance adaptée ;
 - 1 évènement (2019) concerne un défaut de surveillance et d'exploitation de 2 mini-stations d'épuration et le

dépassement de MES en aval des mini-stations d'épuration ;

- 1 évènement (2020) relatif à un dépassement de seuil en DCO en aval d'une des mini-stations d'épuration, dû à une faible alimentation et à une fluctuation du débit en amont de l'installation ;
- 1 évènement (2021) relatif à un dépassement de seuil en MES et en DCO en aval d'une mini-station d'épuration, ainsi qu'une absence de prélèvement de celui-ci sur 4 mois, suite à un défaut d'organisation dans le transfert de cette nouvelle mini-station d'un service à un autre au sein du CNPE.
- 1 évènement (2018) concerne le dépassement de la concentration maximale autorisée en DCO et DBO5 ainsi que le dépassement en flux 2h en DBO5, de manière simultanée sur les réseaux d'eaux pluviales sur 2 paires de réacteurs en raison d'une défaillance dans le nettoyage des flacons de prélèvement. Des actions correctives ont été menées et l'évènement ne s'est pas reproduit.
- 4 évènements (2019, 2020, 2021 et 2022) concernent le dépassement de la limite de concentration maximale autorisée en hydrocarbures sur un émissaire de rejet du réseau d'eaux pluviales. L'évènement de 2019 serait probablement lié à un déversement accidentel d'hydrocarbures. En 2020, il a été mis en évidence la difficulté de détection des hydrocarbures dans la fosse du réseau d'eaux pluviales. Un rappel des règles en cas de déversement accidentel ou de détection d'hydrocarbures au niveau de la fosse de rejet SEO a été effectué. En 2021, suite à un nouveau dépassement, l'efficacité du déshuileur de la tranche 9 a été remise en question. Des actions sont en cours pour revoir l'efficacité de ces équipements. En 2022, des actions ont été ajoutées suite à un évènement lié à des difficultés d'exploitation. L'ensemble de ces actions a permis de ne pas avoir de nouveau dépassement.
- 1 évènement (2019) concerne le dépassement de la concentration en phosphate sur un réseau d'eaux pluviales (réseau SEO). Ce dépassement est dû à une inétanchéité de la vanne en position fermée, ainsi qu'à la défaillance du compteur de débit. Des actions correctives ont été déployées. L'évènement ne s'est pas reproduit.
- Les **rejets d'effluents liquides radioactifs** : 6 évènements sont concernés :

- 4 évènements (2013, 2014, 2015 et 2016) concernent l'isolement automatique des rejets des effluents de l'îlot nucléaire par atteinte d'un seuil sur les chaînes de mesures de l'activité des rejets liquides. Ces évènements se sont produits lors de différents rejets des réservoirs de l'îlot nucléaire. La cause commune à ces évènements est la présence de particules actives dans les bras morts des tuyauteries. Des actions d'aménagement et de modification des tuyauteries des réservoirs ont été mises en œuvre. Aucun évènement présentant une cause identique n'est survenu depuis la modification des canalisations.
- 1 évènement (2013) lié à l'inétanchéité d'un réservoir de stockage d'effluents liquides radioactifs. Lors de travaux de rénovation des réservoirs, des opérations de sablage ont perforé inopinément la partie haute d'un de ces réservoirs. Des actions ont été mises en place et le réservoir a été rénové.
- 1 évènement (2018) concerne l'isolement automatique des rejets d'effluents radioactifs par atteinte d'un seuil sur la chaîne de mesure, à la suite de la défaillance de l'automatisme d'isolement sur l'atteinte du niveau bas, engendrant une aspiration du fond de réservoir. Cet évènement ne s'est plus reproduit après la mise en œuvre des actions correctives.
- Les **rejets atmosphériques radioactifs** : 9 évènements sont concernés :
 - 2 évènements (2014) concernent le dépassement de seuil de la chaîne de surveillance des rejets atmosphériques sur des réacteurs différents. Ces deux évènements ont des causes différentes : pour le premier il s'agit d'un rejet non prévu d'effluent à la suite d'une manipulation inadaptée d'une vanne, et pour le second d'une communication inappropriée sur les étapes préalables lors d'une opération de nettoyage. Les consignes ont été modifiées et ces évènements ne se sont pas reproduits.
 - 3 évènements (2019, 2021 et 2022) sont liés à l'indisponibilité de chaînes de surveillance des rejets atmosphériques. Pour le premier, la perte est survenue à la suite d'une erreur de consignation d'une motopompe. Pour le deuxième, il s'agit du dépassement du délai de réparation lors d'une maintenance préventive, suite à la découverte d'une dégradation interne. Pour cet évènement, la gamme intégrant la méthode et les paramètres de réglages des pompes concernées, est en cours de

modification. Une formation sur le « processus de requalification et les analyses 1N » va être mise en place dans le service impacté. Néanmoins ces événements ne se sont pas reproduits. Pour le troisième événement, l'écoulement d'eaux pluviales sur ces équipements a engendré leur indisponibilité. La réparation des tronçons de tuyauterie des eaux pluviales, ayant engendré ce dysfonctionnement, a été effectuée. Le diagnostic et les éventuelles réparations des autres tranches se poursuivent.

- 1 événement (2017) est relatif à une anomalie de réglage d'une chaîne de surveillance des rejets atmosphériques. Les actions correctives ont été menées et l'événement ne s'est pas reproduit.
- 1 événement (2018) concerne une non-qualité dans le paramétrage du logiciel de spectrométrie gamma ayant entraîné une comptabilisation erronée de l'activité des radionucléides émetteurs gamma à vie courte présents dans les effluents atmosphériques. Le logiciel a été reparamétré et les activités sous-évaluées ont été recalculées sur la période concernée. Après correction, l'événement ne s'est pas reproduit.
- 1 événement (2019) est lié à une défaillance dans la gestion d'un événement survenu sur le système de ventilation du bâtiment combustible (indisponibilité de la fonction d'extraction iode). Des actions correctives ont été mises en place et l'événement ne s'est plus reproduit.
- 1 événement (2020) concerne un débit d'air inférieur à 180 000 m³/h à la cheminée du Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) pendant 10 minutes, en raison de la consignation des deux lignes d'évacuation des condensats. Les consignes d'exploitation ont été modifiées et l'événement ne s'est pas reproduit.
- Les **rejets atmosphériques diffus** : 15 événements sont concernés :
 - 3 événements (3 en 2013) relatifs à des pertes de fluides frigorigènes sur des groupes froids de production et de distribution d'eau glacée pour l'îlot nucléaire, et 4 événements (2 en 2013, 2 en 2014) sur des groupes frigorifiques de production et distribution d'eau glacée pour le bâtiment électrique ont été déclarés du fait de la vétusté de l'ensemble de ces équipements. Tous ces groupes froids ont été remplacés.

- 1 événement (2014) lié à la défaillance d'un raccord de serrage du transducteur d'huile sur un des groupes frigorifiques de l'îlot nucléaire : des actions correctives ont été mises en place et l'évènement ne s'est plus reproduit.
- 1 événement relatif à des pertes de fluides frigorigènes sur le circuit de climatisation de la station de pompage (2016). Ces pertes sont liées à des défauts constructeur/usine. Des actions correctives ont été mises en place et ces évènements ne se sont pas reproduits.
- 1 événement (2018) concerne un dépassement de limite réglementaire de pertes de fluides frigorigènes en cumul annuel. Les actions de remplacement et réparation des climatiseurs concernés ont permis d'éviter que l'évènement ne se reproduise.
- 5 événements (2018, 2019, 2020, 2021 et 2022) sont liés au dépassement de la limite réglementaire de pertes de gaz SF6 en cumul annuel. La mise en place d'un marché local a permis de diminuer ces pertes d'un facteur 2 en 2020 (les intervenants étant directement sur place en cas d'intervention nécessaire ou de maintenance à effectuer) et encore de 25 % en 2021, par la mise en place de nouveaux moyens techniques. Les efforts se sont poursuivis en 2022 avec la poursuite des études techniques des équipements fuyards.
- Le **non-respect d'une exigence administrative** : 5 évènements sont concernés :
 - 1 évènement (2016) concerne le non-respect du processus de réalisation des dossiers de demande de modification relatif aux aires d'entreposage des outillages contaminés. Le suivi des dossiers de demande de modification a été optimisé.
 - 4 évènements ont été déclarés sur les groupes froids :
 - 2 évènements (2017) sont liés au non-respect de la périodicité des contrôles d'étanchéité des climatiseurs, en raison de l'installation de nouveaux climatiseurs dans les locaux électriques de la station de pompage. L'analyse réalisée préalablement à l'installation de ces nouveaux équipements n'a pas intégrée la nécessité de réaliser des contrôles réglementaires de façon périodique. À la suite de ces 2 évènements, la révision de l'organisation prévue au sein du service en charge du suivi de ces équipements a permis d'éviter toute récurrence.

- 1 évènement est lié à l'indisponibilité de plus de 30 jours d'un groupe froid en raison d'une difficulté de gestion de l'aléa (2020).
- 1 évènement en 2021, lié à l'indisponibilité simultanée de deux réservoirs d'entreposage des effluents gazeux. En effet, le planning de requalification des réservoirs, suite aux inspections réglementaires, n'a pas pu être respecté suite à l'apparition d'aléas techniques et organisationnels.
- Les **déchets** : 5 évènements sont concernés :
 - 1 évènement (2018) relatif au déclenchement du portique de sortie véhicules, associé à la détection de matières radioactives dans une benne de déchets conventionnels, lié à une erreur d'orientation d'un déchet. Des actions correctives ont été mises en place et l'évènement ne s'est plus reproduit.
 - 2 évènements (2013 et 2017) sont liés à la mise en déchet conventionnel de détecteurs incendies, contenant une source radioactive. Une sensibilisation a été réalisée pour l'ensemble des intervenants du CNPE.
 - 1 évènement (2018) concerne l'évacuation d'un équipement amianté dans une filière de retraitement classique alors que celui-ci aurait dû être envoyé dans une filière spécifique (amiante). Un rappel a été fait, l'évènement ne s'est plus reproduit.
 - 1 évènement (2020) est lié à un défaut de paramétrage des portiques de sortie véhicules, entraînant une sensibilité anormale de ces derniers. L'anomalie a été traitée et l'évènement ne s'est plus reproduit.
- Le **confinement gazeux** : 2 évènements sont concernés :
 - 1 évènement (2018) concerne le dépassement d'un seuil de décision au niveau de la ventilation du bâtiment des auxiliaires de conditionnement. L'optimisation des consignes d'exploitation de ce bâtiment a permis d'éviter toute récurrence.
 - 1 évènement (2022) : une préparation inadaptée de l'activité de remplacement d'une manchette sur un ventilateur a engendré un by-pass du piège à iode, sans conséquence dans cette configuration d'exploitation.

La gestion des événements significatifs est intégrée dans le système de management du CNPE de Gravelines.

Concernant les récurrences identifiées :

- Des actions efficaces ont été menées pour réviser l'organisation sur la gestion des périodicités de contrôle des climatiseurs, pour remplacer les groupes froids vétustes, pour modifier les canalisations inadéquates (suppression des bras mort) et pour optimiser le transfert des mini-stations entre services du CNPE.
- Des actions se poursuivent pour optimiser l'organisation, développer de nouveaux moyens techniques pour limiter les pertes de SF6, pour lutter contre l'arrivée de matières en suspension vers les réseaux SEO, pour rétablir l'efficacité des déshuileurs.

Les événements significatifs sont traités et les actions mises en œuvre sont efficaces.

Les 12 événements significatifs environnement en lien avec le confinement liquide sont présentés au Volet I – Chapitre 1 – Section 3 - § 3.2.3 du présent rapport.

Analyse et traitement des écarts à l'arrêté INB

Afin d'appréhender la notion d'écart à l'arrêté INB, il est nécessaire de présenter les définitions suivantes, issues de l'article 1.3 de l'arrêté INB :

- Élément Important pour la Protection (EIP) : « *Élément important pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement (sécurité, santé et salubrité publiques, protection de la nature et de l'environnement), c'est-à-dire structure, équipement, système (programmé ou non), matériel, composant, ou logiciel présent dans une installation nucléaire de base ou placé sous la responsabilité de l'exploitant, assurant une fonction nécessaire à la démonstration mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement ou contrôlant que cette fonction est assurée* ».
- Activité Importante pour la Protection (AIP) : « *Activité importante pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement (sécurité, santé et salubrité publiques, protection de la nature et de l'environnement), c'est-à-dire activité participant aux*

dispositions techniques ou d'organisation mentionnées au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement ou susceptible de les affecter ».

- Exigence définie : « *Exigence assignée à un élément important pour la protection, afin qu'il remplisse avec les caractéristiques attendues la fonction prévue dans la démonstration mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement, ou à une activité importante pour la protection afin qu'elle réponde à ses objectifs vis-à-vis de cette démonstration* ».
- Écart : « *Non-respect d'une exigence définie, ou non-respect d'une exigence fixée par le Système de management [gestion]⁸ intégré de l'exploitant susceptible d'affecter les dispositions mentionnées au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement* ».

Le CNPE de Gravelines, en tant qu'exploitant d'une INB, dispose d'un Système de Gestion Intégré⁹ (SGI) permettant d'assurer la prise en compte des exigences relatives à la protection des intérêts visés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement, ainsi que des listes d'EIP et d'AIP.

Les événements significatifs déclarés par le CNPE de Gravelines depuis l'entrée en vigueur de l'arrêté INB au 1^{er} juillet 2013, ont fait l'objet d'une analyse afin d'identifier ceux qui relèvent d'un écart lié au non-respect d'une Exigence Définie (ED) et ceux relevant d'un écart lié au non-respect d'une exigence fixée par le système de gestion intégré.

L'analyse des événements significatifs par rapport aux écarts au sens de l'arrêté INB montre les éléments suivants :

- Pour aucun du non-respect d'une exigence fixée par le SGI.
- Pour 4 événements d'un non-respect d'une exigence définie pour un EIPi (remise en cause du fonctionnement d'un déshuileur / 2 indisponibilités de chaînes de mesure des rejets de la cheminée des bâtiments nucléaires / le by-pass temporaire d'un piège à iode).

⁸ L'ordonnance événement 2016 -128 du 10 février 2016 portant diverses dispositions en matière nucléaire précise, à l'article 26, le changement de vocabulaire : le système de management intégré devient le système de gestion intégré.

⁹ Anciennement Système de Management Intégré (SMI).

- Pour 1 évènement du non-respect d'une exigence définie pour une AIP (dépassement de la limite annuelle de rejets en lithine en 2016).

Pour ces écarts, des actions ont été mises en œuvre et leur efficacité est démontrée par l'absence de récurrence.

1.2.2. Conformité des EIPI à leurs exigences définies

Les Éléments Importants pour la Protection des intérêts vis-à-vis des inconvénients (EIPI) et les exigences définies afférentes sont précisés et référencés sur le CNPE de Gravelines depuis le 1^{er} juillet 2013, date d'entrée en vigueur de l'arrêté INB.

Dans le cadre de l'amélioration continue, EDF entretient un dispositif proportionné aux enjeux afin de maîtriser les inconvénients que ses installations présentent pour les intérêts protégés.

Ainsi, EDF a identifié, depuis 2016, des éléments qui concourent à la performance environnementale. Il s'agit de dispositions techniques permettant la gestion optimisée des inconvénients (exemples : dispositifs de recyclage, de traitement).

Parmi ces éléments, EDF a identifié de nouveaux EIPI au sens de la réglementation. Ces nouveaux éléments sont intégrés au niveau du CNPE depuis 2016.

Les EIPI du CNPE de Gravelines sont :

- Pour les rejets d'effluents liquides radioactifs et chimiques :
 - Des dispositifs de maîtrise des rejets : vannes ou pompe de rejet, débitmètres et capteurs de surveillance en continu (niveau, débit, pH, activité).
- Pour les rejets continus, liquides et atmosphériques :
 - Des éléments nécessaires à l'efficacité des traitements des effluents.
 - Des capteurs associés à la surveillance en continu de l'efficacité de ces traitements.
- Pour la sortie des matériels conventionnels du CNPE :
 - Les portiques C3¹⁰ de contrôle des véhicules.

¹⁰ Balise de contrôle des véhicules, permettant de détecter toute anomalie radiologique dans le transport de matériaux et matériels en entrée et sortie du CNPE.

- Les portiques C3 de contrôle des piétons
- Pour les déchets radioactifs :
 - Les coques béton

Pour un EIPi, une exigence définie est une exigence assignée à cet EIPi afin qu'il remplisse, avec les caractéristiques attendues, la fonction prévue dans la démonstration de protection des intérêts. Son bon fonctionnement est vérifié a minima à chaque utilisation ou rejet réalisé en plus des vérifications lors des essais périodiques. En cas d'indisponibilité d'un EIPi, l'application de la conduite à tenir qui a été définie permet d'assurer la continuité de la fonction de l'EIPi ou de faire cesser les impacts ou les nuisances. La démonstration de protection des intérêts n'est donc pas affectée et ne conduit pas à un écart à l'arrêté INB. A contrario, le non-respect d'une conduite à tenir pour un EIPi est considéré comme un écart à l'arrêté INB.

Il est à noter que l'indisponibilité de l'EIPi constitue un fonctionnement en mode dégradé dont l'acceptabilité est à durée limitée en fonction des enjeux vis-à-vis des intérêts protégés. À ce titre, l'indisponibilité de l'EIPi est tracée via un outil de collecte des demandes d'intervention et les délais de réparation sont compatibles et proportionnés aux enjeux.

Comme décrit au paragraphe I-1.2.1, les événements significatifs déclarés depuis l'entrée en vigueur de l'arrêté INB (1^{er} juillet 2013) ont fait l'objet d'une analyse afin d'identifier ceux qui relèvent d'un écart à ce dernier. Ainsi, parmi les événements significatifs analysés, il y a eu quatre écarts liés au non-respect d'une exigence définie pour un EIPi (remise en cause du fonctionnement d'un déshuileur / Indisponibilité de chaînes de mesure des rejets de la cheminée des bâtiments nucléaires / le by-pass temporaire d'un piège à iode). Ces écarts ont fait l'objet d'une déclaration d'événement significatif et des actions correctives sont en cours de déploiement.

La conformité aux exigences définies s'appuie également sur des dispositions préventives de surveillance et de maintenance des EIPi (exemples : programmes de maintenance, de contrôle, d'essai périodique).

Le contrôle de conformité de ces dispositions, pour les EIPi du réacteur n°2 et les EIPi communs de la paire de réacteurs n°1 et n°2, aux exigences qui leur sont définies a consisté à vérifier que :

- Les dispositions de maintenance, contrôles et essais sont bien programmées dans les délais prévus.
- Ces dispositions ont bien été réalisées in situ.
- Les résultats de ces dernières sont satisfaisants et à défaut qu'un traitement a été défini.

Il est à noter que ces équipements étant sollicités en fonctionnement normal de manière récurrente, et bénéficiant de dispositions préventives de surveillance et de maintenance, il n'apparaît donc pas nécessaire de réaliser de vérifications supplémentaires à l'occasion du réexamen. Le résultat du programme de contrôle réalisé sur les ouvrages de génie-civil est présenté dans le Volet I. Ceci répond en partie à la prescription [INC-A] émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900.

Les contrôles réalisés dans le cadre du réexamen périodique montrent que toutes les dispositions de maintenance, contrôles et essais prévues ont été programmées et effectuées in situ.

Les résultats sont tous satisfaisants et il n'est pas nécessaire de réaliser des vérifications supplémentaires.

L'organisation du CNPE lui permet de respecter les exigences définies afférentes aux EIPi ainsi que les dispositions de maintenance et surveillance in situ associées.

1.2.3. Contrôles complémentaires sur les équipements de traitement des effluents et de conditionnement des déchets

En application de la prescription [INC-A] de la décision n° 2021-DC-0706 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 23 février 2021 émise par l'ASN au vu des conclusions de la phase générique du 4^{ème} RP 900, EDF présente le résultat des contrôles effectués sur les équipements non-EIPi participant au traitement des effluents et au conditionnement des déchets.

Le résultat de ces contrôles montre qu'environ 18 opérations de maintenance ou de contrôle ont été examinées sur les 6 équipements identifiés. Dans 100% des cas, les résultats des dernières opérations de contrôle ou de maintenance réalisées sur les équipements sont satisfaisants.

Les résultats des contrôles et des opérations de maintenance, ainsi que l'examen des demandes de travaux émises pour anomalie matérielle ces 10 dernières années, nous amènent à

considérer que les programmes de contrôle et de maintenance auxquels sont soumis les équipements sont suffisants et pertinents.

A noter que les équipements communs d'une paire de réacteurs sont examinés lors du premier examen réalisé de la paire de réacteurs concernée et ne sont pas repris pour l'examen de l'autre réacteur. Ainsi les équipements communs des réacteurs n°1 et n°2 ont été examinés dans le cadre du contrôle de conformité du réacteur n°1 et ne sont pas repris pour celui du réacteur n°2.

1.2.4. Maîtrise des inconvénients pour la protection des intérêts

Ce paragraphe présente le bilan, sur dix ans, de la maîtrise des inconvénients par le CNPE de Gravelines, les améliorations apportées sur la maîtrise des impacts environnementaux et sanitaires, et les actions engagées dans le cadre de la démarche d'amélioration continue.

1.2.4.1. Bilan des prélèvements et consommation d'eau

Pour satisfaire ses besoins en eau, le CNPE de Gravelines a recours à trois sources distinctes :

- Les eaux marines provenant de la Mer du Nord et destinées aux circuits de refroidissement. L'eau réchauffée est ensuite rejetée dans un canal à ciel ouvert qui se déverse à la côte.
- L'eau douce provenant du canal de Bourbourg et distribuée par la Société Lyonnaise des Eaux et de l'Éclairage (SLEE), pour un usage industriel (production d'eau déminéralisée, circuit incendie, etc.).
- L'eau potable pour un usage domestique sur le CNPE, en provenance du réseau local de distribution de la SLEE.

Le Tableau 3 ci-dessous présente les évolutions des prélèvements et consommations d'eau du CNPE de Gravelines de 2013 à 2022.

Année	Eaux marines (Mer du Nord)	Eau douce (Canal de Bourbourg)	Eau potable
	Volume prélevé et restitué (millions de m ³ /an)	Consommation eau douce (milliers de m ³ /an)	Consommation (milliers de m ³ /an)
2013	6 645	799	30
2014	6 645	852	31
2015	7 035	859	35
2016	5 965	755	36
2017	6 420	800	70
2018	6 777	767	140
2019	6 214	775	77
2020	6 368	873	59
2021	5 978	897	88
2022	5 616	1 043	100
Moyenne	6 388	842	67

Tableau 3 : Prélèvements et consommation d'eau du CNPE de Gravelines de 2013 à 2022

En moyenne le CNPE, pour le fonctionnement des six réacteurs d'une puissance unitaire de 900MWe, a prélevé puis restitué au point de rejet 6 388 millions de m³ par an d'eau de la Mer du Nord. Ces volumes d'eau restent stables depuis 10 ans. La variation des prélèvements d'eau entre 2015 et 2016 provient d'un arrêt pour rechargement en moins sur l'année 2015 et effectué en 2016. Elle est également associée aux durées des arrêts, plus longues en 2016 qu'en 2015.

La consommation en eau douce entre 2013 et 2022 est en moyenne de 842 000 m³/an. Malgré des actions relatives à la réduction de la consommation d'eau au début de cette période, notamment dans le cadre des arrêts de réacteur, une légère augmentation est globalement observée. Les arrêts de réacteur très longs ou fortuits effectués depuis 2013 sont notamment responsables de cette augmentation, de même que le maintien du vide au condenseur (lors de ces phases d'arrêt ou pour réaliser de l'économie combustible) qui a entraîné des

appoints/rejets importants. Néanmoins sur cette période la consommation est toujours restée conforme au prévisionnel.

On note une hausse de la consommation d'eau douce en 2022 en raison de la mise en place d'unités mobiles de traitement de l'eau (rétro-lavages) lors de la rénovation du système de décarbonatation.

La consommation annuelle d'eau potable quant à elle est en moyenne d'environ 67 000 m³ sur la période.

Depuis 2017, la consommation annuelle d'eau potable a connu une hausse de consommation en raison de phases de chantier (construction des installations dites 'post Fukushima') et d'inétanchéités du réseau en 2019 et 2022 qui ont été réparées.

Action engagée

La mise en œuvre de stations mobiles d'épuration sur le Parc contribue à réduire les appoints et rejets d'eau déminéralisée du circuit secondaire, et donc à réduire le volume d'eau prélevé pour la consommation industrielle.

Une station mobile d'épuration est constituée d'une filtration de tête, d'un bidon de résine de type « lit mélangé » et d'une filtration aval (piège à résine). Elle est raccordée au circuit secondaire via un dispositif pérenne.

L'usage des stations mobiles d'épuration permet d'améliorer la qualité d'eau du circuit secondaire lors des redémarrages de réacteur et la durée de vie de ce circuit. Il permet également une réduction significative des volumes d'eau SER (deminéralisée et conditionnée) consommés lors des redémarrages. Avec un temps de redémarrage plus court, il accroît la disponibilité des installations.

La station mobile d'épuration a été déployée sur le CNPE de Gravelines en 1986.

1.2.4.2. Bilan des rejets d'effluents

❖ **Bilan des rejets d'effluents radioactifs**

L'énergie produite par un réacteur nucléaire provient de la fission nucléaire. Le réacteur est le siège de la formation de

substances radioactives (radionucléides) dont seule une infime partie se retrouve dans les effluents. Les effluents font ensuite l'objet d'un traitement et/ou d'un entreposage avant d'être rejetés par voie liquide ou atmosphérique, dans le respect des exigences réglementaires.

Les cinq catégories de radionucléides rejetés sont : le carbone 14, le tritium, les gaz rares, les iodes et les autres Produits de Fission ou d'Activation émetteurs bêta ou gamma (« autres PF/PA »).

Les rejets d'effluents radioactifs par voie atmosphérique s'effectuent par les cheminées situées sur les Bâtiments des Auxiliaires Nucléaires (BAN). Les rejets d'effluents radioactifs liquides se font dans la Mer du Nord au niveau de la plage de Gravelines après dilution dans le canal de rejet.

Quelle que soit la voie de rejet, les effluents atmosphériques ou liquides produits sont collectés de façon sélective, avant d'être orientés vers les systèmes de traitement appropriés.

Carbone 14

Le carbone 14 est produit essentiellement par activation de l'oxygène 17 et de l'azote 14 dissous dans l'eau du circuit primaire, ainsi que par l'activation de l'oxygène 17 présent dans le combustible.

Le carbone 14 sous forme liquide est retenu principalement via des filtres et résines ou dans les concentrats du système de traitement par évaporation des effluents usés. En conséquence, seule une faible partie du carbone 14 initialement présent dans les circuits sous forme liquide se retrouve dans les rejets par voie liquide.

Le carbone 14 sous forme gazeuse provient principalement du dégazage des effluents liquides issus du circuit primaire. Les rejets en carbone 14 par voie atmosphérique constituent la voie prépondérante par rapport à la voie liquide.

L'activité annuelle rejetée en carbone 14 par le CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022 est, en moyenne, de 1 014 GBq/an par voie atmosphérique et de 48,9 GBq/an par voie liquide.

Ces valeurs de rejets en carbone 14 sont calculées pour la période de 2013 – 2015, puis mesurées à partir de 2016. En

effet, EDF a mené des actions permettant de démontrer la fiabilité du prélèvement et de la mesure du carbone 14 dans les rejets d'effluents liquides et atmosphériques. Ainsi, le bilan des rejets de carbone 14 est établi à partir des activités mesurées dans les effluents liquides et atmosphériques depuis le 1er janvier 2016.

Tritium

Le tritium est produit par fission dans les crayons du combustible et par activation neutronique du bore 10 et du lithium 6 via les substances chimiques ajoutées pour le conditionnement de l'eau du circuit primaire.

La production de tritium, caractéristique intrinsèque des réacteurs à eau pressurisée, est maîtrisée par :

- Le gainage en alliage de zirconium qui permet de confiner la quasi-totalité du tritium produit par fission dans les crayons du combustible.
- L'utilisation de lithium enrichi en lithium 7 afin de réduire la production de tritium dans l'eau du circuit primaire par activation neutronique du lithium 6.

À l'heure actuelle, il n'existe pas de moyen industriel techniquement et économiquement viable permettant d'éliminer le tritium contenu dans les effluents, aux concentrations rencontrées dans les installations. En raison de l'absence de traitement industriel et de sa faible radio toxicité (émetteur bêta à faible énergie), le tritium est rejeté en totalité dans l'environnement, en privilégiant la voie liquide.

Les variations observées dans les rejets liquides sur la période de référence reflètent la puissance électrique produite par les six réacteurs et les déconcentrations en tritium réalisées en fonction des quantités présentes dans les circuits. En moyenne sur la période considérée, l'activité en tritium rejetée dans les effluents liquides par le CNPE de Gravelines est de l'ordre de 62 300 GBq par an.

Les rejets de tritium par voie atmosphérique ont pour origine principale l'évaporation de l'eau tritiée des piscines des bâtiments combustible et des bâtiments réacteur, lors des arrêts de réacteurs. Afin de limiter ces rejets par voie atmosphérique, les CNPE réalisent des « déconcentrations » du tritium de l'eau du circuit primaire avant l'ouverture de la cuve.

L'extraction, par la ventilation des ciels des capacités contenant des effluents tritiés, notamment les réservoirs de Traitement des Effluents Primaires (TEP) intermédiaires, contribue aux rejets de tritium par voie atmosphérique, mais dans une faible proportion. En effet, sur le palier 900 MWe, une « soupape de respiration » sur la ligne d'évent évite le renouvellement de l'atmosphère des réservoirs en dehors des phases de vidange et de remplissage.

Différentes actions d'optimisation relatives à la gestion des effluents tritiés ont été menées par le CNPE de Gravelines :

- Amélioration de la mesure des rejets de tritium à l'atmosphère par la mise en place de nouveaux systèmes de prélèvement du tritium (barboteurs réfrigérés) sur les cheminées des BAN. Cette amélioration se traduit par une augmentation des rejets mesurés et déclarés, sans pour autant que les rejets réels n'aient augmenté. Ces systèmes de prélèvement du tritium ont été mis en place en début d'année 2010 sur le CNPE de Gravelines.
- Application de la doctrine tritium depuis 2008, établie afin de définir des règles générales pour la gestion du tritium.

Ces actions expliquent en grande partie la tendance à la baisse constatée sur l'activité en tritium à l'atmosphère, par le CNPE de Gravelines. Cette baisse est visible sur la Figure 3 qui présente les moyennes sur 3 années glissantes de l'activité en tritium rejetée à l'atmosphère par le CNPE pour la période 2013 – 2022.

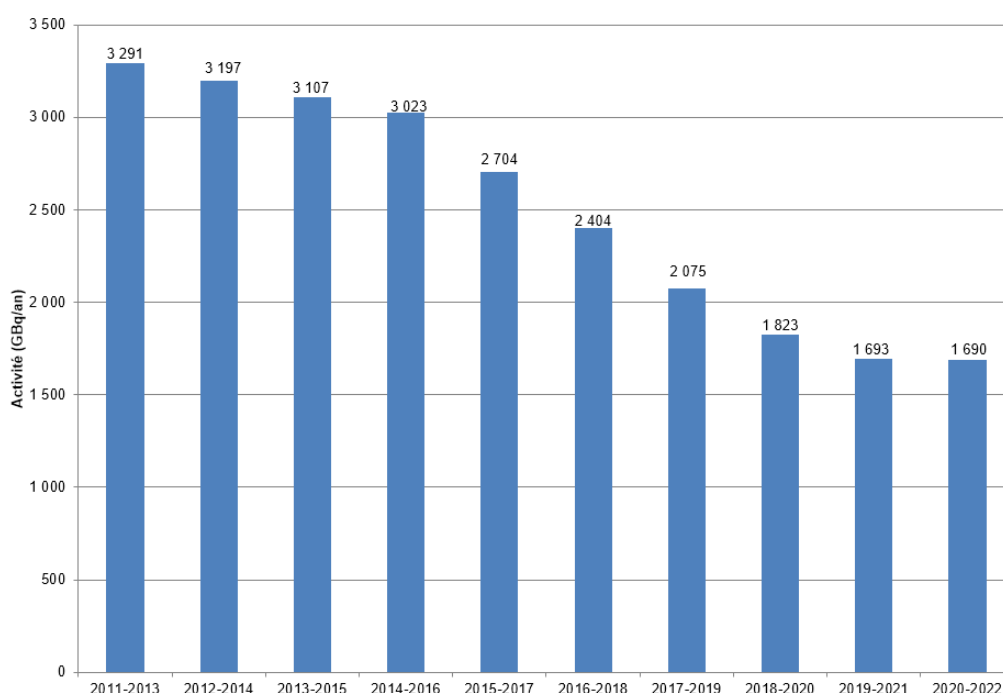


Figure 3 : Activité en tritium rejetée à l'atmosphère, moyenne sur 3 années glissantes sur la période 2013 – 2022, du CNPE de Gravelines

Action engagée

L'impact dosimétrique associé aux rejets de tritium des CNPE dépend de la forme physico-chimique sous laquelle il est rejeté : eau ou vapeur d'eau tritiée, dihydrogène tritié ou tritium lié à des molécules organiques. En France comme à l'échelle internationale, il est démontré que le tritium rejeté dans les effluents atmosphériques des réacteurs de type REP, est très majoritairement sous forme de vapeur d'eau tritiée^{11 12}. Dans les effluents liquides de ces réacteurs, le tritium est majoritairement sous forme d'eau tritiée.

EDF, en collaboration avec un laboratoire universitaire, a développé une méthode de mesure permettant de séparer les différentes formes organiques présentes dans les effluents liquides, de faire des mesures du tritium par scintillation bas bruit de fond, et ainsi d'identifier les formes organiques potentiellement tritiées. Les résultats obtenus ne mettent pas en évidence la présence de formes organiques tritiées dans les effluents rejetés.

Gaz rares

Les gaz rares présents dans les effluents radioactifs rejetés à l'atmosphère sont des produits de fission. Les principaux gaz rares générés lors de la réaction de fission sont le xénon 133, le xénon 135, le krypton 85, l'argon 41 et le xénon 131 m. Ils restent majoritairement confinés dans la gaine du combustible. Une faible quantité peut toutefois migrer dans l'eau du circuit primaire, en cas d'inétanchéité de gainage combustible et se retrouver ainsi dans les effluents. Les effluents collectés dans les réservoirs d'entreposage sont traités par décroissance radioactive pendant au moins 30 jours, durée réglementaire pour permettre à la radioactivité de décroître suffisamment avant rejet.

¹¹ Le tritium dans l'environnement – Synthèse des connaissances, Rapport IRSN DEI 2009-05.

¹² Livre Blanc du Tritium – Groupes de réflexion menés de mai 2008 à avril 2010 sous l'égide de l'ASN.

La Figure 4 présente l'activité annuelle en gaz rares rejetée à l'atmosphère par le CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022.

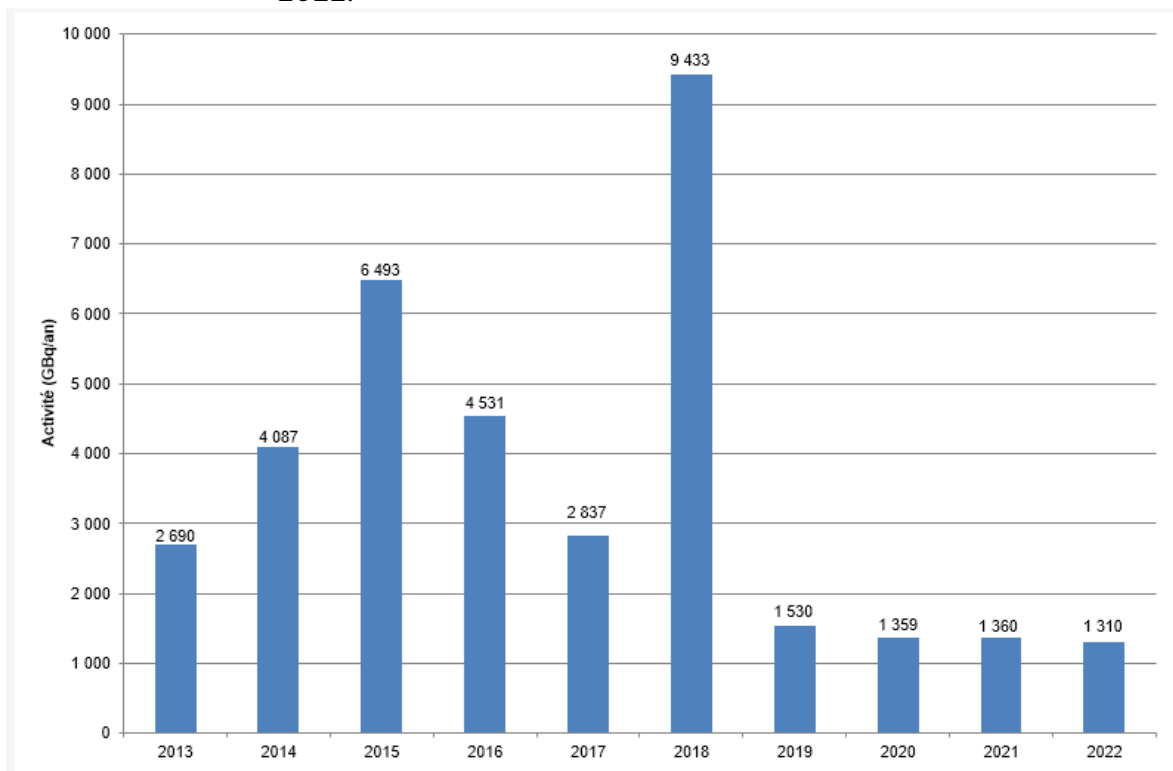


Figure 4 : Activité en gaz rares rejetée à l'atmosphère du CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022

Les variations d'une année sur l'autre de l'activité en gaz rares rejetée dépendent principalement des défauts d'étanchéité des gaines combustible. Les assemblages de combustibles défectueux sont systématiquement remplacés lors des arrêts pour rechargement.

Les variations observées en 2015 et 2018 sont dues à des inétanchéités de gainage combustible rencontrées sur les réacteurs n° 1, 2 et 4 ainsi qu'à une inétanchéité au niveau du réservoir des effluents primaires.

Les faibles niveaux d'émissions observés sur la période 2019 – 2022 ont été obtenus grâce à un ensemble d'actions mises en œuvre, notamment :

- Des mesures prises pour améliorer l'étanchéité des gaines du combustible ;

- Des mesures prises pour améliorer l'étanchéité des circuits véhiculant des gaz radioactifs ;
- La possibilité de laisser décroître l'activité des radionucléides à période courte en différant le rejet des capacités ;
- Des améliorations portant sur la surveillance et le remplacement des assemblages de combustible défectueux.

Iodes

Les iodes présents dans les rejets d'effluents radioactifs du CNPE (principalement l'iode 131 et l'iode 133) sont des produits de fission, obtenus dans le combustible par fission des atomes d'uranium ou de plutonium. Ils restent, en grande majorité, confinés dans la gaine du combustible. Une faible quantité peut toutefois migrer dans l'eau du circuit primaire, en cas d'inétanchéité du gainage combustible, puis se retrouver dans les effluents.

Les iodes présents dans les effluents radioactifs liquides sont piégés efficacement par les systèmes de traitement des effluents (filtration, déminéralisation sur résines, séparation par évaporation). Les iodes 131 et 133 ont des périodes radioactives courtes (respectivement 8 jours et 21 heures) et disparaissent ainsi rapidement.

Les iodes présents dans les effluents radioactifs atmosphériques sont traités par décroissance radioactive dans les réservoirs d'entreposage et/ou retenus par passage sur des pièges à iodes (charbon actif) et sur des filtres à très haute efficacité (THE).

Les variations des rejets en iodes d'une année à l'autre dépendent principalement des défauts d'étanchéité du gainage combustible du cycle en cours ou d'un cycle précédent (niveau résiduel) et de l'efficacité des systèmes de traitement.

La Figure 5 présente l'activité annuelle en iodes rejetées à l'atmosphère par le CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022. Les rejets en iodes sont faibles sur cette période et de l'ordre de 0,094 GBq/an en moyenne.

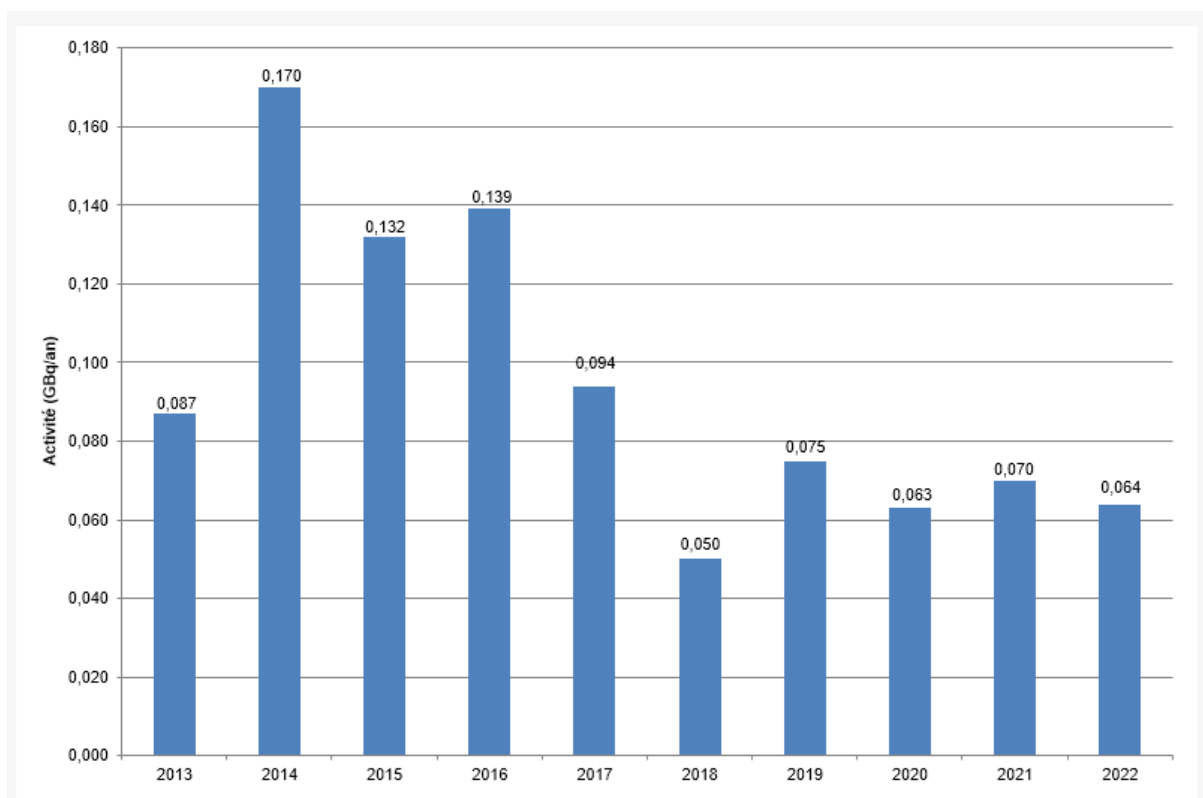


Figure 5 : Activité en iodes rejetée à l'atmosphère par le CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022

L'activité constatée en 2014 est due à une inétanchéité de gainage combustible lors de l'arrêt du réacteur n° 4 dans le cadre de la visite décennale.

Les rejets en iode pour les années 2015 à 2016 sont marqués par des défauts de gainage du même type, et qui se sont répercutés sur l'année 2017.

Les rejets en iode par voie liquide sont présentés en Figure 6 ci-dessous :

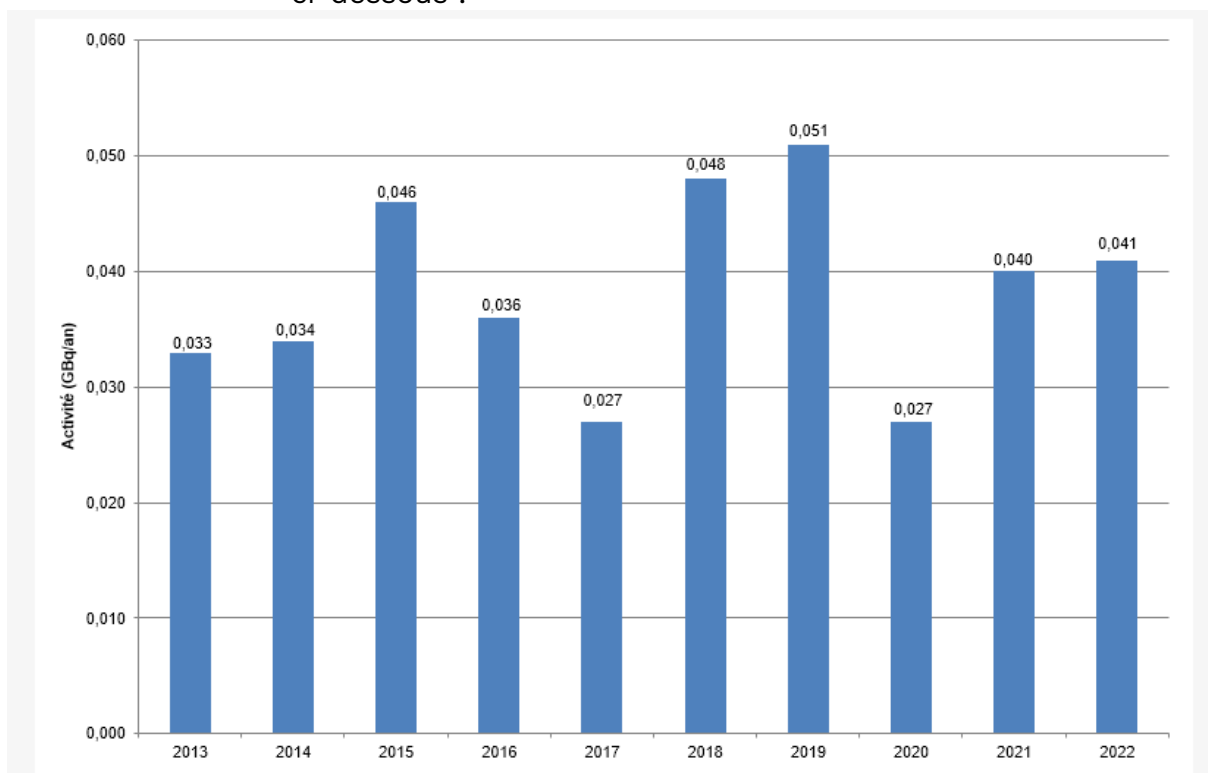


Figure 6 : Activité en iode rejetée dans les effluents liquides du CNPE de Gravelines sur la période 2013 - 2022

Les rejets observés en 2015 sont dus à la fois à la présence de défauts de gainage sur les réacteurs n° 2 et 4 et à l'indisponibilité des réservoirs de stockage des effluents et ceux de 2018 et 2019 sont liés à une indisponibilité de l'évaporateur.

Action engagée

En complément, afin de garantir la conformité des systèmes de ventilation en termes de respect des critères de sûreté par rapport au référentiel VD4 pour les rejets en iodes, EDF met en œuvre la modification PNPP1945 « Ventilation locaux iode », qui consiste à raccorder à une extraction avec piège à iode des locaux identifiés. Cette modification fait partie du périmètre de la phase B de la VD4 900 et sera intégrée sur le réacteur n° 1 du CNPE de Gravelines en cohérence avec le planning de déploiement de cette dernière.

Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma (« autres PF/PA »)

Outre les radionucléides déjà mentionnés précédemment, les substances radioactives présentes dans le process appartiennent à deux catégories :

- Les Produits de Fission (PF), créés dans le combustible par fission des atomes d'uranium ou de plutonium. Ces produits de fission sont des radionucléides tels que les césiums 134 et 137 qui restent en quasi-totalité confinés dans le combustible. Une faible quantité peut, toutefois, migrer dans l'eau du circuit primaire, en cas de d'inétanchéité du gainage combustible, puis se retrouver dans les effluents.
- Les Produits d'Activation (PA), créés à l'extérieur du combustible par l'action des neutrons de fission sur les composants sous flux (cuve, tuyauteries, grappes de commande) ainsi que sur les éléments chimiques contenus dans l'eau du circuit primaire, tels que le bore, le lithium et les produits de corrosion relâchés par les surfaces en contact avec le fluide primaire. Les produits d'activation incluent notamment les cobalts 58 et 60, le manganèse 54, l'antimoine 124 et l'argent 110 m.

Les autres produits de fission et d'activation (émetteurs bêta ou gamma autres que le tritium, le carbone 14, les iodes et les gaz rares) présents sous forme d'aérosols dans les effluents gazeux sont traités par décroissance radioactive dans les réservoirs d'entreposage et/ou retenus par passage sur des pièges à iodes (charbon actif) et sur des filtres à très haute efficacité.

Dans les effluents liquides, les autres produits de fission et d'activation (émetteurs bêta ou gamma autres que le tritium, le carbone 14, les iodes) sont retenus en grande partie par les systèmes de traitement (filtres ou résines) du circuit de purification en continu de l'eau du circuit primaire (circuit RCV) et des systèmes de traitement des effluents (circuits TEP et TEU). Sur l'ensemble du Parc, les activités de ces radionucléides rejetées par réacteur en fonctionnement ont diminué d'un facteur 100 depuis 1985.

Les améliorations apportées aux circuits de collecte et de traitement et les efforts réalisés par l'exploitant pour réduire à

la source la production d'effluents expliquent ce résultat. Le niveau de rejets atteint sur les PF et PA est considéré comme optimal.

L'activité annuelle moyenne en autres produits de fission ou d'activation, émetteurs bêta ou gamma (« autres PF/FA ») rejetée à l'atmosphère par le CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022 est présentée en Figure 7 et de 0,0132 GBq.

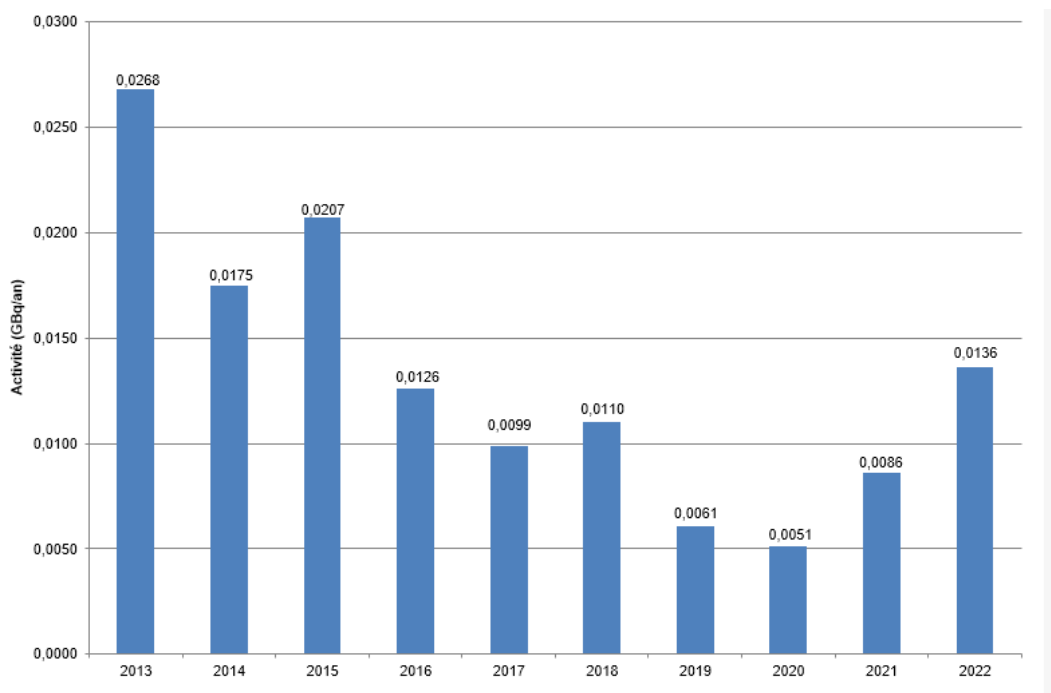


Figure 7 : Activité en autres PF/PA rejetée à l'atmosphère par le CNPE de Gravelines sur la période 2013–2022

La Figure 8 représente l'activité en « autres PF/PA », rejetée dans les effluents liquides par le CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022. Les rejets moyens en autres PF/PA sont de l'ordre de 3,19 GBq.

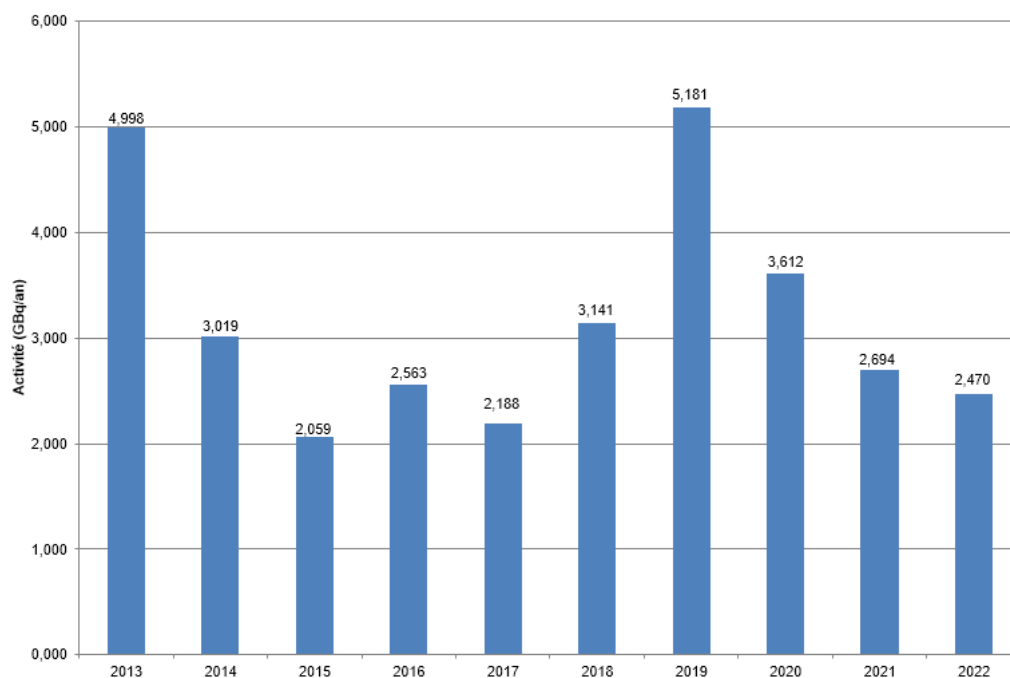


Figure 8 : Activité en autres PF/PA rejetée dans les effluents liquides du CNPE de Gravelines sur la période 2013–2022

Les variations observées sur la période sont liées aux indisponibilités des évaporateurs TEU.

❖ Bilan des rejets d'effluents chimiques

Le fonctionnement d'un CNPE nécessite l'utilisation de substances chimiques qui produisent des rejets d'effluents par voie liquide ou atmosphérique dans l'environnement. D'autres substances issues de l'usure des circuits et équipements sont également rejetées. Les principaux paramètres représentatifs des rejets d'effluents chimiques du CNPE de Gravelines proviennent de la voie liquide.

Les substances dont les rejets dans l'environnement présentent un enjeu sont :

- L'acide borique, l'hydrazine, la morpholine, l'éthanolamine et l'azote total issus du conditionnement des circuits primaires et secondaires ;
- Les phosphates, issus du conditionnement de certains circuits auxiliaires nucléaires et conventionnels, principalement pour les circuits de réfrigération intermédiaire et d'eau surchauffée ;

- Le bromoforme et les oxydants résiduels issus du traitement par électrochloration (générant de l'hypochlorite de sodium in-situ, par électrolyse de l'eau de mer) dans le cadre de la lutte contre les bio-salissures.

Les paragraphes suivants présentent le bilan décennal de ces principaux paramètres et les optimisations effectuées ou engagées par l'exploitant.

Rejets d'acide borique

En solution dans l'eau du circuit primaire, l'acide borique (H_3BO_3) participe, avec les grappes de commande, au contrôle de la réaction nucléaire. Seul le bore 10, isotope présent à hauteur de 20 % environ dans le bore naturel, absorbe les neutrons en formant du tritium (radioactif) ou du lithium 7 (stable). La concentration en bore dans l'eau du circuit primaire varie au cours du cycle de fonctionnement du réacteur. La teneur en bore en début de cycle est déterminée en fonction de paramètres neutroniques et de la durée de cycle souhaitée. Sa concentration baisse progressivement au cours du cycle. Pour cela, il est évacué du circuit primaire et se retrouve dans les effluents radioactifs. Dans le circuit primaire, la concentration évolue de 2 000 ppm en début de cycle à une valeur presque nulle en fin de cycle.

Les effluents radioactifs contenant du bore issus du circuit primaire peuvent être, après passage dans le système de traitement des effluents primaires (TEP), réutilisés comme eau d'appoint au circuit primaire. Ce recyclage, prévu de conception, permet de limiter les volumes rejetés en acide borique.

L'acide borique non recyclé au circuit primaire (déconcentration), ainsi que les effluents radioactifs contenant du bore produits principalement lors des opérations d'échantillonnage, de maintenance (vidange) et d'évacuation combustible ou en cas de fuites, sont dirigés vers le système de traitement des effluents usés (TEU). L'acide borique se retrouve après traitement par évaporation soit sous forme de déchet solide (concentrat), soit sous forme d'effluent liquide dans les réservoirs d'entreposage et de contrôle avant rejet.

La Figure 9 présente les rejets annuels d'acide borique du CNPE de Gravelines par voie liquide sur la période 2013 – 2022.

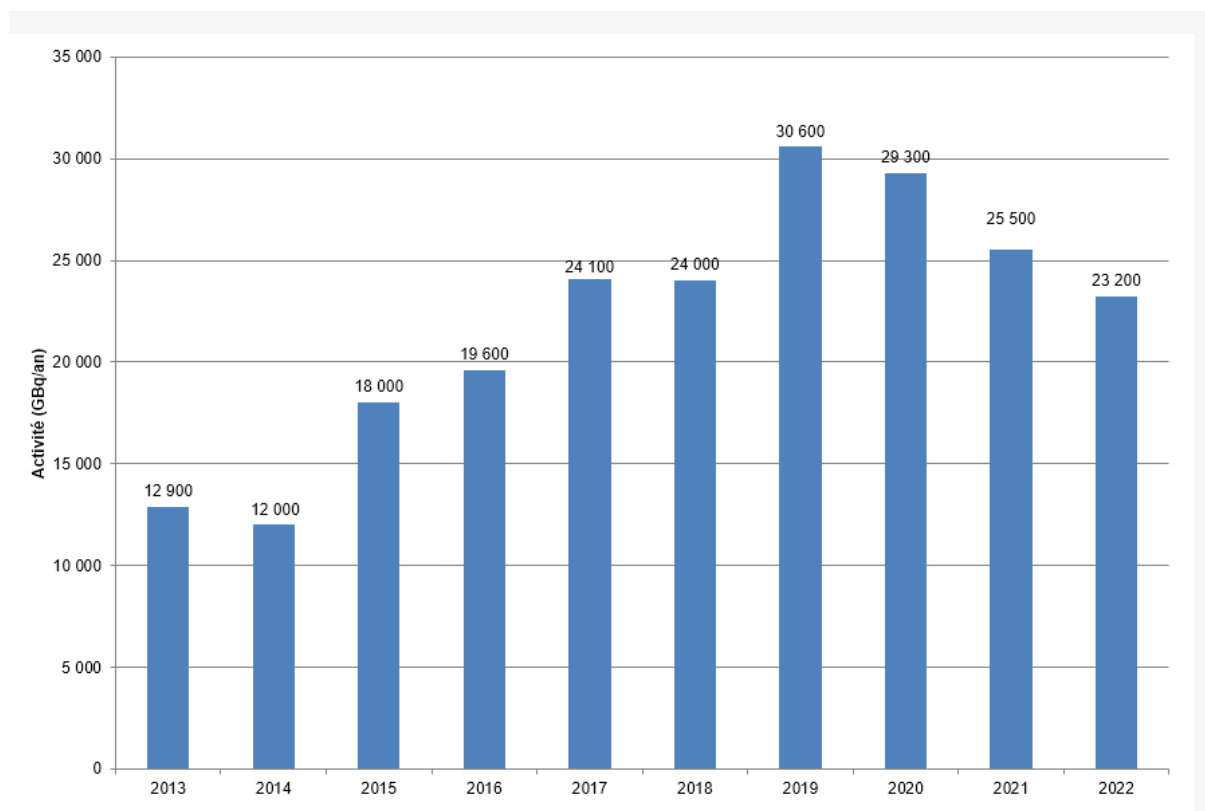


Figure 9 : Rejets annuels d'acide borique sur la période 2013 – 2022 du CNPE de Gravelines

Les filtres utilisés pour purifier l'eau du circuit primaire peuvent être à l'origine d'une augmentation de la teneur en silice dans le circuit primaire. Afin de respecter la spécification en silice dans le circuit primaire, il peut être nécessaire de déconcentrer le circuit primaire ce qui peut alors constituer, de manière épisodique, une augmentation des rejets d'acide borique.

Rejets d'hydrazine

L'hydrazine (N_2H_4) est utilisée principalement dans le circuit secondaire pour réduire l'oxygène résiduel dissous, maintenir un milieu réducteur, et ainsi minimiser la corrosion des matériaux présents dans le circuit. Injectée sous forme d'hydrate d'hydrazine ($N_2H_4 \cdot H_2O$), l'hydrazine se décompose à chaud en ammoniac qui contribue au maintien du pH. Avant

rejet, les effluents du circuit secondaire transitent par les réservoirs de recueil des effluents des eaux d'exhaure de la salle des machines (réservoirs Ex).

L'hydrate d'hydrazine est également utilisé, de manière très limitée, dans le circuit primaire pour effectuer le « palier chimique » entre 60° C et 120° C (élimination de l'oxygène du circuit primaire) en phase de redémarrage. L'excès d'hydrate d'hydrazine est décomposé thermiquement en ammoniacque lors de la montée en température (« cracking thermique »).

L'hydrate d'hydrazine est enfin utilisé pour le conditionnement humide des générateurs de vapeur en arrêt de réacteur. Dans le cadre de cette utilisation, les éventuels rejets liquides sont principalement orientés vers les réservoirs T destinés à recevoir les effluents liquides de l'îlot nucléaire.

Dans les réservoirs T et Ex, l'hydrazine se transforme par oxygénation en diazote (N_2) et en eau. Cette oxydation est favorisée par la mise en brassage de l'effluent, et pour les réservoirs équipés, par bullage à l'air accompagné de l'injection de sulfate de cuivre (catalyseur de la réaction).

Sur le CNPE de Gravelines, depuis 2011, la dégradation de l'hydrazine est effectuée dans les réservoirs T et réservoirs/puisards Ex par bullage à l'air et par injection de $CuSO_4$.

La Figure 10 présente les rejets annuels d'hydrazine issus des réservoirs T, S et Ex du CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022.

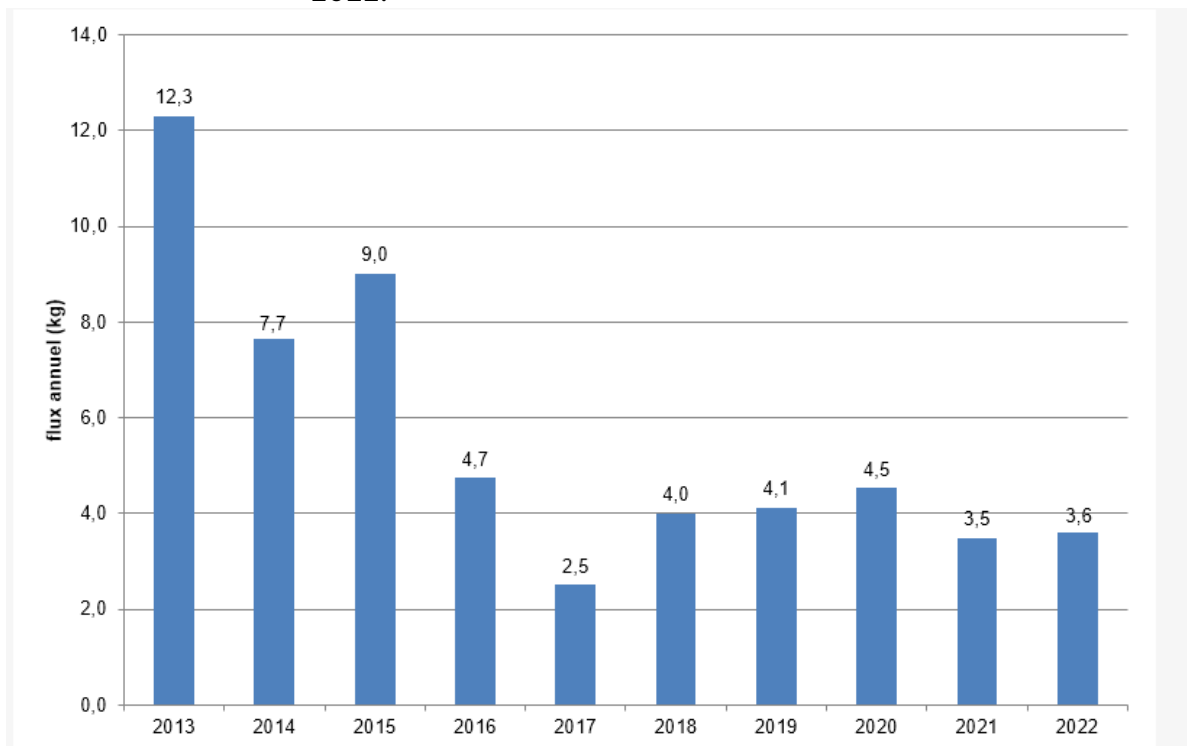


Figure 10 : Rejets annuels d'hydrazine sur la période 2013 – 2022 du CNPE de Gravelines

Les valeurs des années 2013 et 2015 coïncident avec des arrêts de réacteur.

Action engagée

Une veille technique est réalisée afin d'identifier un éventuel produit de substitution à l'hydrazine. Aujourd'hui, ces travaux de veille montrent qu'il n'existe pas d'autre substance présentant les mêmes caractéristiques chimiques permettant le conditionnement des circuits dans tous les états de fonctionnement du réacteur rencontrés.

Par ailleurs, des optimisations sur le système d'injection d'hydrate d'hydrazine (SIR) sont actuellement engagées sur l'ensemble des CNPE du Parc. Ainsi, les pompes doseuses à piston doivent progressivement être remplacées par des pompes à double membrane, qui présentent un taux de fuite moins important. Cette modification est en cours de déploiement.

Rejets de morpholine et d'éthanolamine

La morpholine (C_4H_9NO) et l'éthanolamine (C_2H_7NO) sont des amines volatiles employées pour le conditionnement du circuit secondaire afin de maintenir un pH optimal vis-à-vis de la corrosion dans l'ensemble du circuit. Son action sur le pH est complétée par l'ammoniaque provenant de la décomposition thermique de l'hydrazine. Le conditionnement du circuit secondaire fait l'objet de spécifications chimiques, établies en tenant compte notamment de la nature des matériaux à protéger contre la corrosion, et des contraintes environnementales. La morpholine et l'éthanolamine sont également utilisées pour le conditionnement humide des générateurs de vapeur.

Les effluents contenant l'amine de conditionnement sont issus des purges de déconcentration en vue de respecter les spécifications chimiques du circuit secondaire, des pertes d'eau (échantillonnages, fuites) et des vidanges des générateurs de vapeur et du poste d'eau lors des opérations d'arrêt et de maintenance. Les effluents sont orientés vers les réservoirs d'entreposage et de contrôle avant rejet.

La Figure 11 présente le flux annuel de morpholine sur la période 2013 – 2022.

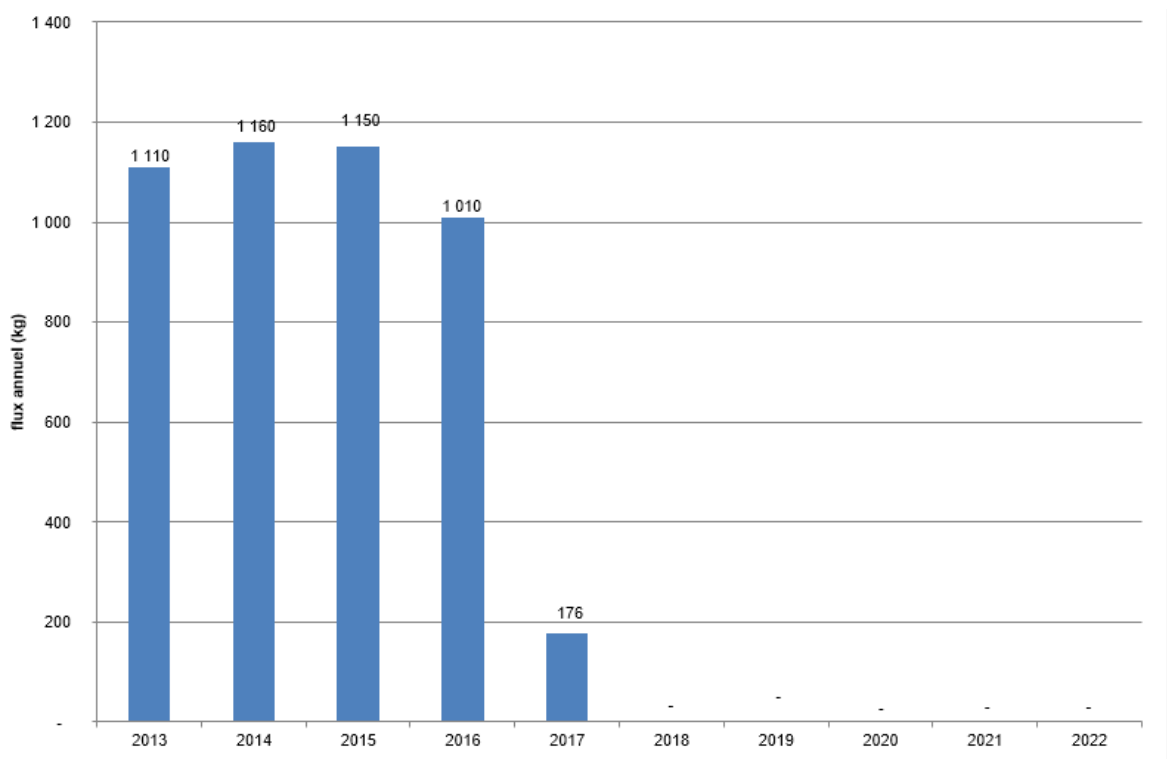


Figure 11 : Rejets annuels de morpholine sur la période 2013 – 2022 du CNPE de Gravelines

La faible quantité des rejets de 2017 s'explique par le basculement au conditionnement du secondaire à l'éthanolamine qui a eu lieu entre fin 2016 et début 2017 (cf. action engagée ci-dessous).

Action engagée

Dans une démarche d'amélioration continue, parmi les trois substances utilisées (ammoniaque, morpholine, éthanolamine) pour maintenir un pH optimal dans le circuit secondaire, le conditionnement à l'éthanolamine (C_2H_7NO) est actuellement le conditionnement cible, car il permet le meilleur compromis entre la protection des matériels et les rejets. Ainsi, l'éthanolamine présente des avantages par rapport à la morpholine :

- Grâce à sa plus forte basicité, les quantités d'éthanolamine nécessaires pour maintenir le pH spécifié sont plus faibles que les quantités de morpholine nécessaires pour maintenir ce même pH ; le conditionnement à l'éthanolamine génère donc moins de rejets.

- Grâce à sa faible volatilité, l'éthanolamine offre, à pH équivalent, une meilleure protection que la morpholine contre la corrosion-érosion des aciers non ou faiblement alliés dans les parties liquides des zones diphasiques, et contribue ainsi à augmenter la durée de fonctionnement des tuyauteries et des appareils sous pression du poste d'eau.
- L'éthanolamine est plus stable thermiquement que la morpholine et engendre moins de produits de décomposition dans le circuit secondaire.
- L'éthanolamine est plus biodégradable que la morpholine.

Sur le CNPE de Gravelines, le basculement à l'éthanolamine a débuté fin 2016 et a été finalisé pour les 6 réacteurs en 2017.

La Figure 12 présente le flux annuel des rejets d'éthanolamine sur la période 2013 – 2022.

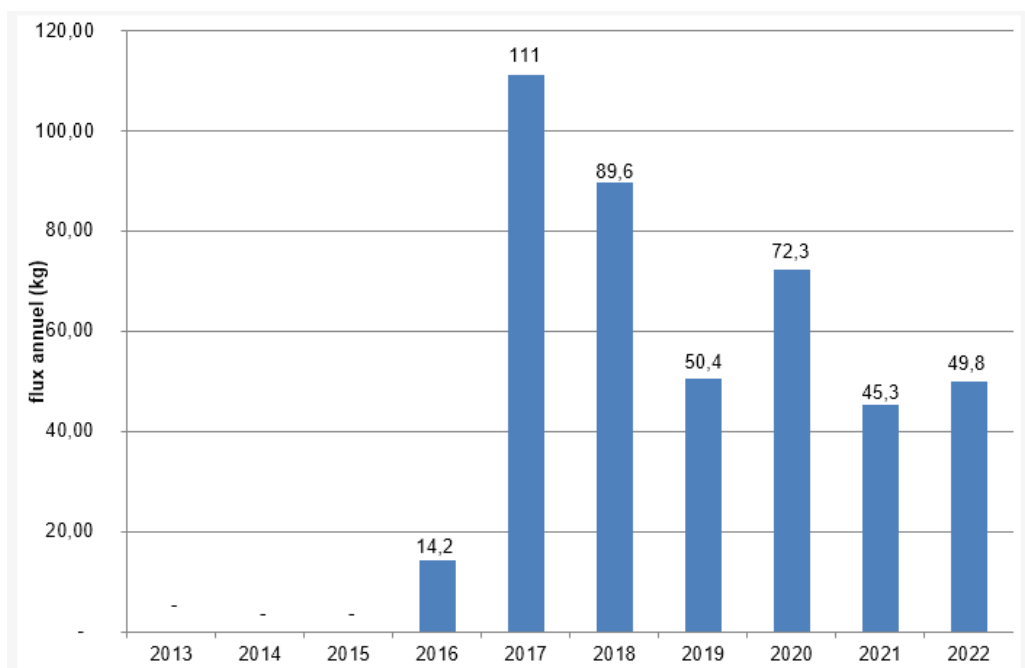


Figure 12 : Rejets annuels d'éthanolamine du CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022

On note une diminution des rejets d'éthanolamine depuis 2018 en raison des ajustements de conditionnement des circuits secondaires.

Rejets d'azote

L'azote, sous la forme prépondérante d'ammoniaque, provient de la dégradation thermique de l'hydrate d'hydrazine et participe au conditionnement du circuit secondaire afin de réduire la corrosion de ce circuit. Lors des arrêts de réacteur, l'ammoniaque peut être utilisée pour le conditionnement humide des générateurs de vapeur.

La Figure 13 présente les rejets annuels d'azote total (ammonium, nitrites, nitrates) issus des réservoirs T, S et Ex pour la période 2013 – 2022. Les rejets annuels d'azote sont en moyenne de 4 619 kg pour le CNPE de Gravelines.

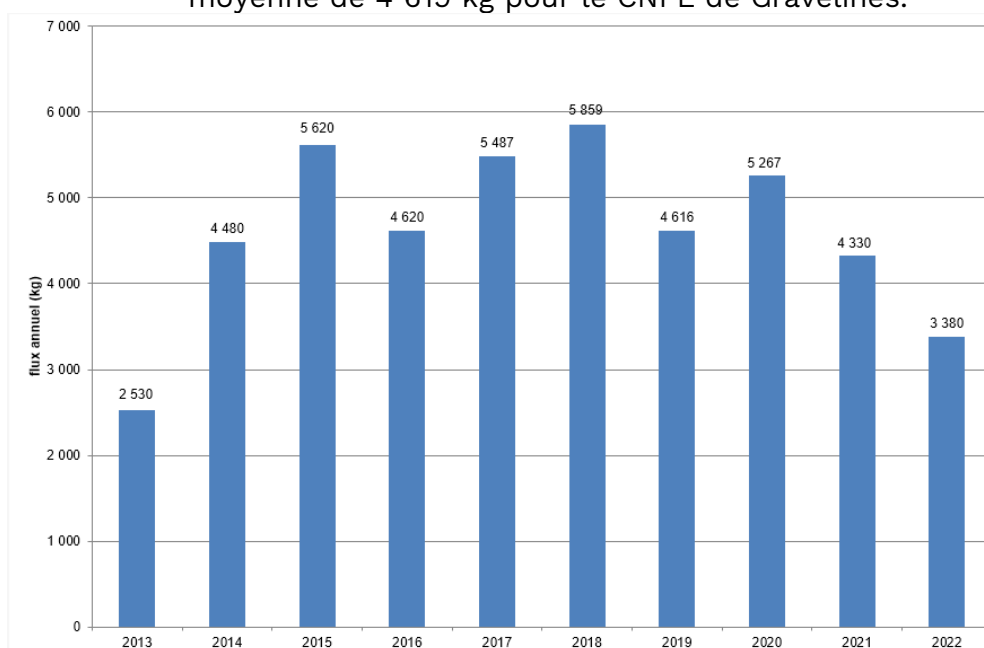


Figure 13 : Rejets annuels d'azote total sur la période 2013 – 2022 du CNPE de Gravelines

Depuis 2014, le CNPE a mis en place un soutien en ammoniacque des circuits secondaires, qui consiste à l'injection d'ammoniacque afin de maintenir un pH optimal.

Par ailleurs, le maintien du vide au condenseur lors des phases d'arrêt (fortuit ou programmé) entraîne des appoints/rejets.

Rejets de phosphates

Le phosphate trisodique (Na_3PO_4) est utilisé pour le conditionnement des circuits de refroidissement intermédiaires de l'îlot nucléaire (circuits RRI et DEG) et des circuits de l'îlot non nucléaire comprenant le refroidissement intermédiaire (circuit SRI) et la distribution d'eau surchauffée (SES). Les effluents phosphatés sont produits lors des appoints/rejets ou vidanges nécessaires sur ces circuits en vue de respecter les spécifications chimiques et radiochimiques.

La Figure 14 présente les rejets annuels de phosphates issus des réservoirs T, S et Ex du CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022. Le rejet annuel moyen en phosphates est de 308 kg.

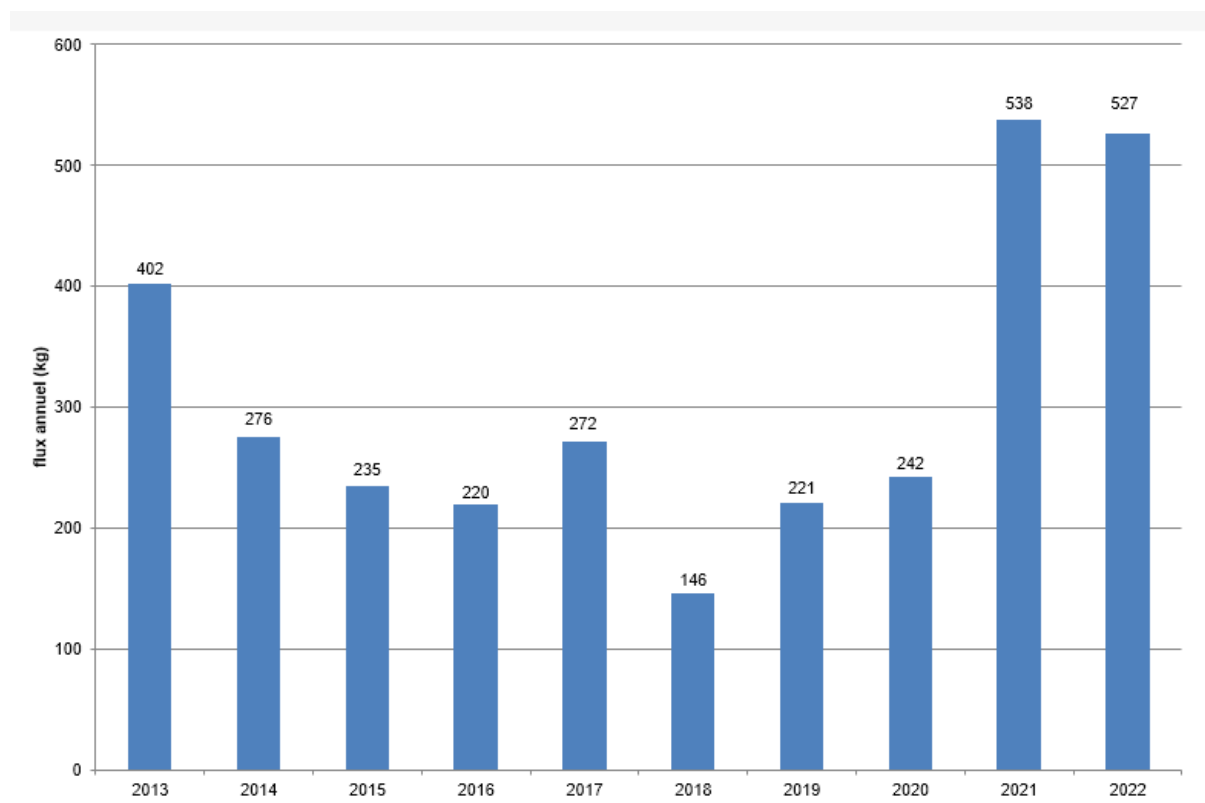


Figure 14 : Rejets annuels en phosphates du CNPE de Gravelines sur la période 2013 - 2022

Les rejets de phosphates de 2013 s'expliquent par un défaut des échangeurs RRI/SEC (circuit de réfrigération intermédiaire des auxiliaires nucléaires primaires et eau brute secourue), cumulé à un nombre important de nettoyages de ces échangeurs.

Les appoints/rejets ont dû être repris en 2021 et 2022 pour satisfaire les spécifications chimiques et radiochimiques afin de préserver les matériels contre la corrosion.

Rejets de bromoforme et d'oxydants résiduels issus du traitement par électrochloration

Le CNPE de Gravelines est équipé d'un système de traitement chimique (électrochloration) de ses eaux de refroidissement (eau de mer) pour éviter le développement de bio-salissures à la prise d'eau et dans les circuits de refroidissement.

Pour lutter contre les bio-salissures, le CNPE injecte de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) en continu à l'entrée des stations de pompage. Ce traitement autorisé et réglementaire est mis en œuvre lorsque la température de l'eau de mer est supérieure à 10 °C.

Afin d'éviter les risques inhérents au transport et au stockage de grandes quantités d'eau de Javel, ce réactif est produit par électrolyse de l'eau de mer (électrochloration). L'hypochlorite de sodium (NaOCl) est produit à partir du chlorure de sodium (NaCl) de l'eau de mer.

Dès son injection, le chlore libre réagit avec les matières organiques et les ions ammonium (NH_4^+) présents dans l'eau de mer pour former :

- Des Oxydants Résiduels Totaux (ORT), regroupant le chlore libre (HOCl , ClO^-), le brome libre (HOBr , BrO^-), les chloramines, les bromamines et les haloamines combinées.
- Des composés organohalogénés dont la forme prédominante est le bromoforme.

Les Figure 15 et Figure 16 présentent le flux annuel des rejets en bromoforme et en oxydants résiduels totaux (ORT) sur la période de 2013 à 2022. Les rejets en bromoforme et en ORT varient selon les années. Ces variations sont principalement liées au nombre de jours de traitement par an.

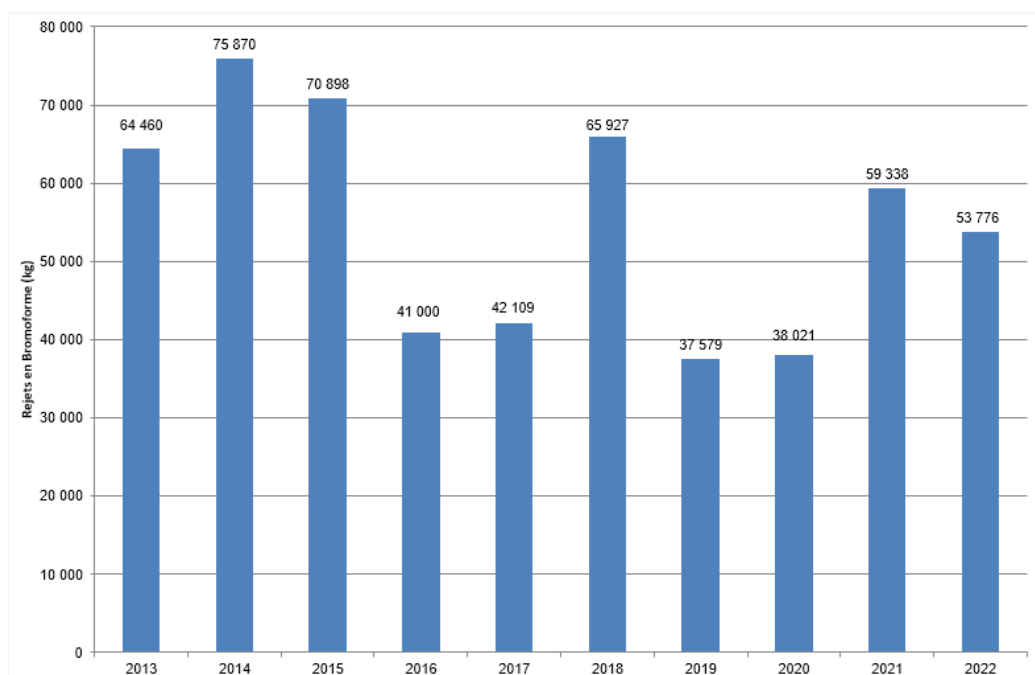


Figure 15 : Rejets annuels de bromoformes issus de l'électrochloration du CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022

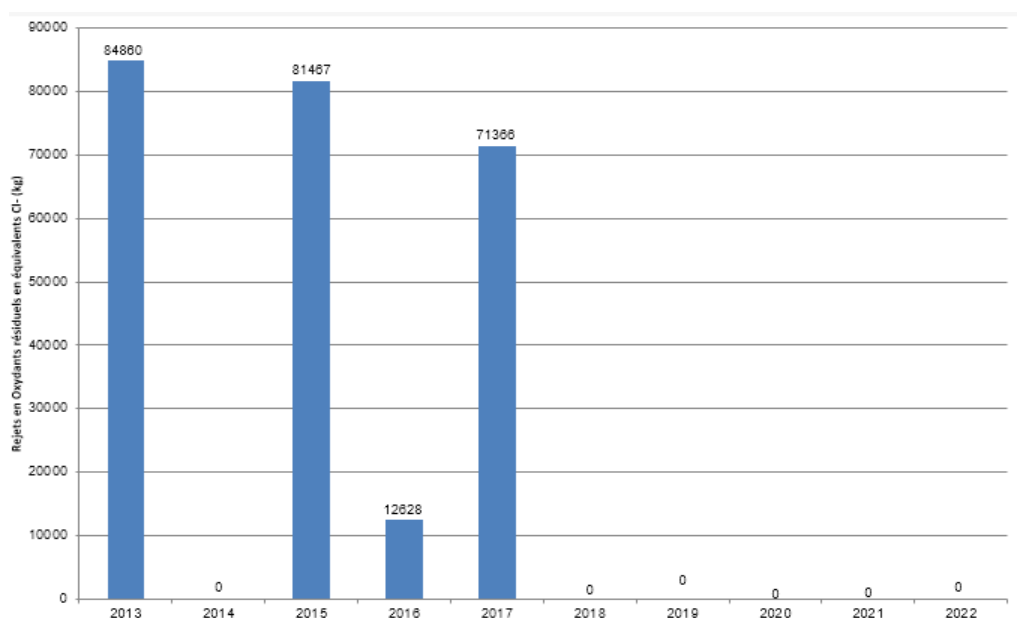


Figure 16 : Rejets annuels d'ORT issus de l'électrochloration du CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022

1.2.4.3. Bilan des rejets thermiques

Dans un CNPE, environ un tiers de l'énergie thermique produite par le réacteur est converti en électricité, en vertu du principe thermodynamique de Carnot. Le reste, soit environ les deux tiers, est transféré sous forme de chaleur via le condenseur à une source froide, laquelle peut être soit le milieu aquatique (source froide dite en « circuit ouvert »), soit l'atmosphère (via des tours aéroréfrigérantes, source froide dite en circuit « fermé »). Il y a donc des rejets thermiques dans le milieu naturel.

Le circuit de refroidissement du CNPE de Gravelines est un circuit ouvert. L'eau de mer prélevée est intégralement restituée au milieu marin (la Mer du Nord) après son passage dans le condenseur.

Pour le CNPE de Gravelines, les paramètres réglementés sont :

- L'échauffement au rejet.
- La température au rejet.
- La température de la mer en champ proche des rejets.

Le tableau 4 présente les valeurs de l'échauffement moyen journalier au rejet, de la température maximale journalière au rejet et de la température maximale journalière en mer en champ proche des rejets.

(2011 – 2020)	Température au rejet $T_{\text{rejet}} (T11)$	Température en mer $T_{\text{aval}} (T7)$	Échauffement entre prise d'eau et rejet (ΔT)
Période du 01/11 au 31/05			
Moyenne	21,1	11,5	9,7
Maximum	27,6	18,2	12,0
Limite réglementaire	30 °C	30 °C	12 °C
Période du 01/06 au 31/10			
Moyenne	28,0	18,8	8,7
Maximum	34,6	28,3	12,0
Limite réglementaire	35 °C	30 °C	12 °C

Tableau 4 : Bilan 2011 – 2020 des rejets thermiques du CNPE de Gravelines et limites réglementaires

Comme demandé dans la décision ASN n° 2018–DC-0647, une étude sur la diffusion thermique des rejets, incluant la simulation à partir des données du thermographe T11, a été réalisée en 2019. Celle-ci a permis de définir des modalités de suivi par calcul en cas d'indisponibilité du thermographe T7.

Depuis l'application de cette nouvelle décision fin 2018, la situation où le thermographe T7 est indisponible et la température mesurée au rejet (T11) est supérieure à 30 °C a été rencontrée pendant 28 jours, lors de l'été 2019.

La température en mer au T7 lors de ces 28 journées a été calculée par application de la formule de calcul retenue en 2019 : les valeurs obtenues montrent que le CNPE a respecté la valeur limite de 30 °C, avec un maximum de 28,1 °C.

Le bilan des rejets thermiques sur la période 2011–2020 montre que le CNPE de Gravelines a respecté les limites réglementaires applicables.

Les températures d'eau à la prise mesurées lors de l'été 2022 sont les plus hautes enregistrées sur la période de mesures depuis 1997 (avec des valeurs proches de celles enregistrées lors des étés 2018 et 2020). Néanmoins, les valeurs maximales de la température au rejet, de l'échauffement au rejet et de la température en mer en champ proche des rejets atteintes durant l'été 2022 sont restées inférieures aux valeurs maximales du bilan présenté dans le tableau 4 (période 2011-2020).

Action engagée

La mise à jour de la caractérisation du panache thermique des rejets du CNPE de Gravelines a été engagée en 2016 et 2017 à travers deux campagnes de thermographie aérienne infrarouge menées à différents coefficients de marée et à différentes altitudes permettant de couvrir l'ensemble du panache thermique du rejet. Les résultats ont été complétés par une modélisation 3D du panache thermique.

La synthèse de l'analyse des images des thermographies montre que l'orientation du panache thermique est fortement influencée par les courants marins alternatifs de la région : il s'étale vers le nord-est au flot, et vers l'ouest, parallèlement à la côte, au jusant.

Les deux campagnes ont permis de valider le modèle numérique 3D de la dilution des rejets de Gravelines. Les résultats du modèle numérique 3D sont disponibles pour quatre coefficients de marée.

Les résultats du modèle numérique, alliés au retour d'expérience de la surveillance des températures, permettent aujourd'hui de bien connaître les incidences des rejets thermiques en mer du CNPE de Gravelines sur la température des eaux de surface.

1.2.4.4. Bilan des déchets

Le CNPE de Gravelines optimise la gestion des déchets en appliquant les principes suivants :

- Réduire à la source la production et la nocivité des déchets radioactifs et conventionnels.
- Collecter et trier de façon sélective les déchets en fonction de leur nature et de leurs caractéristiques, afin de les traiter le plus efficacement possible.
- Optimiser le conditionnement afin de confiner les déchets autant que de besoin et de répondre aux exigences définies par les filières de traitement et/ou de stockage.
- Entreposer et contrôler les déchets de façon à pouvoir garantir en toutes circonstances le respect des dispositions réglementaires applicables.

- Favoriser la valorisation et/ou le recours à des filières de proximité lorsque c'est possible.

Ces différentes étapes ont pour objectif de garantir l'acceptabilité des déchets par la ou les filières auxquelles ils sont destinés et d'en limiter l'impact, en particulier pour les déchets radioactifs destinés aux centres de stockage de l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs (ANDRA).

Cette gestion optimisée repose essentiellement sur le zonage déchets qui permet :

- De gérer les déchets (radioactifs et conventionnels) de façon fiable, sûre, opérationnelle et pérenne.
- De limiter les quantités de déchets radioactifs produits en proposant un plan de zonage adapté aux risques radiologiques et à la nature des objets et locaux considérés.
- De couvrir l'ensemble des phases de vie de l'installation : conception, exploitation, démantèlement et assainissement.

❖ Bilan des déchets radioactifs

Les progrès continus réalisés dans la conception des centrales nucléaires, la gestion du combustible et l'exploitation des installations ont permis une réduction à la source des déchets radioactifs. Entre 1985 et 1995, cette réduction à la source, complétée par l'optimisation des modes de traitement et de conditionnement des déchets, a permis de diviser par trois le volume de déchets de faible et moyenne activité à vie courte conditionnés et produits annuellement par les sites. La production annuelle de déchets technologiques et de procédé conditionnés du Parc est ainsi passée de 360 m³ à 110 m³ en moyenne par réacteur.

Ce niveau de production de l'ordre de 100 m³ par réacteur constitue un plancher technique susceptible d'augmenter dans les années à venir, au regard du programme prévisionnel de maintenance lié au Grand Carénage¹³.

Entreposage des déchets radioactifs

¹³ Le Grand Carénage du Parc nucléaire d'EDF vise à procéder aux investissements/modernisations en vue de la poursuite de fonctionnement des installations actuelles et à intégrer les mesures post-Fukushima tout en garantissant le maintien des performances du Parc en termes de sûreté et de compétitivité.

Sur la période 2013 – 2022, des actions d'amélioration ont été engagées afin d'atteindre un niveau satisfaisant de maîtrise des entreposages des déchets conditionnés ou en cours de conditionnement. Les actions découlant des suites du Groupe Permanent d'experts de 2002 notamment ont été menées à bien (création de l'aire TFA, mise en œuvre de règles d'exploitation des BAN/BAC – Bâtiments des Auxiliaires Nucléaires et Bâtiments des Auxiliaires de Conditionnement du CNPE de Gravelines).

Entreposages des coques et fûts de déchets Faible et Moyenne Activité à Vie Courte (FA/MA-VC)

La maîtrise des entreposages a porté prioritairement sur les coques béton de déchets de moyenne activité vie courte et sur les fûts (métal et plastique) de déchets de faible activité à vie courte, disposant d'approbations (CSA¹⁴) et/ou d'acceptations (installation Centraco). Ces colis sont généralement entreposés dans les locaux TES de l'îlot nucléaire et dans le BAC.

Les figures 17 et 18 présentent l'évolution de l'entreposage de coques et de fûts équivalents métal 200L¹⁵ (métal et plastique) entreposés sur la période 2013 – 2022.

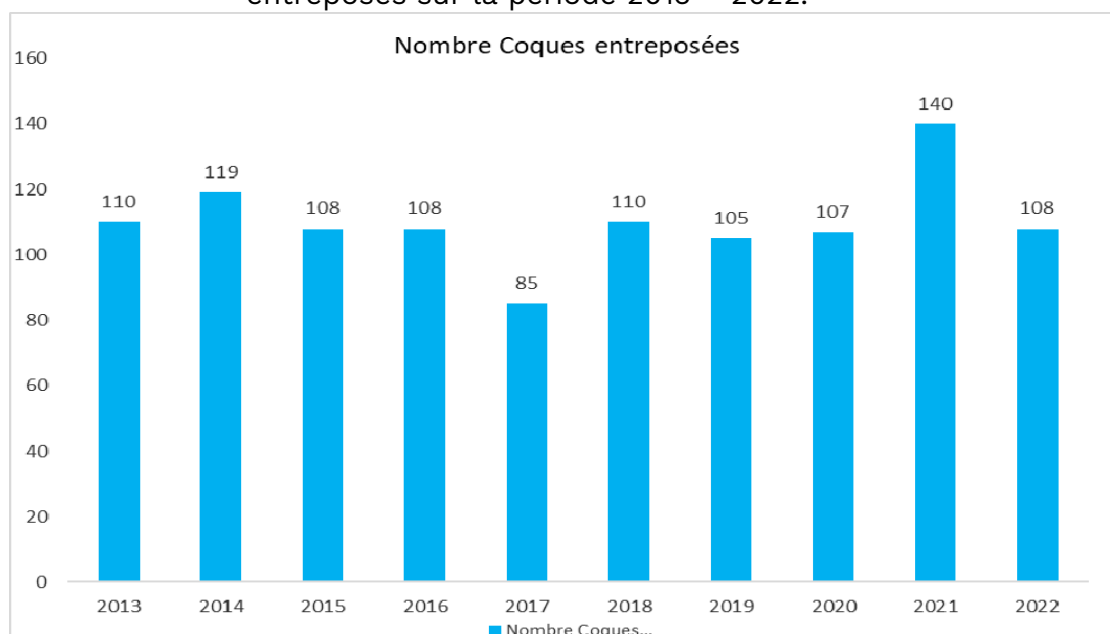


Figure 17 : Évolution du nombre de coques entreposées sur la période 2013 – 2022

¹⁴ Centre de Stockage de l'Aube.

¹⁵ Un fût plastique = 0,7 fût métal en termes d'occupation spatiale.

Le nombre de coques sur le site est maîtrisé et reste en moyenne aux alentours de 100 coques, malgré les contraintes qui ont pu intervenir sur la période, en particulier :

- La mise en place d'un nouveau contrat de prestation d'assistance globale chantier en 2014 qui a retardé l'évacuation des coques (temps de mise en place du nouveau contrat).
- La mise en œuvre de caractérisations radiologiques complémentaires pour certaines coques (campagnes de spectrométries) qui s'avèrent nécessaires pour que les colis soient acceptés par l'ANDRA et qui conduisent à temporiser les évacuations.
- La production en 2014 de coques de fûts pré-confinés liée à des chantiers particuliers de maintenance, dont le conditionnement final, effectué par campagne, ne permet pas une évacuation en ligne.

La densité du programme industriel a fait augmenter la production de coques en 2021 et contraint à étaler les expéditions sur les années 2021-2022, avec pour conséquence une augmentation du niveau d'entreposage des colis béton.

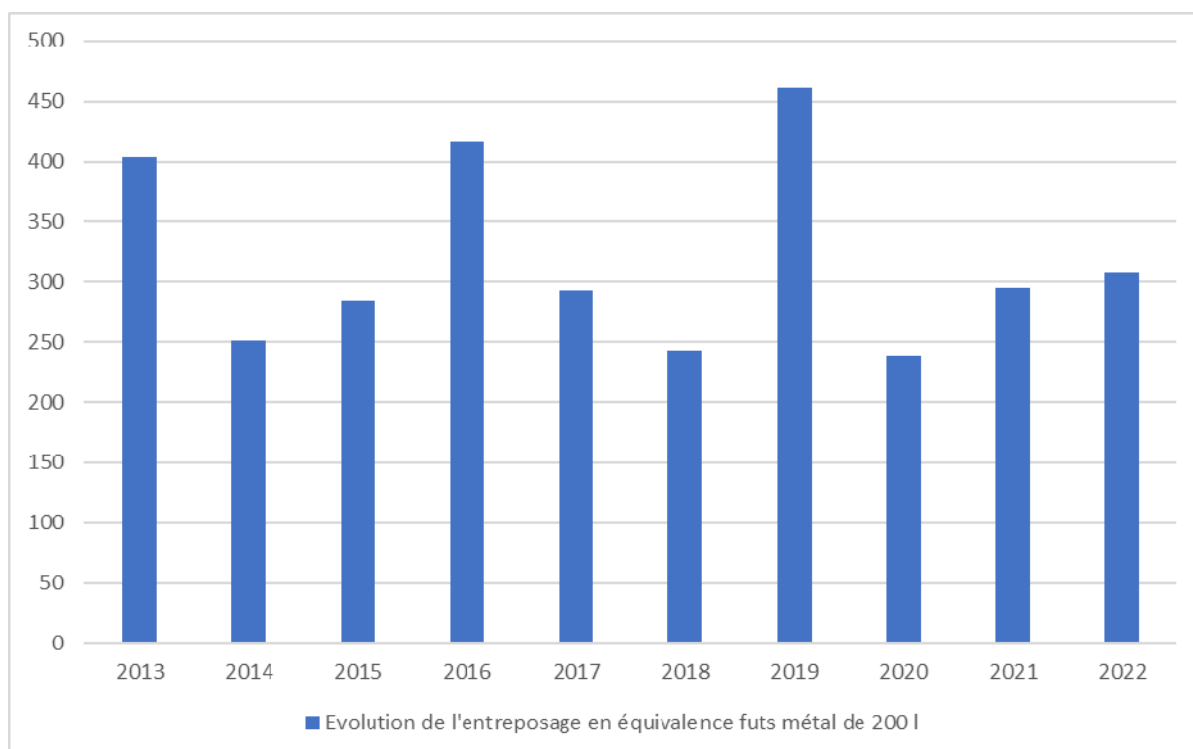


Figure 18 : Évolution des entreposages de fûts équivalents métal 200L (métal et plastique) sur la période 2013 - 2022

La variation des niveaux d'entreposage de fûts est directement proportionnelle aux activités de maintenance.

Entreposage des déchets de Très Faible Activité (TFA)

L'évolution des quantités globales de déchets de très faible activité entreposés sur l'aire TFA du CNPE de Gravelines (exprimées en taux d'occupation de l'aire) sur la période 2013 – 2022 est présentée en Figure 19.

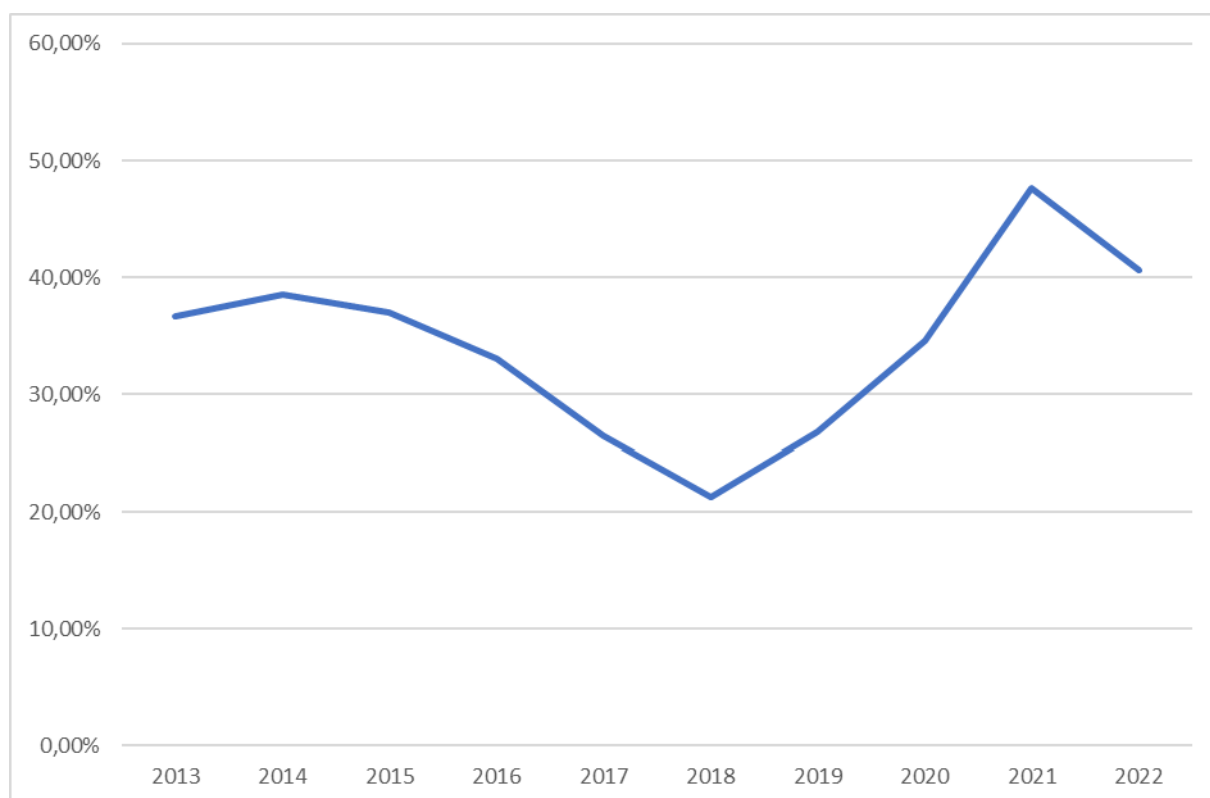


Figure 19 : Évolution du taux d'occupation de l'aire TFA sur la période 2013 – 2022

Le taux d'occupation de l'aire TFA sur la période est en moyenne de 34,2 %. L'augmentation constatée entre 2013 et 2014 est liée à l'entreposage de déchets de calorifuges produits dans le cadre du RGV, pour lesquels une modification temporaire des conditions d'exploitation de l'aire TFA a été instruite.

La baisse du taux d'entreposage observée à partir de 2015 est liée au désentreposage de déchets historiques en vue de la préparation du grand carénage et des quatrièmes visites décennales.

La hausse du taux d'entreposage à partir de 2018 est quant à elle liée à la préparation et la réalisation d'opérations de remplacement des générateurs de vapeur sur les réacteurs n° 5 et 6 et à la préparation des chantiers post Fukushima et des visites décennales des réacteurs n° 1 et 3.

Actions engagées

À partir de 2016, le CNPE a débuté le désentreposage et l'évacuation de déchets métalliques dans le cadre de l'affaire Parc 1401 « désencombrement des aires TFA et AOC », permettant leur traitement et leur évacuation à partir de 2017. Le taux d'occupation de l'aire TFA a diminué à la suite de ces actions (21 % à fin 2018).

Par ailleurs, de nouveaux types de déchets TFA ont été produits depuis la mise en œuvre du dossier générique national « aire TFA ». Une révision de ce dossier a donc été enclenchée en 2016, pour permettre d'entreposer un plus grand nombre de types de déchets grâce à la simplification du mode d'exploitation de cette installation. Pour ce dossier, le CNPE de Gravelines a reçu une autorisation en juillet 2021.

Production et/ou évacuation de déchets radioactifs

Production des déchets de Très Faible Activité (TFA)

La Figure 20 présente les quantités de déchets TFA (exprimées en tonnes) évacués vers le Centre Industriel de Regroupement d'Entreposage et de Stockage (CIRES) par le CNPE de Gravelines.

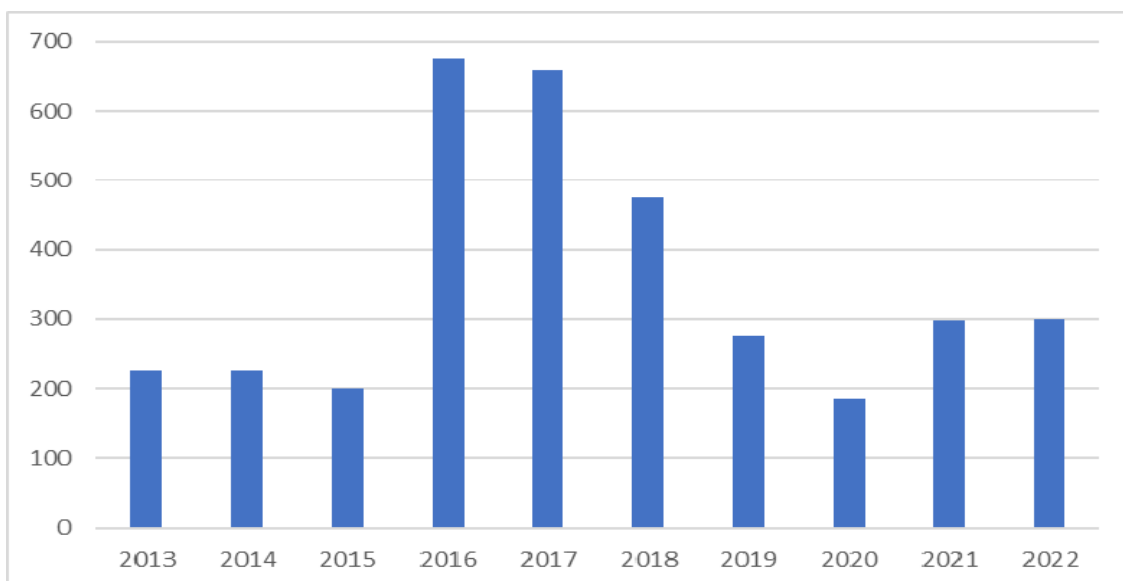


Figure 20 : Évolution du tonnage de déchets TFA évacués au CIRES sur la période 2013 – 2022

La variation des quantités évacuées annuellement est directement proportionnelle aux activités de maintenance.

L'augmentation constatée sur les années 2016 et 2017 correspond à l'évacuation de résidus de sablage générés en grande quantité sur le chantier de rénovation des réservoirs de stockage d'effluents radioactifs.

Production des déchets de Faible Activité à Vie Courte (FA-VC)

La Figure 21 présente l'évolution de la production annuelle de colis de déchets technologiques FA-VC conditionnés en fûts métalliques de 200 L du CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022.

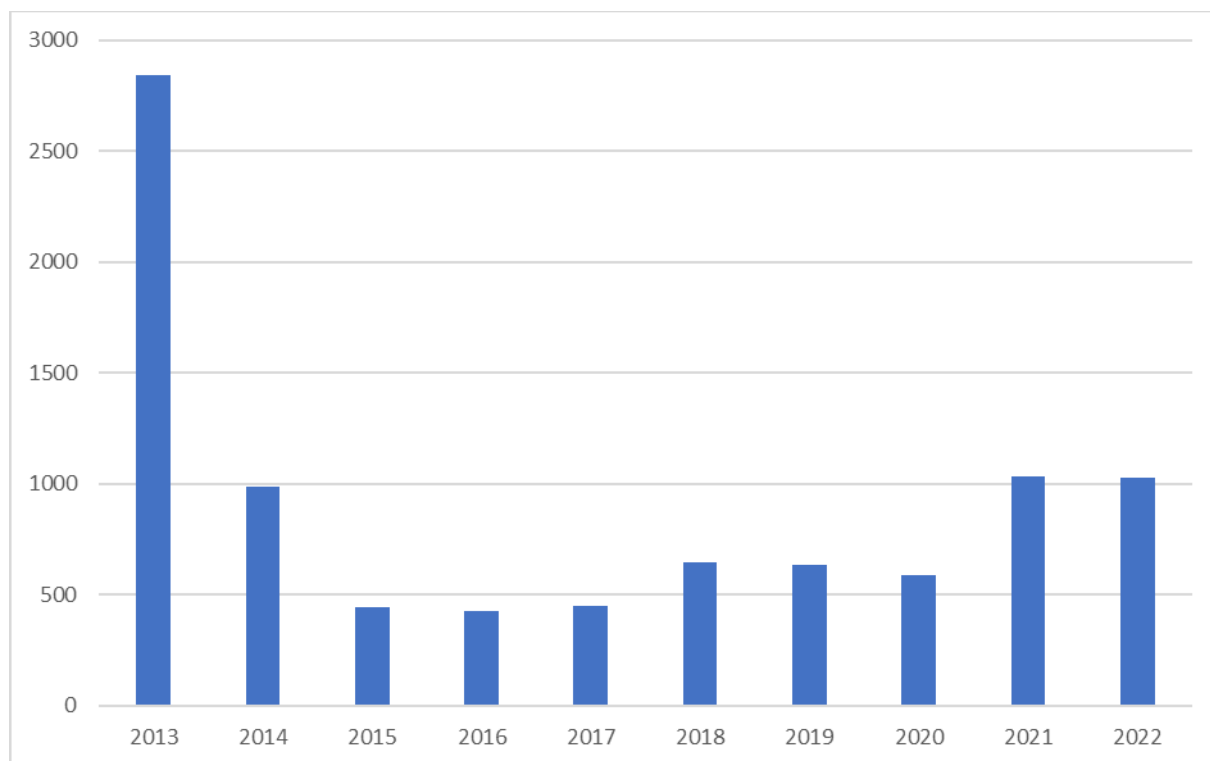


Figure 21 : Évolution du nombre de fûts métalliques 200 L produits sur la période 2013 – 2022

La production de colis de déchets technologiques précompactés en fûts métalliques est relativement stable et faible sur la période 2013 – 2022, car les déchets FA-VC incinérables sont orientés préférentiellement vers la filière Centraco.

La hausse de production sur l'année 2013 s'explique par l'indisponibilité fortuite de longue durée de l'incinérateur de Centraco entre septembre 2011 et mi-2012, qui a engendré une production plus importante de fûts métalliques (impact constaté jusqu'en 2014). L'augmentation constatée en 2021 et 2022 est due à un programme industriel riche (visites décennales des réacteurs n°1 et n°3).

La figure 22 présente l'évolution de la production annuelle de déchets technologiques incinérables de faible activité à vie courte conditionnés en fûts plastiques de 200 L du CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022.

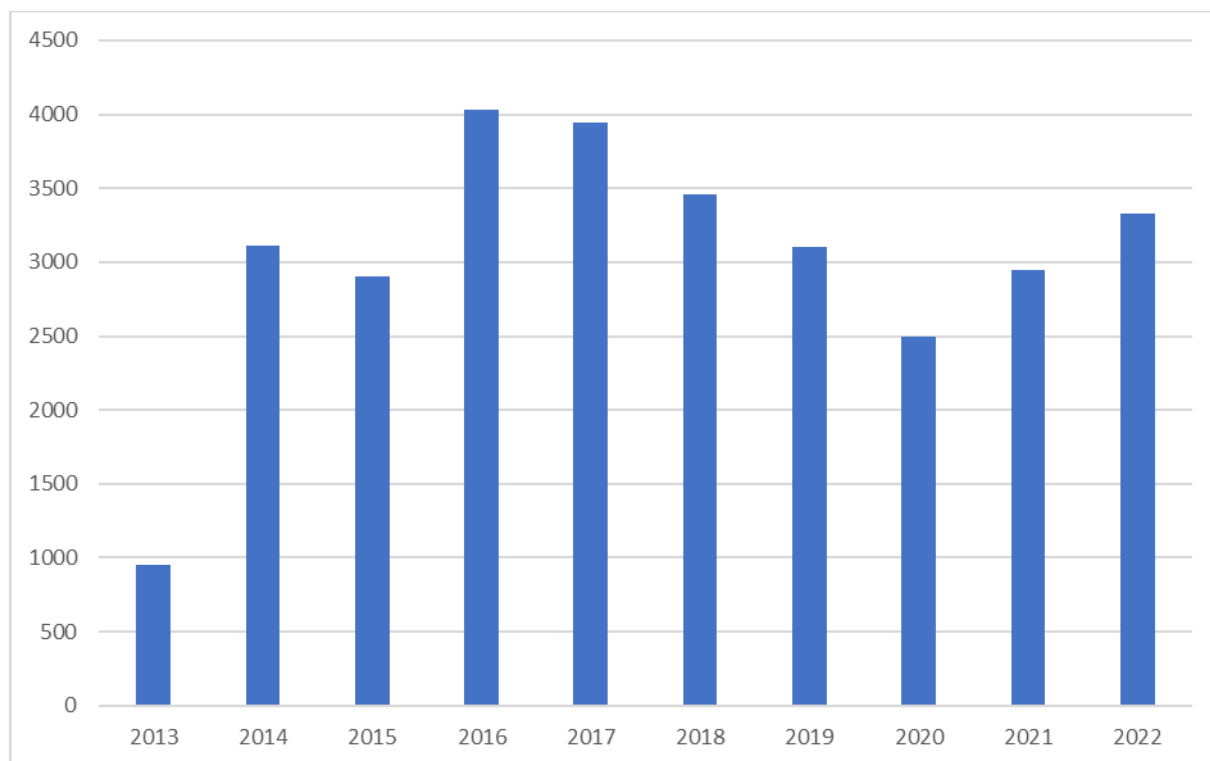


Figure 22 : Évolution du nombre de fûts plastiques de déchets FA-VC produits sur la période 2013-2022

La faible production annuelle de fûts plastiques de déchets FA-VC constatée en 2013 est liée à la réorientation de ces déchets vers un conditionnement en fût métallique, à la suite de l'arrêt administratif de l'incinérateur Centraco entre septembre 2011 et juillet 2012.

Production de concentrats d'évaporateur (déchets de procédé de faible et moyenne activité à vie courte – FAMA-VC)

Les concentrats d'évaporateur produits par le CNPE de Gravelines sont exclusivement conditionnés en coques béton pour stockage au CSA car les capacités de la filière incinération ne permettent actuellement de traiter que les concentrats produits par les CNPE 1300MWe, N4 et Fessenheim (pas de conditionnement en coque possible sur ces CNPE).

La Figure 23 présente l'évolution du nombre de coques de concentrats produites par le CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022.

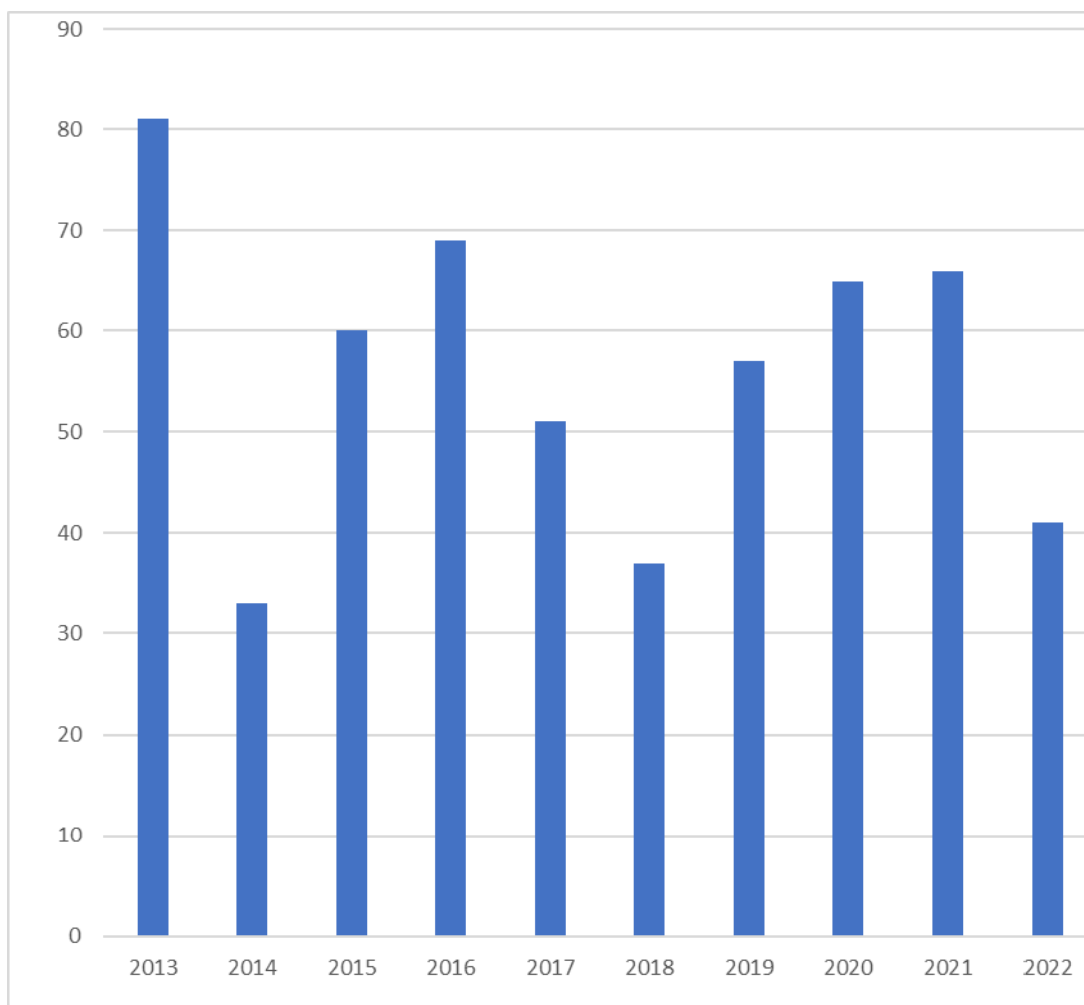


Figure 23 : Évolution du nombre de coques de concentrats produites sur la période 2013-2022

Les pratiques d'exploitation de l'évaporateur de traitement des effluents usés ont été fiabilisées afin d'optimiser les quantités de concentrats conditionnés en coques.

Production de déchets technologiques et filtres d'eau de moyenne activité à vie courte

La Figure 24 présente la production de déchets technologiques et de filtres d'eau de Moyenne Activité à Vie Courte (MA-VC) conditionnés en coque béton sur la période 2013 – 2022 par le CNPE de Gravelines.

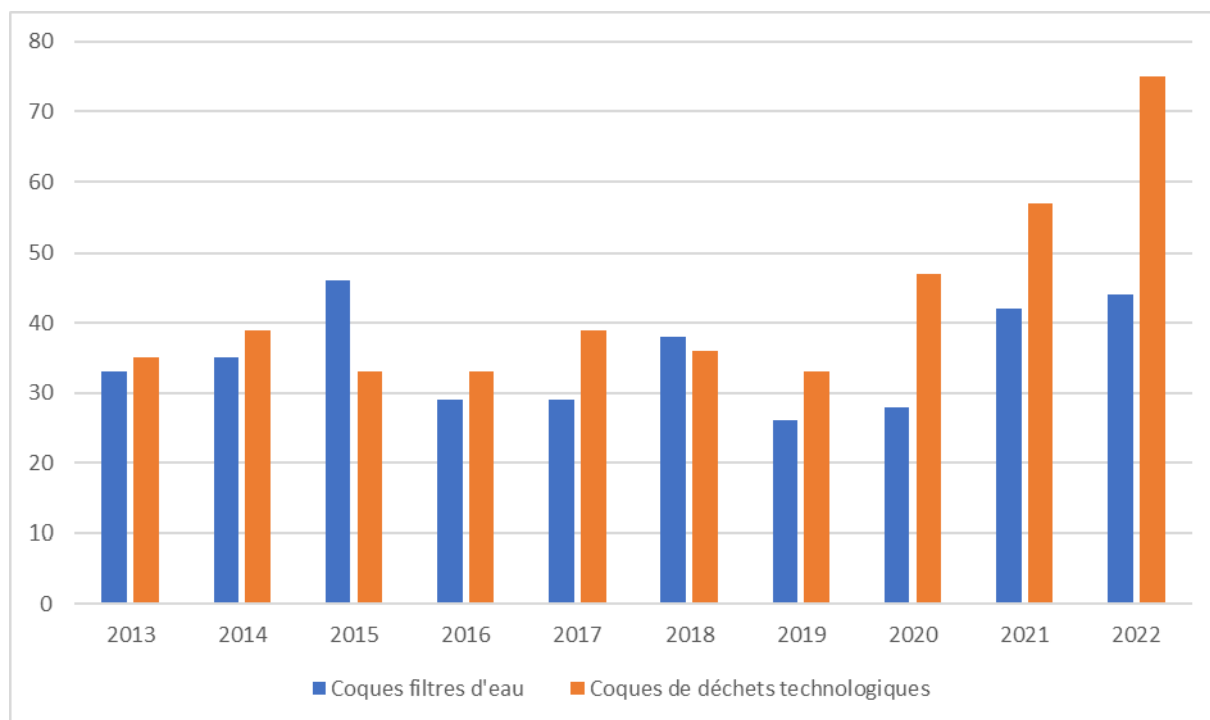


Figure 24 : Coques de filtres d'eau et de déchets technologiques produites par le CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022

Actions engagées

Afin d'optimiser la gestion des déchets et d'en limiter la production, deux actions majeures ont été engagées par EDF au niveau national :

- Désentreposage des déchets des aires TFA et outillages obsolètes des aires AOC :

Les enjeux associés aux aires d'entreposage du Parc EDF en exploitation sont d'ordre :

- Réglementaire : l'arrêté INB demande à l'exploitant de définir des durées d'entreposage adaptées à la nature des déchets et aux caractéristiques des installations d'entreposage. Des durées d'entreposage de référence ont donc été établies, pour l'ensemble des installations et aires d'entreposage des déchets, y compris pour l'aire TFA. Il était donc nécessaire de procéder à un état des lieux des déchets présents sur les aires, car sur certains CNPE, des déchets sont entreposés depuis plusieurs années ou la date exacte

de mise en entreposage sur l'aire TFA n'est pas connue.

- Opérationnel : la volumétrie supplémentaire de déchets et de matériels liée à certaines opérations de maintenance, en particulier celles réalisées dans le cadre des programmes Grand Carénage et Post-Fukushima, nécessite de libérer les aires et/ou des capacités d'entreposage, le taux d'encombrement actuel de ces aires étant important pour certaines.

Afin de répondre à ces enjeux, une affaire a été mise en place par EDF sur l'ensemble du Parc. Son objectif est de désentreposer 1 000 conteneurs de déchets anciens et d'outillages à rebuter des aires TFA et AOC sur 10 ans, via la mise en place d'une prestation de démantèlement et de conditionnement spécifique¹⁶.

Pour ce faire, les conteneurs sont transportés vers des bases externes où leur contenu est démantelé, conditionné ou reconditionné conformément aux spécifications d'acceptation des filières de traitement (Centrac) et de stockage (Andra). Les conteneurs eux-mêmes seront, en fonction de leur état et des besoins du Parc, démantelés ou remis en conformité vis-à-vis de la réglementation transport.

Le premier conteneur a été désentreposé en décembre 2015. À fin 2021, 584 conteneurs ont été évacués vers une base externe, en vue de leur démantèlement et du conditionnement des déchets associés. La cible est l'évacuation de 100 conteneurs par an en moyenne à l'échelle du Parc. Un REX technico-économique a été établi pour optimiser la stratégie de gestion et fiabiliser les dispositions de traçabilité mises en œuvre.

- Limitation des impacts déchets associés aux activités de maintenance : cas des nettoyages préventifs des générateurs de vapeur (NPGV).

Les nettoyages des générateurs de vapeur réalisés jusqu'en 2010, dits nettoyages chimiques curatifs (NCGV) conduisaient à la production d'effluents de lessivage en grande quantité, qui étaient entreposés sur site dans des conteneurs métalliques double enveloppe et soumis à une durée maximum

¹⁶ Concernant le CNPE de Gravelines, 31 conteneurs ont été évacués à fin 2020, et aucun besoin supplémentaire n'est identifié d'ici 2025.

d'entreposage prescrite par l'ASN. La seule filière d'élimination disponible pour ces effluents, du fait de leurs caractéristiques, était la filière incinération Centraco. Des difficultés ont été rencontrées par EDF pour respecter les durées d'entreposage définies, du fait des capacités de traitement de Centraco et de l'évolution à la hausse du programme de nettoyage envisagé initialement.

Des parades ont été mises en œuvre pour permettre le traitement de ces déchets. Néanmoins EDF a pris la décision de revoir sa stratégie de maintenance globale des générateurs de vapeurs, afin d'en améliorer la performance environnementale en :

- Limitant les durées d'entreposage des effluents sur site.
- Réduisant la nocivité et le volume des déchets induits par les différentes opérations de maintenance.

Trois procédés de traitement des effluents de nettoyage préventif des générateurs de vapeur ont ainsi été développés par les prestataires en charge de ces opérations de maintenance. Ces procédés reposent sur un principe commun, consistant :

- En une ou plusieurs étapes d'oxydation de la matière organique présente dans ces effluents.
- En un post-traitement de l'effluent traité par décantation, puis passage sur filtres et/ou résines du liquide surnageant.

Ces traitements visent à obtenir :

- Des déchets ultimes (solides) dans des volumes limités et compatibles avec les critères d'acceptation des filières.
- Une phase liquide après traitement compatible avec les autorisations de rejets.
- Des effluents gazeux caractérisés, quantifiés dans des volumes aussi limités que raisonnablement possible.

A l'heure actuelle, deux procédés sont qualifiés et industrialisés :

- Le procédé de type Fenton, développé par Areva (désormais mis en œuvre par Framatome) ; la Mise en Service Industrielle (MSI) a été réalisée avec succès au second semestre 2012 sur le CNPE de Cattenom. Conformément aux objectifs fixés, cette opération a permis de traiter environ 1000 m³ d'effluents et a produit 12 tonnes de

déchets solides ultimes compatibles avec les spécifications d'acceptation du CIREs ANDRA (boues, résines échangeuses d'ions) et de Centraco (filtres d'eau) ainsi que 1000 m³ d'effluents « épurés » finaux redevables d'un rejet à l'environnement. À la suite de cette MSI, 11 autres opérations ont été réalisées dans le prolongement des lessivages des générateurs vapeurs avec des performances équivalentes, conformes aux attendus.

- Le procédé de type OHT (oxydation hydrothermale), développé par le GME Westinghouse / Veolia : la Mise en Service Industrielle (MSI) a été réalisée avec succès au second semestre 2013 sur le CNPE de Gravelines. Cette opération a permis de traiter environ 1100 m³ d'effluents conformément aux objectifs fixés (20 tonnes de déchets solides ultimes compatibles avec les spécifications d'acceptation du Cires ANDRA, effluents « épurés » finaux redevables d'un rejet à l'environnement). Il n'y a pas eu d'autre opération sur le CNPE de Gravelines depuis. Suite à cette MSI, 10 autres opérations ont été réalisées dans le prolongement des lessivages GV (performance conforme aux attendus).

Un troisième procédé, développé par COMEX, a fait l'objet d'une MSI en juillet 2015 sur le CNPE de Dampierre. Toutefois, cette opération n'a pas été menée à son terme car les premiers résultats n'étaient pas à l'attendu. Par ailleurs, le prestataire n'a pas été en capacité d'intégrer le bilan de cette opération pour assurer la reprise de la conception de son procédé dans les délais fixés par EDF et compatibles avec les échéances réglementaires. Les effluents associés ont été expédiés à Centraco.

❖ Bilan des déchets conventionnels

Entreposage

La gestion des déchets conventionnels a amené le CNPE de Gravelines à utiliser une aire de transit spécialement aménagée, afin d'optimiser les entreposages, le transport et les filières de valorisation et de traitement. Cette aire est associée aux points de collecte disposés au plus près des lieux de production.

Sa conception et son exploitation permettent :

- De connaître et de contrôler les flux de déchets.

- De maîtriser les impacts sur les intérêts protégés et de satisfaire aux exigences réglementaires applicables, en favorisant notamment le réemploi, le recyclage et la valorisation.

L'aire de transit permet la collecte sélective, le tri, le regroupement et l'entreposage des déchets assurant l'optimisation des filières d'élimination (niveaux de gestion). Le regroupement permet également de faciliter la gestion du transport des déchets et de respecter les durées d'entreposage réglementaires.

Production de déchets conventionnels

Les déchets conventionnels sont répartis en trois catégories : les déchets dangereux, les déchets inertes et les déchets industriels banals (non dangereux, non inertes).

Les figures 25, 26 et 27 présentent le bilan de production annuelle de chacune des catégories de déchets sur la période 2013 – 2022 par le CNPE de Gravelines.

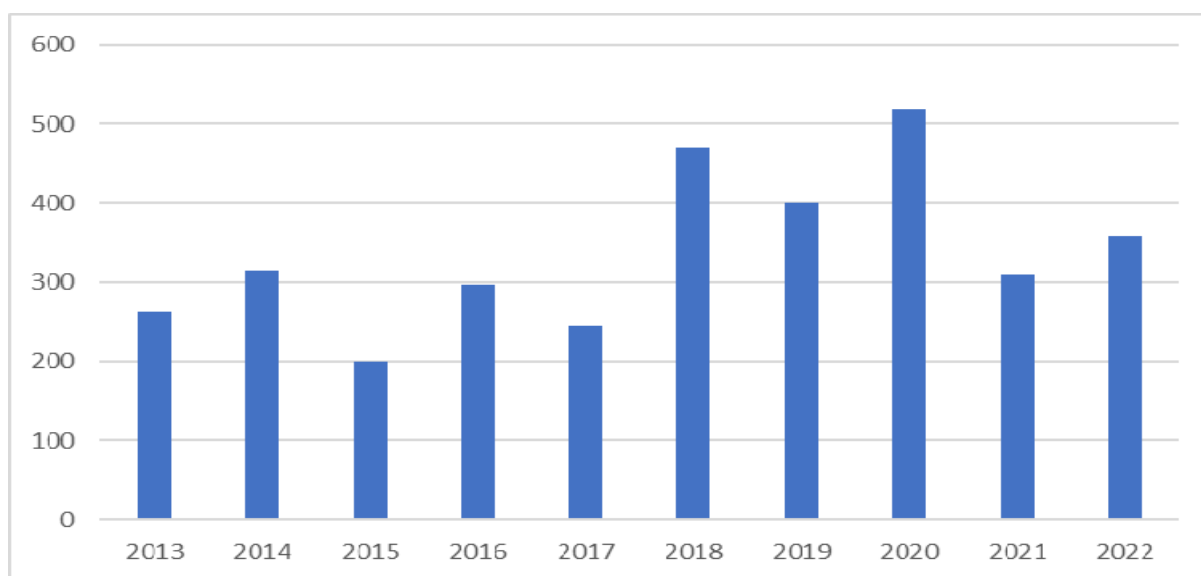


Figure 25 : Évolution de la production de déchets dangereux (en tonnes) sur la période 2013-2022

La production de déchets dangereux est en moyenne de 337 tonnes par an et est proportionnelle à la volumétrie des chantiers de maintenance.

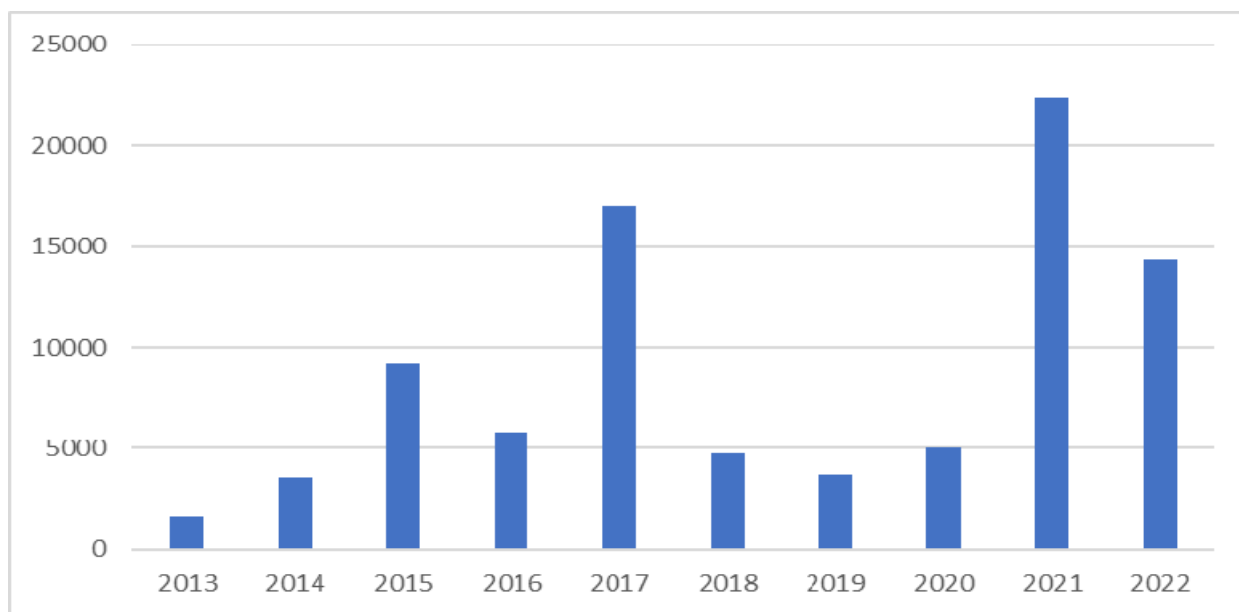


Figure 26 : Évolution de la production de déchets inertes (en tonnes) sur la période 2013-2022

La production plus importante de déchets inertes est liée à de nombreux chantiers, notamment celui la construction des Diesels d'Ultime Secours (DUS) (2017) et de la construction du réservoir de stockage d'appoint ultime (2021-2022).

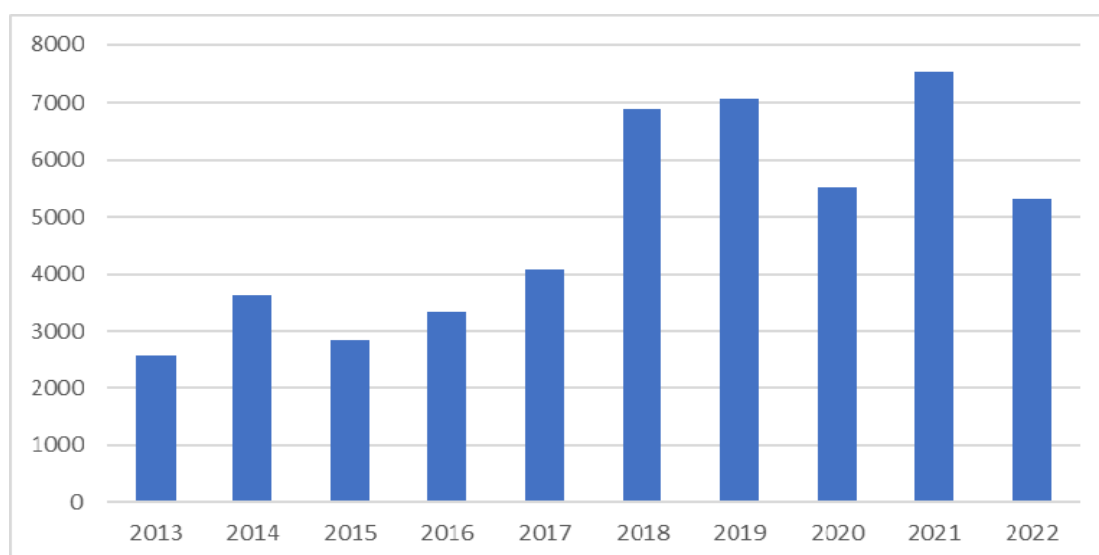


Figure 27 : Évolution de la production de déchets industriels banals (en tonnes) sur la période 2013-2022

L'augmentation des niveaux de production de déchets industriels banals à partir de 2018 est liée aux opérations de maintenance engagées dans le cadre des visites décennales et des chantiers de construction de la butte anti-inondation autour du CNPE et des chantiers post-Fukushima.

D'une manière générale, le CNPE de Gravelines met en œuvre une gestion des déchets conventionnels conforme aux principes définis dans le code de l'environnement à savoir :

- Réduire la production et la dangerosité des déchets industriels conventionnels avec une gestion optimisée de ces déchets.
- Favoriser le recyclage et la valorisation.

Le CNPE décline la doctrine et les documents de référence élaborés au niveau national par le Groupe d'Animation de la Gestion des Déchets (GAGD), qui est chargé depuis 2006 d'animer la gestion des déchets conventionnels pour l'ensemble des entités d'EDF SA.

Il utilise par ailleurs l'outil national (OGIDE) qui permet de maîtriser les inventaires de déchets ainsi que leurs voies de gestion et qui facilite la transmission des informations à caractère réglementaire.

En complément du suivi de l'indicateur réglementaire (IR) associé à la valorisation des déchets réglementés (emballages, huiles et piles), des objectifs sont également définis annuellement depuis 2008 pour l'ensemble des déchets valorisables (déchets de la « liste verte¹⁷ »).

La Figure 28 présente l'évolution des indicateurs de valorisation des déchets réglementés et de la liste verte sur la période 2013 – 2022.

¹⁷ La liste verte est la liste des déchets conventionnels définissant, pour chaque déchet de la liste, l'opération de valorisation ou d'élimination devant être réalisée pour le déchet.

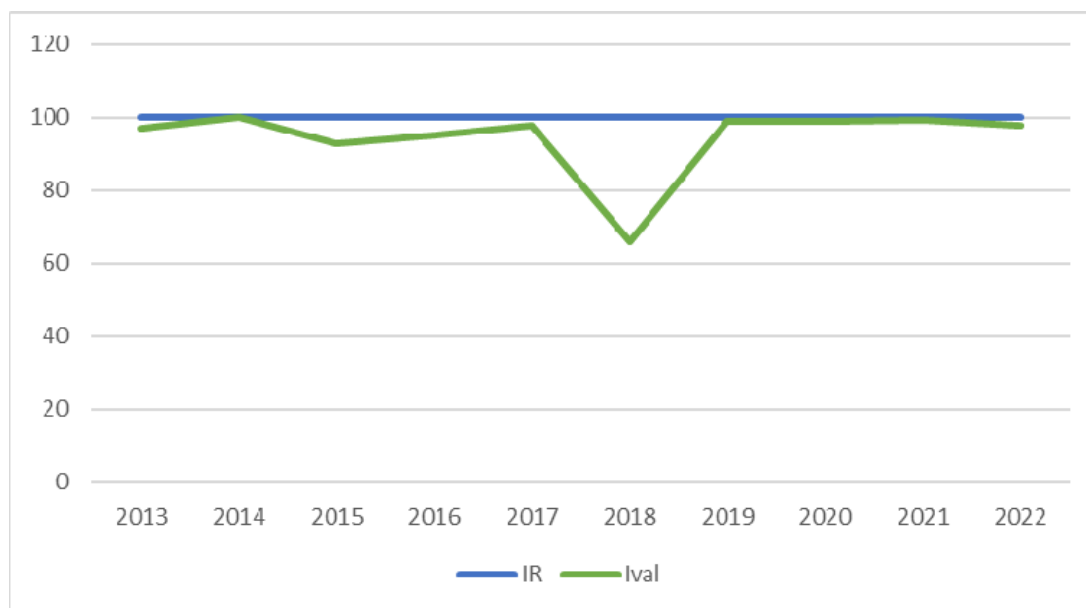


Figure 28 : Évolution des indicateurs de valorisation des déchets réglementés (IR en bleu) et de la liste verte (Ival en vert)

Les résultats mettent en évidence que le CNPE de Gravelines :

- A valorisé l'intégralité des déchets réglementés depuis 2013.
- A fait progresser ses performances en termes de valorisation des déchets de la liste verte, qui s'élèvent à plus de 95 % sur la période.

1.2.4.5. Nuisances

Le CNPE de Gravelines prend en compte dans son organisation la traçabilité des demandes formulées par un particulier ou une organisation et leurs traitements.

Une demande se définit comme une interrogation, un besoin de renseignement, voire un mécontentement, qui peut concerner les installations, le fonctionnement industriel du CNPE ou ses impacts sur l'environnement.

Afin de vérifier si l'installation a engendré des nuisances pour son voisinage ou l'environnement, il a été analysé l'ensemble des demandes reçues entre 2014 (correspondant au début de l'archivage des questions et des réponses par le CNPE) et 2022.

Sur la période étudiée, deux demandes relatives à des nuisances ont été relevées en 2018 et 2019 concernant la présence de boules bleues sur la plage.

Ces boules, en caoutchouc naturel vulcanisé, sont issues d'un système de nettoyage complémentaire des tubes des condenseurs des circuits secondaires (partie non nucléaire de l'installation). Elles sont injectées dans le circuit en amont du condenseur et récupérées en sortie du condenseur par un filtre qui « piège » les boules.

Début 2018, des inétanchéités ont été constatées sur un certain nombre de filtres, qui sont à l'origine d'un rejet de boules. Suite à ce constat, un plan d'action a été mis en œuvre, privilégiant dans un premier temps l'isolement des filtres concernés afin de stopper les rejets de boules. De plus, une réflexion a été engagée afin de renforcer la surveillance et l'exploitation du système d'injection et de récupération des boules. Le phénomène ne s'est plus reproduit depuis.

1.3. Conclusion

Le CNPE de Gravelines met en œuvre une organisation pour la maîtrise des inconvénients que l'installation présente pour les intérêts protégés (certification ISO 14001, optimisation des rejets d'effluents et des déchets, surveillance de l'environnement, préservation de la biodiversité) et pour le respect des règles relatives à la maîtrise des inconvénients qui lui sont applicables.

L'analyse du retour d'expérience et les vérifications réalisées lors du réexamen périodique pour évaluer la situation de l'installation au regard des règles relatives à la maîtrise des inconvénients qui lui sont applicables montrent que :

- Le CNPE est organisé afin d'assurer en permanence la maîtrise de sa conformité à la réglementation, en lien avec les inconvénients que l'installation présente pour les intérêts protégés. Ainsi, le CNPE a mis en place des actions sur toutes les exigences identifiées en gestion de conformité et suit leur mise en œuvre. Par ailleurs, il poursuit l'analyse des exigences dont l'état de conformité est à définir.
- La gestion des événements significatifs est bien intégrée dans le système de gestion intégré du CNPE. Les actions correctives ont été engagées pour tous les événements recensés sur le CNPE pendant la période de référence. Plusieurs récurrences ont été identifiées et corrigées efficacement. Des actions se poursuivent pour éviter que ces événements ne se reproduisent. Parmi les événements significatifs, seul un écart est lié au non-respect d'une exigence définie pour une AIP en lien avec la maîtrise des inconvénients. Pour cet écart, des actions ont été mises en œuvre et leur efficacité est démontrée par l'absence de récurrence. Quatre écarts sont liés à un non-respect d'une exigence définie pour un EIPi, les actions sont en

cours de déploiement. De plus cette analyse ne met pas en évidence d'autre équipement concourant à la protection des intérêts qui nécessiterait une vérification plus poussée.

- L'organisation du CNPE lui permet de respecter les exigences définies afférentes aux EIPi ainsi que les dispositions de maintenance et surveillance in situ associées. En effet, les vérifications réalisées lors du réexamen périodique montrent que toutes les dispositions de maintenance, contrôles et essais prévues ont été effectuées in situ dans le respect des échéances.
- Les causes des variations des rejets d'effluents du CNPE sont bien identifiées et aucun dépassement de limites de rejet qui serait lié à une défaillance de matériel n'a été constaté : il n'est pas identifié d'équipement non classé EIPi, mais concourant à la protection des intérêts, qu'il serait nécessaire d'intégrer à la liste des EIPi du CNPE.
- Le bilan de la gestion des déchets sur la période 2013 – 2022 montre que le CNPE a progressé sur la maîtrise de la gestion des déchets.

L'organisation du CNPE de Gravelines lui permet de maîtriser sa conformité aux règles applicables et d'assurer la maîtrise des inconvénients que l'installation présente pour les intérêts protégés.

CHAPITRE 2 : REEVALUATION

SOMMAIRE CHAPITRE 2

CHAPITRE 2 : REEVALUATION	538
2. ACTUALISATION DE L'APPRECIATION DES INCONVENIENTS QUE LE CNPE PRESENTE POUR LES INTERETS PROTEGES	540
2.1. ANALYSE DES PERFORMANCES DES MOYENS DE PREVENTION ET REDUCTION DES IMPACTS ET NUISANCES ENGENDRES PAR LE CNPE AU REGARD DE L'EFFICACITE DES MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES	540
2.2. ANALYSE DE L'ETAT CHIMIQUE ET RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT AU VOISINAGE DU CNPE	543
2.2.1. ANALYSE DE L'ETAT CHIMIQUE ET ECOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT AU VOISINAGE DU CNPE	543
2.2.2. ANALYSE DE L'ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT AU VOISINAGE DU CNPE	548
2.3. ANALYSE DE L'ETAT CHIMIQUE ET RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LE CNPE (ETAT DES SOLS)	550
2.4. ELEMENTS PERMETTANT LE REEXAMEN DES LIMITES DE REJET DES SUBSTANCES MENTIONNEES DANS LE TABLEAU ANNEXE A L'ARTICLE R. 211-11-1 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT	556
2.5. BILAN DES ETUDES MENEES, ETAT DES ETUDES RESTANT À CONDUIRE ET ECHEANCIER PREVISIONNEL DU RECONDITIONNEMENT DES DECHETS	557
2.6. ELEMENTS PERMETTANT LE REEXAMEN DES PRESCRIPTIONS ASSOCIEES AU CONTROLE PERMANENT DE LA RADIOACTIVITE OU AU DOUBLEMENT DES CHAINES DE MESURE	567
2.7. MESURE DES NIVEAUX D'EMISSION SONORE DU CNPE	567

CHAPITRE 2 : REEVALUATION

2.1. Analyse des performances des moyens de prévention et réduction des impacts et nuisances engendrées par le CNPE au regard de l'efficacité des meilleures techniques disponibles

L'article 1.3.1 de la décision environnement dispose que : « *l'exploitant réalise périodiquement une analyse des performances des moyens de prévention et réduction des impacts et nuisances engendrés par l'installation nucléaire de base au regard de l'efficacité des meilleures techniques disponibles en [...] ».*

L'analyse des performances des moyens de prévention et réduction des impacts et nuisances engendrés par le CNPE de Gravelines au regard de l'efficacité des Meilleures Techniques Disponibles, dite analyse MTD, porte sur les dispositions de conception, les pratiques d'exploitation et la démarche d'optimisation mises en œuvre par EDF sur le CNPE de Gravelines.

Le périmètre de l'analyse MTD est défini en lien avec les inconvénients mentionnés à l'article 4.1 de l'arrêté INB, en application du principe de proportionnalité aux enjeux tel que décrit à l'article 1.1 de ce même arrêté. Les inconvénients que le CNPE de Gravelines présente pour les intérêts protégés retenus dans le cadre de cette analyse sont liés aux :

- Prélèvements et consommation d'eau.
- Rejets d'effluents radioactifs et chimiques.
- Rejets thermiques.
- Déchets radioactifs et conventionnels.
- Nuisances liées aux émissions sonores.

L'analyse MTD a donc porté sur :

- Les rejets d'effluents radioactifs et chimiques, les déchets et les émissions sonores occasionnés par les installations liées au process des îlots nucléaire et conventionnel (cf. Figure 29).
- Les prélèvements et consommation d'eau, les rejets d'effluents chimiques et les déchets occasionnés par les installations auxiliaires de l'îlot conventionnel (cf. Figure 29).
- Les prélèvements et consommation d'eau, les rejets d'effluents chimiques et les rejets thermiques occasionnés par la source froide (cf. Figure 29).

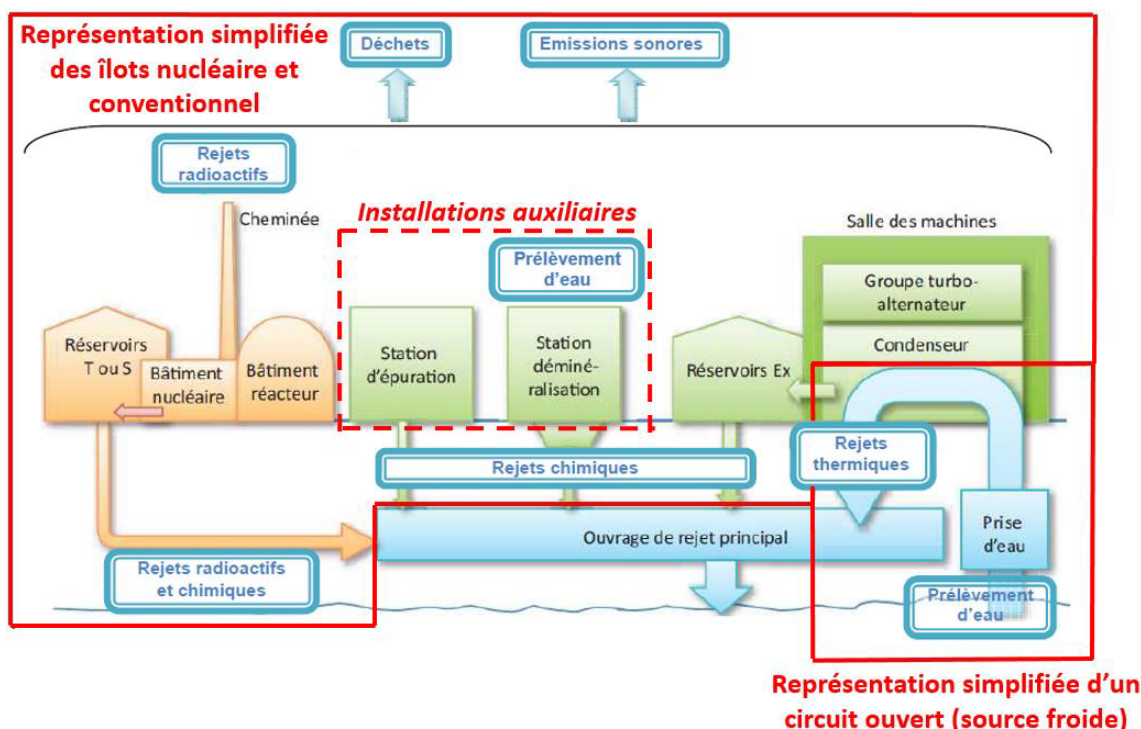


Figure 29 : Présentation schématique des îlots nucléaire et conventionnel et de la source froide ainsi que des inconvénients associés (CNPE en bord de mer, refroidi en circuit ouvert)

L'analyse MTD réalisée montre que la prévention et la réduction des inconvénients et des déchets occasionnés par le CNPE de Gravelines sont assurées par un ensemble de dispositions de conception, d'exploitation et de surveillance. Ces dispositions ont été optimisées au fil des années pour répondre aux évolutions environnementales, techniques et réglementaires. Leur choix est le résultat d'un travail d'analyse visant à définir un optimum global au regard de l'ensemble des contraintes environnementales et techniques, des exigences réglementaires et des coûts.

Par ailleurs, la réalisation d'une veille technologique ainsi que la connaissance et l'analyse des pratiques internationales et des guides reconnus permettent de valider les choix techniques et stratégiques faits par EDF. Ils contribuent également à la démarche d'amélioration continue des performances environnementales du CNPE de Gravelines.

En conclusion :

- Concernant les prélèvements et la consommation d'eau :
 - Les dispositions de conception et d'exploitation mises en œuvre pour la partie source froide sont en adéquation avec les

- préconisations du BREF ICS (2001) et des guides internationaux reconnus.
- Les dispositions de conception, d'exploitation et de surveillance mises en place par le CNPE de Gravelines pour les installations auxiliaires de l'îlot conventionnel (par exemple la station de production d'eau déminéralisée) permettent de limiter l'inconvénient associé aux prélèvements et à la consommation d'eau.
 - Concernant les rejets :
 - Les dispositions techniques et les pratiques d'exploitation mises en œuvre à l'échelle du CNPE (installations liées au process et installations auxiliaires), pour la prévention et la réduction des rejets, sont en adéquation avec celles reconnues et mises en œuvre à l'international. En particulier, les niveaux de rejets du CNPE de Gravelines sont comparables à ceux des sites nucléaires de production d'électricité à l'international.
 - Les dispositions de conception et d'exploitation de la source froide mises en œuvre concernant les rejets chimiques comme par exemple ceux induits par les traitements biocides, et les rejets thermiques, sont en adéquation avec les préconisations du BREF ICS (2001) et des guides internationaux reconnus.
 - Concernant les déchets :
 - Leur gestion, de leur production à leur évacuation, est optimisée à l'échelle du CNPE, en adéquation avec les filières d'élimination et/ou de traitement identifiées comme MTD. L'analyse du retour d'expérience du Parc nucléaire en production et des dispositions mises en place par les exploitants étrangers permet de disposer d'une vision d'ensemble des bonnes pratiques nationales et internationales et de contribuer à la démarche d'amélioration continue mise en place au sein d'EDF.
 - Concernant les émissions sonores :
 - Leur maîtrise est assurée d'une part par la mise en place de mesures de limitation des niveaux de bruit des équipements et d'autre part par la garantie du respect des niveaux sonores réglementaires par la réalisation de campagnes de mesure périodiques.

Au vu des enjeux environnementaux et des contraintes locales du CNPE de Gravelines, ses performances environnementales globales permettent de considérer l'ensemble des dispositions mises en œuvre comme équivalentes à des MTD.

2.2. Analyse de l'état chimique et radiologique de l'environnement au voisinage du CNPE

Conformément à l'article 3.3.6 de la décision environnement : « l'exploitant réalise périodiquement une analyse de l'état chimique et radiologique de l'environnement portant sur l'installation et son voisinage, proportionnée à l'activité et aux enjeux ».

L'analyse de l'état chimique et radiologique de l'environnement au voisinage du CNPE est réalisée à partir des données de la surveillance pérenne de l'environnement. Elle est présentée aux paragraphes I-2.2.1 et I-2.2.2.

Pour l'état chimique et radiologique de l'environnement sur le CNPE, les sols (réceptacle) constituent la matrice la plus adaptée pour réaliser cette analyse. Elle est présentée au Volet II- Chapitre II - § I-2.3, le I de l'article 3.3.7 de la décision environnement disposant en outre que : « Pour les activités impliquant la production, l'utilisation et le rejet de substances radioactives ou non radioactives susceptibles de contaminer le sol et les eaux souterraines, l'analyse mentionnée à l'article 3.3.6 comprend un état des sols de son installation ».

2.2.1. Analyse de l'état chimique et écologique de l'environnement au voisinage du CNPE

L'analyse de l'état chimique et écologique de l'environnement au voisinage du CNPE de Gravelines a consisté en une analyse spatiale (différences entre les stations sous influence ou hors influence des rejets du CNPE de Gravelines) et temporelle (tendances évolutives entre 2011 et 2020) des valeurs des paramètres chimiques, physico-chimiques et biologiques de la Mer du Nord.

Les données utilisées sont celles de la surveillance réglementaire de l'environnement du CNPE qui comprend :

- La surveillance du domaine pélagique avec l'étude des paramètres physico-chimiques (température, salinité, turbidité, oxygène dissous, sels nutritifs et substances issues du procédé d'électrochloration), microbiologiques (vibrions halophiles) et planctoniques (phytoplancton et zooplancton).
- La surveillance du domaine benthique avec l'étude de la macrofaune benthique intertidale et subtidale.

- La surveillance du domaine halieutique avec l'étude de deux espèces ichtyoplanctoniques (sole et sprat) et d'une espèce de crustacé (crevette grise).

La surveillance règlementaire des domaines cités précédemment est réalisée au niveau de différentes stations situées dans la zone d'influence des rejets du CNPE ou en dehors de cette zone, à proximité du CNPE de Gravelines :

- Pour le domaine pélagique, le suivi est effectué lors de deux campagnes annuelles au niveau des stations canal d'amenée, canal de rejet et contrôle situées dans la zone d'influence des rejets du CNPE et de la station référence, située hors influence du CNPE. Le suivi est complété par des campagnes hebdomadaires à mensuelles au niveau de la station canal d'amenée et/ou canal de rejet.
- Pour le domaine benthique subtidal, le suivi est effectué lors de quatre campagnes annuelles au niveau de la station B, située hors influence du CNPE et de la station C, située dans la zone d'influence des rejets du CNPE. Pour le domaine benthique intertidal, le suivi est effectué lors d'une campagne annuelle, sur l'ensemble de l'estran de Petit-Fort-Philippe.
- Pour le domaine halieutique, le suivi est effectué lors de deux campagnes annuelles au niveau des stations canal d'amenée, contrôle et côtière, toutes les trois situées dans la zone d'influence des rejets du CNPE, et de la station large qui est située hors influence du CNPE.

Les résultats sont les suivants :

Domaine pélagique

Le suivi de la température et de la salinité ne montre pas de différence significative entre les stations canal d'amenée, référence et contrôle et les variations interannuelles constatées sont principalement dues aux variations climatiques et/ou saisonnières. Si la température mesurée au canal de rejet est plus élevée que sur les autres stations, le panache thermique des eaux rejetées par le CNPE de Gravelines reste localisé et le delta de température entre le canal d'amenée et le canal de rejet est stable au cours de la période d'étude.

Les paramètres physico-chimiques étudiés, à savoir la turbidité et l'oxygène dissous, ne présentent pas d'évolution notable au cours de la période d'étude. De plus, aucune différence spatiale n'est mise en évidence entre les points de suivis, qu'ils soient sous influence ou hors influence des rejets du CNPE.

Les nutriments (phosphates, ammonium, nitrates, nitrites et silicates) suivent des variations saisonnières classiquement observées sur les zones côtières, avec un stock minimal au printemps en lien avec leur consommation par le phytoplancton. Les concentrations en nutriments sont plus élevées au niveau du canal de rejet (sauf pour les phosphates) qu'au niveau de la station référence mais ne sont pas significativement différentes des valeurs mesurées au niveau du canal d'amenée.

Les éléments chimiques suivants : chlore résiduel et haloformes sont recherchés aux stations canal d'amenée et rejet. Le chlore résiduel est régulièrement détecté, en faible quantité, dans le canal de rejet, principalement en été, lorsque la température de l'eau du canal d'amenée est supérieure à 10° C et que le CNPE de Gravelines est autorisé à injecter du chlore (procédé d'électrochloration). Le bromoforme, haloforme issu de la transformation du chlore actif rejeté, est fréquemment détecté dans le canal de rejet en faible quantité, dans des concentrations toujours inférieures à 50 µg/L, conformément à l'arrêté du 7 novembre 2003. Les bromophénols, composés issus de l'électrochloration, sont quant à eux recherchés uniquement au canal de rejet où ils sont détectés ponctuellement sur la période d'étude, en faibles quantités. Les résultats ne montrent pas de modifications sensibles des caractéristiques chimiques du milieu marin à proximité du CNPE de Gravelines.

Le phytoplancton est principalement composé de Diatomées et de Cryptophycées, assemblage qui est typique des eaux de Manche – Mer du Nord. L'abondance phytoplanctonique fluctue de manière cyclique en fonction des saisons, avec des valeurs élevées en été et plus faibles en automne. Aucune tendance décennale n'est observée sur ce paramètre. Les concentrations en chlorophylle a et phéopigments ne présentent pas de différence significative entre stations et ne présentent pas d'évolution temporelle notable sur la période d'étude. Aucun effet relatif du fonctionnement du CNPE de Gravelines n'est mis en évidence sur ce compartiment.

Le zooplancton est constitué en majorité d'organismes holoplanctoniques. L'abondance et la succession des groupes zooplanctoniques étudiés sont conformes à ce qui est habituellement observé à proximité du CNPE de Gravelines et sont caractéristiques des milieux tempérés de la Manche Est et de la Mer du Nord. Aucune tendance évolutive n'est observée sur la période d'étude et aucune différence significative n'est observée entre les stations de suivis. Il n'est donc pas mis en évidence d'influence du fonctionnement du CNPE de Gravelines sur les communautés zooplanctoniques.

L'étude des paramètres microbiologiques montre que l'évolution des vibrions halophiles est hétérogène au cours des années. Leur abondance, corrélée à la température de l'eau, est globalement plus élevée au niveau du canal de rejet. En effet, le transit de l'eau de mer dans le CNPE et dans la ferme aquacole entraîne une multiplication des vibrions dans le canal de rejet. Toutefois les abondances de vibrions sont moins élevées au niveau des autres stations de surveillance, ce qui montre que cette influence reste localisée et circonscrite.

Domaine benthique

Le domaine benthique intertidal est caractérisé par des sédiments constitués majoritairement de sables fins et moyens. La dynamique spatio-temporelle de la macrofaune benthique intertidale peut être gouvernée par des fluctuations naturelles de l'environnement ou refléter une dégradation générale de la qualité écologique de l'écosystème, sans qu'aucune incidence du fonctionnement du CNPE de Gravelines sur ce compartiment ne soit mise en évidence. Les différences interstationnelles s'expliqueraient plutôt par la bathymétrie ou la granulométrie des sédiments rencontrés.

L'abondance, la biomasse et la richesse spécifique de la macrofaune benthique subtidale sont plus importantes au niveau de la station B, la plus éloignée à l'ouest du point de rejet du CNPE. Cela pourrait s'expliquer par la granulométrie (sédiments plus grossiers), la salinité de la zone et l'effet des courants engendrés par les rejets du CNPE au niveau de la station C. Cette influence hydrodynamique du CNPE est cependant limitée au champ proche des rejets. De plus, l'indice AMBI¹⁸ reflète un état écologique similaire entre les deux stations. Le fonctionnement du CNPE de Gravelines n'a pas d'influence notable sur le domaine benthique subtidal.

Domaine halieutique

Concernant la macrofaune halieutique, les abondances de sole et de sprat ne suivent aucune tendance particulière sur la période d'étude. La crevette grise, quant à elle, semble en déclin sur cette même période (toutes stations confondues). Les paramètres suivis dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE de Gravelines ne permettent pas de déterminer les causes exactes de cette diminution. D'un point de vue spatial, aucune différence significative n'est observée entre les stations suivies.

¹⁸ Indice marin de la qualité écologique du benthos de substrat meuble. Il est dérivé des abondances relatives de cinq groupes écologiques définis selon un gradient de sensibilité/tolérance à un stress environnemental.

Pour l'ichtyoplancton (œufs et larves de sole et de sprat) et les larves de crevettes grises, il n'existe pas de tendance décennale claire mais il y a quelques différences interstationnelles. La station large présente des abondances d'œufs non-embryonnés de sprat plus élevées que les stations canal d'amenée et côte. Les abondances d'œufs et de larves de sole ainsi que des larves de crevettes grises ne sont pas significativement différentes entre stations. Les résultats ne mettent pas en évidence une influence du fonctionnement du CNPE de Gravelines sur le domaine halieutique.

En conclusion, les paramètres étudiés ne présentent pas de variabilité spatiale ou temporelle marquée, hormis les vibrions halophiles et le benthos subtidal, qui peuvent montrer une différence interstationnelle circonscrite et limitée d'un point de vue spatial, sans incidence notable pour l'environnement marin.

L'analyse de l'ensemble des éléments acquis dans le cadre de la surveillance de l'environnement aquatique marin du CNPE de Gravelines permet donc de conclure à l'absence d'influence notable résultant de son fonctionnement.

2.2.2. Analyse de l'état radiologique de l'environnement au voisinage du CNPE

L'analyse de l'état radiologique de l'environnement au voisinage du CNPE de Gravelines s'appuie sur les études radioécologiques annuelles et décennales. Elle comprend une comparaison des résultats d'analyses obtenus lors de l'état de référence (ou point « zéro ») établi avant la mise en service du CNPE.

Les principales conclusions de cette analyse pour la période 2011 – 2020 sont les suivantes :

- La radioactivité présente dans l'environnement terrestre et aquatique au voisinage du CNPE de Gravelines est majoritairement d'origine naturelle et est essentiellement due au potassium 40 et au béryllium 7.
- Dans l'environnement terrestre au voisinage du CNPE de Gravelines, la radioactivité d'origine artificielle provient majoritairement des retombées des essais nucléaires aériens et de l'accident de Tchernobyl, ainsi que de celui de Fukushima Daiichi dans une moindre mesure. Ces événements sont à l'origine de la détection des césiums 134 et 137 et, uniquement pour les essais nucléaires, de strontium 90 et de radionucléides émetteurs alpha (plutonium 238, plutonium 239 et 240 et américium 241). La présence des radionucléides émetteurs alpha

précités, ainsi que de curium 244 dans les mousses terrestres prélevées en zone littorale en 2013, peut également avoir pour origine possible les rejets liquides des installations de La Hague via le dépôt d'embruns marins. Les retombées des essais nucléaires aériens participent également au niveau ambiant en tritium et carbone 14. Ces deux derniers radionucléides sont par ailleurs produits par voie naturelle et font également partie des radionucléides présents dans les rejets d'effluents liquides des installations du CNPE. La présence ponctuelle de cobalt 60 et d'argent 110 métastable peuvent être attribuées aux rejets d'effluents liquides des installations implantées en Manche et Mer du Nord, notamment des installations de La Hague et dans une moindre mesure du CNPE de Gravelines (et des autres CNPE de la façade Manche), transportés sur la frange littorale côtière via les embruns marins.

À l'exception d'un marquage¹⁹ local en tritium et en carbone 14 dans certains végétaux à proximité immédiate du CNPE, aucune autre contribution des rejets d'effluents du CNPE de Gravelines aux activités mesurées dans l'environnement terrestre au voisinage du site n'est mise en évidence. L'impact associé aux rejets autorisés d'effluents du CNPE est négligeable.

- Dans l'environnement aquatique au voisinage du CNPE de Gravelines, la radioactivité d'origine artificielle peut être classée en trois catégories :
 - Les radionucléides qui ne sont pas présents dans les rejets du CNPE de Gravelines et qui proviennent d'autres sources, notamment les rejets d'effluents des installations de La Hague et les retombées des essais nucléaires aériens (²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu, ²⁴¹Am, ainsi que ⁹⁹Tc, ¹⁰⁶Ru, ²⁴¹Am, ¹²⁹I et ²⁴⁴Cm pour la Hague uniquement).
 - Les radionucléides présents dans les rejets du CNPE, mais ayant d'autres sources potentielles, telles que les rejets d'effluents des installations de La Hague ou ceux associés aux autres CNPE côtiers (¹⁴C, ³H, ⁶⁰Co, ⁶³N, etc.), les retombées atmosphériques des essais nucléaires aériens, et dans une moindre mesure de Tchernobyl (¹³⁷Cs, etc.).
 - Les radionucléides rejetés au cours des dernières années par le CNPE de Gravelines (^{110m}Ag, l'origine de l'^{108m}Ag est

¹⁹ Il est à noter que le mot « marquage » est le terme classiquement usité dans le milieu de la radioécologie pour évoquer la présence mesurable d'un radionucléide dans l'environnement en incrément du bruit de fond, en lien avec une source identifiée. Ce terme ne présage pas des niveaux d'activité quantifiés.

incertaine mais une contribution du CNPE de Gravelines ne peut être exclue).

Dans certaines matrices aquatiques, une influence des rejets autorisés d'effluents liquides du CNPE de Gravelines est visible en champ proche en tritium libre, tritium organiquement lié, carbone 14, cobalt 60, argent 110 métastable et nickel 63. L'analyse de l'ensemble des éléments acquis dans le cadre de la surveillance de l'environnement aquatique du CNPE permet de conclure à l'absence d'influence notable résultant de son fonctionnement.

En conclusion, la radioactivité présente dans l'environnement terrestre et aquatique au voisinage du CNPE de Gravelines est majoritairement d'origine naturelle. La radioactivité d'origine artificielle est quant à elle principalement liée aux rejets autorisés d'effluents radioactifs des installations de La Hague, aux retombées atmosphériques globales des essais nucléaires et des accidents de Tchernobyl et dans une moindre mesure de Fukushima Daiichi, et aux rejets du CNPE de Gravelines et des autres CNPE côtiers (Penly et Paluel).

L'impact des rejets d'effluents radioactifs du CNPE de Gravelines, réalisés dans le respect des limites réglementaires, est négligeable.

2.3. Analyse de l'état chimique et radiologique de l'environnement sur le CNPE (état des sols)

Conformément à l'article 3.3.7 de la décision environnement : « *Pour les activités impliquant la production, l'utilisation et le rejet de substances radioactives ou non radioactives susceptibles de contaminer le sol et les eaux souterraines, l'analyse mentionnée à l'article 3.3.6 comprend un état des sols de son installation* ».

L'analyse de l'état des sols du CNPE de Gravelines s'est appuyée sur les données environnementales du CNPE, de la surveillance des eaux souterraines et sur les diagnostics de sol qui ont été réalisés dans ce cadre.

Le CNPE de Gravelines a fait l'objet de différents travaux d'aménagement qui ont essentiellement consisté en la création d'une plateforme à la cote de 8,5 CM²⁰, par remblaiement hydraulique de sable extrait de l'avant-port de Dunkerque. Ainsi, le terrassement a engendré un léger remblaiement de l'ancien platier (jusqu'à 3 m de remblai) et un déblaiement de l'ancienne dune (1,5 à

²⁰ Cote Marine, 1m NGF = 3,96 CM

4 m de déblai). Une dalle de répartition (dalle ternaïre), de plusieurs mètres d'épaisseur, a été réalisée afin d'homogénéiser les tassements et diminuer les tassements différentiels entre les bâtiments. Les principales installations du CNPE sont situées à l'intérieur d'enceintes géotechniques (une enceinte par paire de réacteurs), qui constituent une barrière aux écoulements des eaux souterraines. La nappe superficielle est contenue dans les remblais mis en place et dans les sables quaternaires sous-jacents. Les écoulements se font en direction de l'avant-port de Dunkerque, d'abord en direction SW / NE le long du flanc sud-est des installations, puis en direction S / N à l'approche du canal d'amenée et de l'avant-port.

Depuis sa mise en exploitation, le CNPE de Gravelines fait l'objet d'une surveillance qualitative et quantitative de la nappe. Cette surveillance a évolué au cours de l'exploitation du CNPE pour s'adapter aux aménagements et à l'évolution des exigences réglementaires. Elle a été optimisée en 2015 pour tenir compte des zones d'intérêts. Pour chaque paramètre surveillé, des seuils ont été établis pour l'ensemble des sites nucléaires : un seuil d'investigation (S1) et un seuil d'action (S2).

L'examen de l'ensemble des mesures de la surveillance chimique des eaux souterraines entre février 2015 et décembre 2020 a porté sur les résultats d'environ 21 400 analyses réalisées sur 37 piézomètres et montre les dépassements suivants :

- Un dépassement du seuil d'investigation en hydrocarbures, pour lequel des recherches sont en cours.
- Quelques dépassements des seuils d'investigation et d'action en phosphates, pour lesquels des investigations complémentaires vont être réalisées.
- Quelques dépassements des seuils d'investigation et d'action en chlorures et sodium, très probablement liés à l'intrusion d'eau de mer dans les eaux souterraines à l'occasion des mouvements de marées. Les investigations pour confirmer cette hypothèse vont être réalisées.
- Des dépassements de seuils en azote kjedahl, nitrites, ammonium et DCO. Des investigations complémentaires sont programmées afin de confirmer le lien entre ces dépassements et l'alimentation de la nappe par les eaux du canal d'amenée.
- Des dépassements isolés du seuil d'investigation en nitrates mais non confirmés par les mesures réalisées les mois suivants.
- 25 piézomètres, situés à l'intérieur des enceintes géotechniques, présentent un pH > 9. Il est probable que la dalle ternaire soit à l'origine des dépassements de seuils compte tenu de sa composition (chaux et laitier). Les injections de bentonite-ciment à des fins de stabilisation dans le sol peuvent également contribuer à l'alcalinisation du milieu.

Les résultats de la surveillance radiologique des eaux souterraines réalisée entre 2015 et 2020 montrent des dépassements des seuils d'investigations et/ou d'action en tritium sur 9 piézomètres localisés à l'intérieur des enceintes géotechniques.

- Un marquage historique en tritium au droit du piézomètre 0 SEZ 005 PZ lié à plusieurs incidents (déversement du réservoir PTR en 1986, inétanchéité des tuyauteries et caniveaux KER). Des mesures de gestion ont été mises en place (excavation de sols impactés et pompages en nappe). En 2020, les activités mesurées en tritium sont inférieures au seuil d'investigation.
- Des dépassements récurrents en tritium du seuil d'investigation depuis juin 2015 au droit du piézomètre 0 SEZ 111 PZ.

- Un marquage historique en tritium du piézomètre 0 SEZ 015 PZ, lié à un déversement d'effluents tritiés dans le cadre d'un chantier de remplacement de tuyauteries KER et SEK. Les terres impactées ont été excavées et envoyées vers une filière agréée. Depuis 2017, les activités sont inférieures au seuil d'investigation.
- Un marquage en tritium sur les piézomètres 0 SEZ 088 PZ, 0 SEZ 114 PZ et 0 SEZ 123 PZ, vraisemblablement lié à des défauts sur les caniveaux KER/SEK. La tendance à la baisse observée depuis la réalisation d'opérations de maintenance réalisées en 2017 semble confirmer cette hypothèse. Les activités en tritium mesurées sur le piézomètre 0 SEZ 088 PZ demeurent néanmoins supérieures au seuil d'investigation avec une tendance à la baisse en 2021.
- Un dépassement ponctuel et isolé en tritium du seuil d'investigation au droit du piézomètre 0 SEZ 086 PZ a été observé en 2018 mais n'a pas été confirmé par les mesures réalisées les mois suivants.
- Des dépassements ponctuels en tritium du seuil d'investigation au droit du piézomètre 0 SEZ 004 PZ. Une tendance à la baisse est observée depuis septembre 2020.
- Des dépassements ponctuels en tritium du seuil d'investigation sur le piézomètre 0 SEZ 052 PZ. Une tendance à la baisse est observée depuis 2016.

Des reconnaissances complémentaires sur les eaux souterraines vont être réalisées afin de déterminer ou confirmer l'origine des différents marquages radiologiques (tritium) observés.

Hors enceinte géotechnique, il n'a pas été observé de dépassement du seuil d'investigation ni pour le tritium, ni pour l'indice de radioactivité beta global.

Une étude des données historiques et environnementales du CNPE de Gravelines a été réalisée en 2016. Elle s'est appuyée sur des recherches documentaires, des témoignages de personnels du CNPE et des visites des installations.

Cette étude historique a permis de synthétiser la gestion du marquage de 1986 survenu à la suite d'un déversement d'eau tritiée au niveau du réservoir PTR du réacteur n° 5 via le cuvelage de la rétention. À la suite de l'incident, l'activité volumique en tritium dans la nappe a atteint 80 000 Bq/L. Les mesures de gestion ont consisté en l'isolement et la décontamination des réseaux impactés, l'excavation des sols impactés et la mise en place d'un pompage en

nappe pour assainissement. Des reconnaissances ont été réalisées, en 2016, à proximité du réservoir PTR du réacteur n° 5 afin d'estimer l'impact résiduel du déversement de 1986 sur le milieu sol. Ces investigations ont mis en évidence la présence d'un marquage en cobalt 60 et en césium 137 en surface, au droit de deux sondages. Les activités mesurées diminuent avec la profondeur jusqu'à atteindre des valeurs entre 100 et 500 fois inférieures pour le cobalt 60 et de l'ordre du seuil de décision (plus petite activité détectable) pour le césium 137. La présence à l'état de traces de tritium (libre) a également été mise en évidence au droit de trois sondages réalisés jusqu'à 4 m de profondeur. En revanche, les activités en tritium lié sont inférieures au seuil de décision.

Pour le reste du CNPE, cette étude historique a mis en évidence le besoin de réaliser des investigations au droit de certaines zones du CNPE afin d'obtenir des compléments d'informations nécessaires pour évaluer l'état des sols.

Ces investigations de sol complémentaires ont été menées entre le 7 janvier 2019 et le 28 mars 2019 dans l'emprise du CNPE de Gravelines et ont consisté à réaliser 79 sondages de sols (jusqu'à 4,5 m de profondeur) et à prélever 247 échantillons de sol pour des analyses chimiques et 126 échantillons de sol pour des analyses radiologiques.

Les résultats de ces analyses chimiques ont montré que les échantillons prélevés étaient conformes au bruit de fond anthropique déterminé pour les paramètres recherchés. Néanmoins, des concentrations supérieures aux valeurs de comparaison définies pour le CNPE ont été mesurées au droit de quelques sondages (hors sondages témoins) pour les éléments traces métalliques. La plupart de ces dépassements sont ponctuels (un seul sondage pour une même zone) et, pour les sondages concernés, les échantillons de sol des horizons sous-jacents ont révélé l'absence d'anomalie en profondeur. Il s'agit donc de dépassements locaux, isolés et sporadiques.

Enfin, des contrôles radiologiques des matériaux extraits en zones à risque radiologique ont été réalisés et des échantillons de sol ont été envoyés en laboratoire pour des analyses radiologiques. Les résultats ont montré l'absence de marquage radiologique au droit des zones investiguées.

La comparaison des résultats de l'état des sols du CNPE de Gravelines avec les données des sols environnants n'a pas mis en évidence la présence de substances chimiques ou radioactives à un

niveau nécessitant la mise en place de mesures de gestion. Concernant le milieu « eaux souterraines », pour les zones nécessitant des compléments d'investigations, des mesures de gestion pourront être proposées sur la base des résultats obtenus.

2.4. Éléments permettant le réexamen des limites de rejet des substances mentionnées dans le tableau annexe à l'article R. 211-11-1 du code de l'environnement

L'article 4.1.11 de l'arrêté INB dispose que : « *Le rejet [...] des substances mentionnées dans le tableau annexé à l'article R. 211-11-1 du code de l'environnement, ne peut être réalisé que si une décision de l'ASN [...] fixe des limites de rejet pour ces substances, sur la base des justifications fournies par l'exploitant quant au caractère optimal de ces rejets et à l'acceptabilité de leurs impacts. Les limites susmentionnées sont réexaminées périodiquement. L'exploitant inclut les éléments permettant ce réexamen dans le rapport de réexamen prévu à l'article L. 593-19 du code de l'environnement* ».

Pour le CNPE de Gravelines, les substances concernées par cet article sont l'acide borique, les métaux totaux (manganèse, cuivre, zinc, nickel, chrome, fer, plomb et aluminium), les phosphates et l'azote (ammonium, nitrates, nitrites, azote organique).

Les limites en vigueur des rejets de ces substances sont prescrites dans :

- L'arrêté du 18 décembre 2018 portant homologation de la décision n° 2018-DC-0646 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 octobre 2018 fixant les valeurs limites de rejet dans l'environnement des effluents des Installations Nucléaires de Base n° 96, n° 97 et n° 122 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Gravelines.
- La décision n° 2018-DC-0647 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 octobre 2018 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des Installations Nucléaires de Base n° 96, n° 97 et n° 122 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Gravelines.

La méthode suivie pour effectuer le réexamen des limites de rejet des substances mentionnées dans le tableau annexé à l'article R. 211-11-1 du code de l'environnement, repose sur deux axes :

- L'analyse du retour d'expérience des rejets réels du CNPE sur la période 2013 – 2022, comparé aux limites réglementaires en vigueur²¹.

²¹ Cette analyse a été réalisée sur la base des limites réglementées applicables pendant la période de 2013 – 2012 :

- Arrêté du 7 novembre 2003 autorisant Électricité de France à poursuivre les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Gravelines pour la période 2011 – 2017 ;

- L'identification des éventuels besoins pour l'exploitation des réacteurs.

Ces deux volets permettent de déterminer, le cas échéant, les substances pour lesquelles les limites de rejets ne sont pas adaptées aux besoins d'exploitation des réacteurs.

L'application de cette méthode au CNPE de Gravelines met en évidence la compatibilité des limites de rejets des substances mentionnées dans le tableau annexé à l'article R. 211-11-1 du code de l'environnement, avec les besoins d'exploitation des réacteurs.

2.5. Bilan des études menées, état des études restant à conduire et échéancier prévisionnel du reconditionnement des déchets

L'article 6.8 de l'arrêté INB dispose que : « lorsque des déchets sont conditionnés selon des modalités incompatibles avec leur admission dans les installations de stockage auxquelles l'étude de gestion des déchets les destine, l'exploitant procède à la reprise de leur conditionnement dans les meilleurs délais. Si cette reprise nécessite des études préalables, l'exploitant présente, selon une périodicité fixée par l'Autorité de sûreté nucléaire, un bilan des études menées, un état des études restant à conduire et l'échéancier prévisionnel du reconditionnement des déchets. Ces informations apparaissent en outre dans le rapport de réexamen ».

Les principes de conception des filières de traitement (Centraco) et de stockage (Andra) des déchets radioactifs ont conduit à la définition d'exigences sur les déchets, dictées par des enjeux de sûreté nucléaire, de radioprotection et de sécurité associés aux différentes phases de vie de ces installations (exploitation, ainsi que surveillance et post-surveillance pour les centres de stockage Andra).

Le respect de ces exigences constitue un enjeu majeur, partagé par les exploitants producteurs de déchets et par les exploitants industriels des filières de traitement et de stockage.

Elles sont déclinées par le CNPE de Gravelines au travers des dispositions techniques et organisationnelles qu'il met en œuvre pour réaliser les colis, dont les principales phases sont :

- La collecte des déchets au niveau des lieux de production.
- Le conditionnement des déchets dans des emballages certifiés par les filières de traitement et de stockage.

- Décision n° 2018-DC-0646 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 octobre 2018 fixant les valeurs limites de rejet dans l'environnement des effluents des Installations Nucléaires de Base n° 96, n° 97 et n° 122 exploitées par Electricité de France (EDF) dans la commune de Gravelines, pour la période 2018 – 2020, homologuée par l'arrêté du 18 décembre 2018.

- La maîtrise de l'activité contenue dans les colis.
- L'expédition des colis à destination d'un centre de traitement ou de stockage approprié.

À l'ensemble de ces phases du processus de gestion des déchets, sont associés :

- La sensibilisation des intervenants pour garantir le respect des exigences des filières.
- La mise en œuvre du contrôle technique.
- La surveillance de la réalisation des colis.

Un groupe de travail « Qualité colis » a été mis en œuvre en 2015 entre l'Andra et les trois producteurs majeurs de déchets radioactifs, EDF, AREVA²² et CEA, pour identifier les points à améliorer dans la gestion des déchets radioactifs en vue de progresser dans la maîtrise de la conformité des colis.

Cette organisation vise à assurer un degré de maîtrise proportionné aux enjeux, tels que défini par les impacts et risques potentiels liés à d'éventuelles non-conformités ou non-qualités colis.

Une vigilance particulière est ainsi accordée aux colis de type coques béton, qui jouent un rôle de confinement dans le concept multi-barrières du CSA et qui contribuent significativement à son inventaire radiologique.

²² Devenu Orano.

La Figure 30 présente l'évolution de la qualité des colis de type coques béton du CNPE de Gravelines sur la période 2013 – 2022.

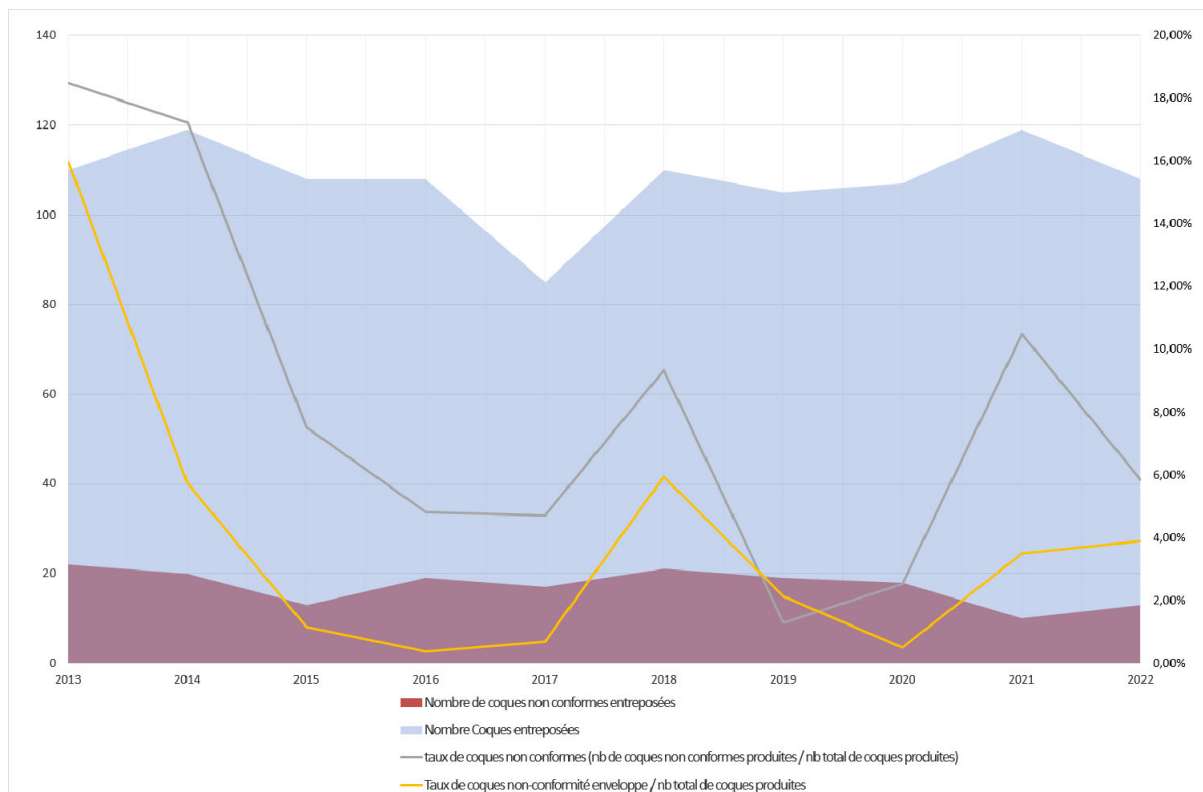


Figure 30 : Évolution de la qualité des coques déchets produites sur le CNPE de Gravelines sur la période 2013-2022

Les taux moyens de coques affectées par une non-conformité ou un défaut d'enveloppe ont diminué à partir de 2014 grâce :

- Au plan d'actions mis en œuvre pour optimiser la formation des opérateurs.
- A la mise en exploitation de la nouvelle tour à béton et à l'utilisation d'une palette coque.

L'augmentation des niveaux d'entreposage de coques est due :

- Aux modalités particulières de caractérisation de certaines coques (campagnes de spectrométries) qui s'avèrent nécessaires pour que les colis soient acceptés par l'ANDRA et qui conduisent à temporiser les évacuations ;

- A la production de coques de fûts préconfinés liée à des chantiers particuliers de maintenance, dont le conditionnement final, effectué par campagne, ne permet pas une évacuation en ligne ;
- Globalement, à un programme de maintenance chargé.

Par ailleurs, même si les déchets de faible et très faible activité conditionnés en conteneurs périssables ne présentent pas d'enjeux de sûreté (inventaire radiologique faible, pas de propriété confinante requise), leur qualité fait également l'objet d'un suivi. En effet, une récurrence de non-qualités est susceptible de conduire à des suspensions de prise en charge des déchets par les filières de traitement et de stockage.

Maîtriser la qualité des colis contribue en particulier à assurer que ces derniers pourront être évacués vers les filières de traitement et de stockage, notamment lorsqu'une reprise des déchets conditionnés selon des modalités incompatibles avec les spécifications d'acceptation des filières n'est pas envisageable.

Il faut ainsi distinguer :

- D'une part, les déchets conditionnés en conteneurs périssables, sans immobilisation préalable, qui peuvent faire l'objet d'une reprise lorsqu'une incompatibilité du colis avec les spécifications d'acceptation des filières est mise en évidence (ex. : fût plastique de déchets technologiques de faible activité vie courte incinérés à Centraco, caisson métallique de déchets technologiques de faible ou moyenne activité vie courte injectés au CSA).
- D'autre part, les déchets conditionnés en conteneurs durables, ainsi que les déchets conditionnés en conteneurs périssables avec immobilisation préalable, qui sont immobilisés avant évacuation et qui ne peuvent faire l'objet d'une reprise en cas d'incompatibilité du colis avec les spécifications d'acceptation des filières.

Pour les premiers, l'incompatibilité du colis avec les spécifications d'acceptation des filières a donc un caractère réversible. Les contraintes éventuelles liées à leur reconditionnement (instruction de la prise en charge avec la filière, disponibilité des installations, prétraitement, caractérisation complémentaire etc.) expliquent toutefois que des colis de ce type soient présents dans les installations. Pour les seconds, EDF a développé et fait agréer par l'Andra un colis de type caisson métallique (agrément 7BN) permettant de rendre acceptables en stockage la plupart des colis de déchets dont le conditionnement ne permet pas d'envisager une évacuation en l'état.

Les quantités de déchets conditionnés selon des modalités incompatibles avec les spécifications d'acceptation des filières restant entreposées sur le CNPE de Gravelines sont donc restreintes, au regard notamment des quantités de colis de déchets produites sur la période.

Les éléments relatifs aux études menées, à l'état des études restant à conduire et à l'échéancier prévisionnel du reconditionnement des déchets conditionnés selon des modalités incompatibles avec les spécifications d'acceptation des filières sont développés, pour chaque typologie de déchets dans les tableaux 5 et 6.

À noter que figurent également dans le tableau 6 les colis entreposés sur le CNPE à fin 2022 :

- Qui présentent des non-conformités aux spécifications d'acceptation des filières ne nécessitant pas systématiquement un reconditionnement.
- Qui ne présentent pas de non-conformités aux spécifications d'acceptation des filières, mais qui nécessitent une décroissance radioactive pour être transportables en colis IP2 en raison de leur niveau d'activité (DeD à 3 m du déchet nu > 10 mSv/h).

Tableau 5 : Déchets conditionnés en conteneurs périssables, sans immobilisation préalable

Type de déchets	Nombre de colis incompatibles avec les spécifications d'acceptation de la filière	Nombre total de colis produits (2013-2022)	Études nécessaires au reconditionnement		Échéancier prévisionnel de reconditionnement
			Réalisées	Restant à mener	
Déchets métalliques FA-VC	0	46	/	/	/
Déchets solides incinérables FA-VC	0	30 401	/	/	/
Résines FA-VC	0	856	/	/	/
Solvants / Huiles	0	12	/	/	/
Déchets solides FA-VC	0	9 087	/	/	/
Filtres d'eau FA-VC	0	132	/	/	/
Résines anioniques TFA	0	127	/	/	/
Résines cationiques TFA	0	254	/	/	/
Charbon actif et pièges à iode TFA	0	122	/	/	/
Déchets métalliques TFA	0	832	/	/	/
Boues GV	0	9	/	/	/
Gravats TFA	0	185	/	/	/

Tableau 6 : Déchets conditionnés en conteneurs durables ou en conteneurs périssables, avec immobilisation préalable

Type de déchets	Nombre de colis incompatibles avec les spécifications d'acceptation de la filière	Nombre total de colis produits (2013-2022)	Études nécessaires au conditionnement		Échéancier prévisionnel de reconditionnement
			Réalisées	Restant à mener	
Filtres d'eau (MA-VC)	1	1 007	Caractérisation du défaut : colis ayant un DDD max supérieur à 2 mSv/h au contact	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2026
Filtres d'eau (MA-VC)	3		Caractérisation du défaut : colis IP2B (débit de dose du déchet nu à 3m supérieur à 10 mSv/h, grandeur déterminée par calcul)	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2026
Filtres d'eau (MA-VC)	4		Caractérisation du défaut : colis IP2B (débit de dose du déchet nu à 3m supérieur à 10 mSv/h, grandeur déterminée par calcul)	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2024
Filtres d'eau (MA-VC)	2		Caractérisation du défaut : colis IP2B (débit de dose du déchet nu à 3m supérieur à 10 mSv/h, grandeur déterminée par calcul)	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2028
Filtres d'eau (MA-VC)	2		Caractérisation du défaut : colis ayant un DDD max supérieur à 2 mSv/h au contact	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2025
Filtres d'eau (MA-VC)	5		Caractérisation du défaut : colis ayant un DDD max supérieur à 2 mSv/h au contact	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2024

Type de déchets	Nombre de colis	Nombre total de	Études nécessaires au conditionnement		Échéancier prévisionnel de
Filtres d'eau (MA-VC)	1		Caractérisation du défaut : colis IP2B (débit de dose du déchet nu à 3m supérieur à 10 mSv/h, grandeur déterminée par calcul)	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2027
Type de déchets	Nombre de colis incompatibles avec les spécifications d'acceptation de la filière	Nombre total de colis produits (2012-2021)	Études nécessaires au conditionnement		Échéancier prévisionnel de reconditionnement
			Réalisées	Restant à mener	
Filtres d'eau (MA-VC)	4		Caractérisation du défaut : colis IP2B (débit de dose du déchet nu à 3m supérieur à 10 mSv/h, grandeur déterminée par calcul)	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2025
Filtres d'eau (MA-VC)	1		Caractérisation du défaut : colis IP2B (débit de dose du déchet nu à 3m supérieur à 10 mSv/h, grandeur déterminée par calcul)	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2029
Déchets	2		Caractérisation du défaut : colis ayant un DDD max supérieur à 2 mSv/h au contact	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2024
Déchets	2		Caractérisation du défaut : colis ayant un DDD max supérieur à 2 mSv/h au contact	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Evacuation en l'état ou après éventuel reconditionnement en 2024
Filtres d'eau (MA-VC)	1		Caractérisation du défaut : colis ayant un DDD max supérieur à 2 mSv/h au contact	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2029

Type de déchets	Nombre de colis	Nombre total de colis	Études nécessaires au conditionnement		Échéancier prévisionnel de conditionnement
Filtres d'eau (MA-VC)	1		Caractérisation du défaut : colis ayant un DDD max supérieur à 2 mSv/h au contact	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2031
Déchets technologiques	1		Caractérisation du défaut : colis ayant un DDD max supérieur à 2 mSv/h au contact	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Evacuation en l'état ou après éventuel reconditionnement en 2024
Déchets technologiques	1		Caractérisation du défaut : colis ayant un DDD max supérieur à 2 mSv/h au contact	Sans objet (prise en charge en l'état en dérogation)	Pas de reconditionnement prévu : évacuation prévue en 2024

2.6. Éléments permettant le réexamen des prescriptions associées au contrôle permanent de la radioactivité ou au doublement des chaînes de mesure

L'article 3.2.18 de la décision environnement dispose que : « *Les effluents liquides radioactifs font l'objet d'un contrôle en continu de leur activité réalisé au niveau de la canalisation de rejets. Ce contrôle de la radioactivité est réalisé à l'aide de deux chaînes de mesure indépendantes équipées chacune d'une alarme réglée à un seuil d'activité volumique dont le déclenchement entraîne l'arrêt automatique du rejet. En cas de mélange mentionné à l'article 4.1.13 de l'arrêté du 7 février 2012 susvisé entre des effluents liquides radioactifs et des effluents liquides non radioactifs rejetés en continu, cette surveillance est réalisée en un point de la canalisation située en amont du point de mélange avec ces autres effluents* ».

Pour les CNPE pour lesquels les prescriptions ne prévoient pas le contrôle permanent ou le doublement des chaînes de mesure précitées, des éléments sont fournis afin de réexaminer ces prescriptions dans le cadre du réexamen, tel que défini à l'article 6.5 de la décision environnement : « *le contrôle permanent de la radioactivité ou le doublement des chaînes de mesures prévus au I de l'article 3.2.18 ne sont pas requis lorsque les prescriptions pour la protection applicables avant cette date d'entrée en vigueur ne les prévoient pas ; l'exploitant joint à tout rapport de réexamen prévu à l'article L. 593-19 du code de l'environnement postérieurement au 1^{er} juillet 2015 tout élément permettant à l'Autorité de Sûreté Nucléaire de réexaminer ces prescriptions* ».

Les effluents liquides radioactifs du CNPE de Gravelines font l'objet d'un contrôle en continu de leur activité réalisé au niveau de la canalisation de rejets. Ce contrôle de la radioactivité est effectué à l'aide de deux chaînes de mesure indépendantes équipées chacune d'une alarme réglée à un seuil d'activité volumique dont le déclenchement entraîne l'arrêt automatique du rejet.

Ainsi, le CNPE de Gravelines respecte l'article 3.2.18 de la décision environnement.

2.7. Mesure des niveaux d'émissions sonores du CNPE

Le I de l'article 4.4.5 de la décision environnement dispose que : « *L'exploitant réalise au moins une fois tous les dix ans, à ses frais, une mesure des niveaux d'émission sonore de son établissement. Ces mesures se font à des emplacements définis par l'exploitant de façon à apprécier le respect des valeurs limites d'urgence dans les zones où elle est*

réglementée », et le III de cet article précise que « Les résultats de ces mesures sont joints au rapport de réexamen de l'installation prévu à l'article L. 593-19 du code de l'environnement ».

Le CNPE de Gravelines a fait l'objet d'une campagne de mesures acoustiques entre le 16 juin 2015 et le 7 juillet 2015.

Les emplacements de mesure sont définis de façon à apprécier le respect des valeurs limites d'émergence²³ dans les zones où elle est réglementée (ZER). Des mesures de bruit ambiant²⁴ sont ainsi réalisées dans les zones d'habitation les plus exposées aux émissions sonores du CNPE sur un rayon de deux kilomètres maximums, en vue directe des installations et dans plusieurs directions autour du site. Cela permet de couvrir les principales conditions locales de vent. Les mesures en limite de site (LDS) sont réalisées en direction de ces habitations. Les emplacements de mesure du bruit résiduel²⁵ sont définis conformément au 6.6 de la norme NF S 31-010 relative à la caractérisation et au mesurage des bruits de l'environnement, afin d'estimer le niveau sonore résiduel d'un secteur sans arrêter l'activité du site.

L'ensemble de ces emplacements de mesures est précisé sur le plan en Figure 31 (les points « Amb » correspondent aux emplacements de mesure du bruit ambiant, les points « Res » correspondent aux emplacements de mesure du bruit résiduel et les points « LDS » en vert correspondent aux points en limite de site).

²³ Émergence : Différence arithmétique entre le bruit ambiant et le bruit résiduel. Elle s'exprime en dBA.

²⁴ Bruit ambiant : Bruit total mesuré dans l'environnement. Il inclut l'ensemble des sources de l'environnement, y-compris les sources de bruit industriel de l'installation. Il s'exprime en dBA.

²⁵ Bruit résiduel : Bruit généré par l'ensemble des sources de l'environnement hormis les sources de bruit industriel de l'installation. Il s'exprime en dBA.



Figure 31 : Emplacement des points de mesure dans l'environnement du CNPE de Gravelines

La prise en compte des contraintes spécifiques aux CNPE (distances sources-récepteurs élevées, impossibilité d'arrêter complètement le fonctionnement des installations) conduit EDF à mettre en œuvre des moyens conséquents, afin d'obtenir des résultats de mesure représentatifs. En effet, le mesurage dans l'environnement du site est réalisé sur une longue durée (deux semaines a minima), et accompagné d'un relevé des conditions de fonctionnement des installations. Ce mesurage est conforme à la norme NF S 31-010 « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement » (méthode d'expertise). Des mesures fines des conditions météorologiques sont réalisées durant toute la campagne grâce à un anémomètre sonique 3D posé sur site. Celui-ci permet d'enregistrer localement toutes les minutes : direction et vitesse de vent moyennes, température extérieure, hygrométrie et gradients de vent, de température potentielle et de célérité effective dans la direction des points de mesure. Les mesures en ZER sont généralement réalisées en continu sur toute la durée de la campagne, mais, du fait de leur caractère conservatif (seuils réglementaires admissibles et niveaux de bruit résiduels plus faibles notamment), ce sont les résultats en période nocturne (indice fractile à 50 % intégré sur des échantillons d'environ 9 heures compris entre 22 h et 7 h) qui sont prioritairement exploités en vue de conclure à la conformité des sites.

Une première analyse des mesures brutes et des conditions de fonctionnement du CNPE permet de trier le volume important de mesures, afin de sélectionner les plus pertinentes : absence de perturbations non représentatives de la zone complète d'habitation (bruit d'une pompe à chaleur privative par exemple) ou d'une situation habituelle (fête locale par exemple), conditions météorologiques admises par la norme NF S 31-010 (vent inférieur à 5 m/s, absence de pluie marquée), recouvrement suffisant des types de conditions de propagation locales en lien avec les conditions météorologiques et conditions de fonctionnement normales du CNPE (un maximum de réacteurs en fonctionnement, fonctionnement stabilisé, absence d'évènements exceptionnels sur le CNPE). Un traitement statistique des échantillons retenus, basé sur 10 ans de données météorologiques collectées sur le CNPE, permet ensuite d'obtenir une valeur unique de niveau de bruit pour chaque emplacement de mesure.

L'analyse fine des mesures acoustiques et des conditions météorologiques permet ainsi d'obtenir des résultats d'émergences statistiques représentatifs de l'impact des sources de bruit industriel du CNPE sur la période réglementaire la plus contraignante (22 h à 7 h), présentés dans le Tableau 7.

Points d'études : LDS et ZER associés	Niveau de bruit mesuré en LDS (dBA)	Niveau de bruit ambiant mesuré en ZER (dBA)	Niveau de bruit résiduel mesuré en ZER (dBA)	Émergence admissible (dBA)	Émergence calculée en ZER (dBA)
LDS 1-2 / ZER 1	48,0	42,0	40,5	4	1,5
LDS 1-2 / ZER 2	48,0	43,0	42,5	4	0,5
LDS 3 / ZER 3	41,0	39,5	36,5	4	3,0

Tableau 7 : Niveaux de bruit en limite d'établissement et valeurs d'émergence associées en ZER du CNPE de Gravelines

Les niveaux de bruit ambiant en ZER 1 à 3 étant inférieurs à 45 dBA, le niveau d'émergence admissible est égal à 4 dBA.

Les niveaux de bruit mesurés en limite d'établissement sont inférieurs à 60 dBA.

Les résultats de l'analyse de conformité montrent ainsi que les niveaux sonores du CNPE de Gravelines permettent de respecter les objectifs fixés par l'article 4.3.5 de l'arrêté INB du 7 février 2012.

VOLET III - POURSUITE DU FONCTIONNEMENT APRES 40 ANS

SOMMAIRE VOLET III

VOLET III : POURSUITE DU FONCTIONNEMENT APRES 40 ANS.....	572
SECTION 1 : MAITRISE DU VIEILLISSEMENT ET DE L'OBSOLESCENCE.....	574
SECTION 2 : MAITRISE DE LA QUALIFICATION DES MQCA.....	608

SECTION 1 : MAITRISE DU VIEILLISSEMENT ET DE L'OBSOLESCENCE

SOMMAIRE SECTION 1

SECTION 1 : MAITRISE DU VIEILLISSEMENT ET DE L'OBSOLESCENCE

1.1 Objectif	576
1.2 Réponse à l'objectif	576
1.2.1 Organisation EDF afin de maîtriser le vieillissement et l'obsolescence	576
1.2.1.1 Processus de maîtrise du vieillissement des SSC.....	577
1.2.1.2 Processus de maintenance.....	584
1.2.1.3 Processus de traitement de l'obsolescence des matériels et pièces de rechange	587
1.2.2 Pérennisation de l'aptitude des matériels à assurer leur fonction après 40 ans.....	588
1.2.2.1 Démontrer l'aptitude des matériels non remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans	590
1.2.2.2 Démontrer l'aptitude des matériels remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans ou à procéder soit à leur remplacement soit à leur rénovation.....	593
1.2.2.3 Examens Non Destructifs (END).....	598
1.2.3 Déclinaison du traitement de l'obsolescence des matériels et pièces de rechange.....	598
1.3 Conclusion	606

SECTION 1 : MAÎTRISE DU VIEILLISSEMENT ET DE L'OBSOLESCENCE

Le processus « *maîtrise du vieillissement des Structures, Systèmes et Composants (SSC)* » a été mis en place dans le cadre de la préparation des 4^{ème} RP des tranches 900 MW suite au souhait émis par EDF en 2009 de poursuivre le fonctionnement de son Parc nucléaire après 40 ans. Ce processus a fait l'objet d'un examen en GP « *Vieillessement* » de décembre 2003 puis de mai 2006 et plus récemment en GP ESPN et GPR de mars 2018 dans le cadre de la préparation du 4^{ème} RP 900.

Ce paragraphe a pour objet de présenter la démarche générale de maîtrise du vieillissement des installations, les principaux acquis et les programmes en cours, ainsi que les dossiers constitués pour répondre aux objectifs relatifs à la maîtrise du vieillissement et au traitement de l'obsolescence dans le cadre du 4^{ème} RP 900.

1.1 Objectif

D'une manière générale, le programme industriel d'EDF pour exploiter les tranches au-delà des 4^{ème} RP consiste, pour le volet vieillissement et obsolescence des composants, à :

- Démontrer l'aptitude des matériels non remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans (cuve du réacteur et enceinte de confinement).
- Démontrer l'aptitude des matériels remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans ou procéder soit à leur remplacement soit à leur rénovation.

1.2 Réponse à l'objectif

Partie générique Palier

1.2.1 Organisation EDF afin de maîtriser le vieillissement et l'obsolescence

La démarche de maîtrise du vieillissement et du traitement de l'obsolescence s'appuie sur trois processus opérationnels pérennes :

- Le processus de maîtrise du vieillissement des Structures, Systèmes et Composants (SSC) mis en œuvre systématiquement à partir des 3^{ème} RP et poursuivi en 4^{ème} RP.
- Le processus d'inspection en service et de maintenance.
- Le processus de traitement de l'obsolescence des matériels et pièces de rechange.

Les dossiers suivants sont constitués dans le cadre de ces trois processus :

- Le Dossier d'Aptitude à la Poursuite de l'Exploitation (DAPE) de chaque tranche, transmis un an avant le 4^{ème} RP, établi à partir du recueil des Fiches d'Analyse du Vieillissement (FAV) et des DAPE composants.
- Les dossiers spécifiques pour les composants non remplaçables, cuve du réacteur (dossier zone de cœur) et enceinte de confinement (rapports d'auscultation, programme et rapport de l'épreuve enceinte décennale).
- Les documents démontrant le maintien au-delà du 4^{ème} RP de la qualification des matériels aux conditions accidentelles (MQCA), selon la démarche de qualification progressive.
- Les documents d'inspection en service et de maintenance, parmi lesquels :
 - Les Programmes de Base de Maintenance Préventive (PBMP) des équipements et ouvrages, s'appuyant sur les doctrines de maintenance, les Dossiers de Référence Réglementaires (DRR) pour les équipements du CPP/CSP, qui prennent en compte les conditions d'exploitation au travers de la comptabilisation des situations.
 - Le Programme d'Investigations Complémentaires en VD (PIC) ([cf. Volet I – Chapitre 1 – Section 2](#)).
 - Les dossiers de maintenance exceptionnelle des matériels.
- Les dossiers de traitement de l'obsolescence des composants.
- Et enfin le programme d'amélioration des connaissances et le programme de R&D en support.

1.2.1.1 Processus de maîtrise du vieillissement des SSC

Une méthodologie systématique est appliquée pour s'assurer que les phénomènes de vieillissement ne peuvent pas conduire à des difficultés dans l'accomplissement d'une fonction de sûreté pendant la période considérée. Cette méthode est au niveau des meilleures pratiques internationales, en cohérence avec l'approche préconisée par l'AIEA dans son Safety guide n° NS-G-2.12 « *Ageing Management for Nuclear Power Plants* ».

Le processus porte sur le périmètre des SSC potentiellement sensibles à un mécanisme de vieillissement et dont la défaillance peut avoir un impact sur la sûreté de l'installation :

- Les SSC classés Equipements Importants pour la Protection des intérêts (EIP), à l'exclusion des équipements régulièrement remplacés comme les assemblages de combustible, les grappes de commande et des équipements amovibles comme les emballages combustible.
- Les SSC non classés EIPS, dont la défaillance du fait d'un mécanisme de vieillissement pourrait être source d'agression de SSC EIPS.
- Les SSC pris en compte au titre des EPS (Etudes Probabilistes de Sûreté) de niveau 1 et des EPS agressions, contribuant de manière significative à la limitation du risque de fusion du cœur.

❖ **Processus générique national**

La méthode générique relative à la maîtrise du vieillissement des SSC repose sur l'établissement de la liste des couples pertinents SSC/mécanisme de vieillissement (avéré ou potentiel). Chaque couple SSC/mécanisme de vieillissement fait l'objet d'une analyse matérialisée dans une FAV (Fiche d'Analyse du Vieillissement) dont l'objectif est de vérifier le degré de maîtrise du vieillissement au regard des dispositions d'exploitation et de maintenance en vigueur, ainsi que des conditions de réparabilité et de remplaçabilité.

A l'issue de cette analyse, chaque FAV fait l'objet d'un classement en « *statut* » qui permet de juger de l'aptitude des dispositions existantes pour assurer la maîtrise du vieillissement dans la durée :

- Statut 0 : les dispositions d'exploitation et de surveillance sont adaptées, les parades en cas de réparation / remplacement sont disponibles.
- Statut 1 : une instruction complémentaire est nécessaire pour évaluer la maîtrise du vieillissement (statut temporaire).
- Statut 2 : un dossier approfondi (Dossier d'Aptitude à la Poursuite de l'Exploitation générique (DAPE)) est nécessaire pour le composant concerné, comprenant l'analyse des actions permettant de conclure sur la maîtrise du vieillissement.

Il existe environ 500 FAV établies sur le Palier 900 MWe, dont 5 % en statut 1 et 6 % en statut 2.

Les FAV font l'objet d'un réexamen annuel afin d'intégrer les événements nouveaux, dont :

- L'avancement des actions de suite des FAV de statuts 1 et 2.
- L'évolution des référentiels de maintenance (doctrines et programmes de maintenance, dérogations génériques).
- L'analyse des événements du retour d'expérience du Parc en exploitation, les résultats du PIC, les bilans et expertises matériels.
- Les éléments du retour d'expérience international issus notamment de l'EPRI, de WANO ou des contacts bilatéraux avec les exploitants étrangers.
- L'amélioration des connaissances, avec la prise en compte de l'avancement des actions de R&D en support, intégrant les apports des collaborations internationales dans le domaine de la maîtrise du vieillissement (EPRI, AIEA, OCDE)²⁶.
- Le retour d'expérience de l'application de la méthodologie, en particulier celui des CNPE dans le cadre de l'élaboration des DAPE de tranche.
- Les aspects industriels tels que le traitement des obsolescences.

Le DAPE composant analyse de manière détaillée la maîtrise des risques de vieillissement du composant ou de la structure, dans le but de justifier leur aptitude au service. Il décrit le programme de maîtrise du vieillissement associé, incluant les aspects surveillance en service, maintenance courante et exceptionnelle, conditions d'exploitation, modifications éventuelles, études complémentaires, programmes de R&D, expertises en laboratoire notamment dans le domaine des matériaux, procédés d'assurance...

²⁶ Les échanges internationaux permettent de tirer profit du retour d'expérience des tranches plus âgées que les tranches françaises. Citons notamment le programme IGALL de l'AIEA « *International Generic Ageing Lessons Learned* » et la coopération avec l'EPRI en particulier dans les domaines des tuyauteries enterrées et des câbles électriques.

Les DAPE sont mis à jour tous les 5 ans pour capitaliser les résultats des travaux effectués et pour intégrer les référentiels de chaque nouvelle VD, avec une latitude d'une année de manière à ajuster la date de leur révision au planning des VD.

Il existe actuellement 12 DAPE composants pour le Palier 900 MWe :

- Cuve du réacteur.
- Equipements internes de cuve.
- Générateur de vapeur.
- Tuyauteries primaires.
- Pressuriseur.
- Groupe Motopompe Primaire (GMPP).
- Tuyauteries auxiliaires du Circuit Primaire Principal (CPP).
- Câbles électriques.
- Traversées électriques.
- Contrôle commande.
- Enceinte de confinement.
- Structures de Génie Civil.

❖ **Processus local par tranche**

Chaque CNPE est responsable de la création et de la mise à jour d'un DAPE de tranche (Dossier d'Aptitude à la Poursuite de l'Exploitation), établi pour chaque tranche conformément aux principes d'organisation donnés au niveau national.

Après avoir analysé les spécificités de la tranche, le CNPE formalise dans le DAPE de tranche la déclinaison de la méthodologie nationale basée sur les FAV et les DAPE composant. Il complète l'analyse générique si nécessaire, par des analyses locales pour des matériels et/ou des mécanismes non couverts par des FAV nationales.

Le DAPE de tranche présente les actions locales du programme de maîtrise du vieillissement, établi pour compléter la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche concernée, jusqu'à la VD suivante et dans des conditions de sûreté satisfaisantes.

Le DAPE de tranche est mis à jour après la 4^{ème} VD pour :

- Intégrer le bilan des contrôles, inspections, modifications et rénovations effectués lors de la VD, dont les résultats des programmes PIC et ECOT.
- Prendre en compte les nouvelles FAV nationales émises depuis la rédaction de l'indice 0, et celles dont le statut a évolué à la hausse.
- Décrire la version finale du Programme Local de Maîtrise du Vieillissement (PLMV) adapté à la tranche, à mettre en œuvre dans la période décennale qui suit la VD, en complément au référentiel national d'exploitation et de maintenance.

La synthèse du DAPE de tranche est présentée au paragraphe « *Partie spécifique à la tranche* » qui suit.

❖ Programme de R&D pour la poursuite de l'exploitation

En complément de la méthodologie et dans le cadre de la poursuite du fonctionnement des tranches, la R&D apporte son appui :

- Au processus de maintenance par sa capacité d'expertise des composants déposés et la mise à disposition d'outils de surveillance et de diagnostic/pronostic des matériels.
- Dans le domaine des innovations, en évaluant de nouveaux matériaux ou de nouvelles technologies et en contribuant à leur qualification.

Le programme de R&D en appui au processus de maîtrise du vieillissement des SSC a pour objectifs de :

- Comprendre et modéliser les mécanismes de vieillissement des matériaux afin de prévoir le vieillissement des composants.
- Déterminer les caractéristiques des matériaux après 40 ans (matériaux métalliques, organiques, de Génie Civil).
- Pérenniser les connaissances disponibles sur les mécanismes de vieillissement, et de les mettre à disposition des experts des autres entités d'EDF.
- Développer de nouvelles méthodes ou pratiques d'ingénierie, en particulier pour les analyses à la fatigue et au risque de la rupture brutale des DRR (Dossiers de Référence Réglementaires) et du dossier de tenue en service des cuves.
- Faire évoluer les moyens de surveillance et de contrôle des matériels (Examen Non Destructif/Contrôle Non Destructif), en étudiant les meilleures technologies disponibles.
- Contribuer au développement de procédés de réparation ou de mitigation.

Dans le cas particulier de l'enceinte, EDF s'est dotée d'une maquette à échelle 1/3 qui permet une accélération du vieillissement de l'enceinte. Actuellement représentative d'un état de vieillissement à 50 ans de fonctionnement, cette maquette confirme le comportement satisfaisant de l'ouvrage sur le long terme. Elle permet également le développement de mesures et examens non destructifs adaptés au génie civil et permet de confronter les développements numériques à une réalité physique très largement instrumentée.

❖ Conclusion

Après dix années de mise en œuvre, le processus de maîtrise du vieillissement des SSC a fait l'objet, en juin 2015, d'une revue de processus pour évaluer :

- Sa capacité à anticiper l'identification et le traitement des mécanismes de vieillissement.
- Sa déclinaison par les CNPE.
- Son fonctionnement global, notamment aux interfaces entre les différents acteurs locaux et nationaux impliqués.

Les conclusions de cette revue sont les suivantes :

- Le processus de Maîtrise du Vieillissement intègre l'amélioration de la connaissance des mécanismes de vieillissement par les travaux de R&D, l'analyse du REX international, la prise en compte des études internationales de type benchmark comme IGALL, l'utilisation de l'effet Parc (remontées techniques des CNPE, partage des bonnes pratiques).
- C'est un processus vivant qui associe l'ensemble des entités d'EDF concernées, y compris au titre de leur expertise. De ce fait, le processus de Maîtrise du Vieillissement assure une bonne capacité d'anticipation des phénomènes de vieillissement sur le Parc.
- Le processus satisfait aux objectifs qui lui ont été fixés pour la maîtrise du vieillissement des SSC. Le processus est mature et est en phase pérenne. Les actions prévues lors de cette revue contribuent à l'optimiser.

Par ailleurs, ce processus fait l'objet d'une revue annuelle nationale.

1.2.1.2 *Processus de maintenance*

L'organisation de la maintenance à EDF a pour finalité de garantir le fonctionnement de ses équipements conformément aux exigences de sûreté, aux meilleures conditions de production d'un kWh sûr, propre et compétitif pour ses clients.

La politique de maintenance est structurée de façon à garantir le niveau de fiabilité requis des matériels et systèmes, en anticipant la maintenance des matériels pour la poursuite du fonctionnement des tranches du parc après 40 ans. Elle s'articule autour de deux types :

- La maintenance courante.
- La maintenance exceptionnelle.

❖ **Maintenance courante**

Au démarrage du Parc nucléaire, les programmes de maintenance préventive étaient essentiellement issus du retour d'expérience des constructeurs et de l'exploitation du Parc thermique à flamme.

Au fur et à mesure du développement du Parc nucléaire, des programmes de maintenance propres au Parc nucléaire ont été développés, en valorisant la standardisation du Parc ainsi que le retour d'expérience d'EDF et des exploitants étrangers.

Historiquement, cette démarche a mûri en plusieurs étapes, associant dans un processus itératif la redéfinition du contenu et de la périodicité des activités de maintenance ainsi qu'une meilleure intégration des activités de surveillance et de diagnostic de l'état des matériels.

Elle s'est enrichie au cours du temps de nouvelles méthodes de maintenance : méthode OMF (Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité), doctrines d'exploitation, méthode AP913. Elle repose également sur différents types de maintenance préventive : Maintenance Systématique (MS), Maintenance Conditionnelle (MC), maintenance par utilisation de Matériels Témoins (MT).

Les programmes de maintenance préventive sont ainsi réinterrogés :

- Par les constats effectués lors des contrôles et lors des démontages de matériel.
- Par l'analyse des événements du Parc nucléaire EDF et du parc international.

Cette démarche de ré-interrogation conduit à modifier les programmes de maintenance courante :

- Programmes de Base de Maintenance Préventive (PBMP).
- Programmes Locaux de Maintenance Préventive (PLMP).
- Examens complémentaires issus des différents projets ou affaires.

❖ **Maintenance exceptionnelle**

Pour poursuivre le fonctionnement des tranches du Palier CPY après 40 ans, les stratégies de maintenance des équipements ont été complétées lorsque nécessaire, par des opérations de maintenance exceptionnelle de plus grande ampleur. Ces opérations sont programmées sur la période allant des 3^{ème} VD aux 4^{ème} VD et même au-delà, selon une démarche résolument anticipative.

On qualifie de maintenance exceptionnelle les opérations de maintenance qui se démarquent de la maintenance préventive classique, par un ou plusieurs des aspects suivants :

- Investissement financier important,
- Caractère singulier (opérations de maintenance qui n'interviennent qu'une à quelques fois dans la poursuite du fonctionnement des tranches), éventuellement systématique, c'est-à-dire lié à une échéance fixée à l'avance (exemple : VD).
- Difficulté technique (mise en œuvre de l'opération, impacts forts sur les matériels présents aux interfaces fonctionnelles et/ou géographiques).
- Délais d'étude et de fabrication longs.
- Impacts forts sur les durées d'arrêt nécessaires à la réalisation de l'opération.

De telles opérations de maintenance exceptionnelle peuvent consister en des remplacements, des rénovations ou des réparations. De plus, de manière anticipative, EDF a développé des opérations et des outillages de réparation et de remplacement pour faire face de manière réactive à des aléas potentiels survenant lors des arrêts de tranche. Ces aléas peuvent être liés à plusieurs origines (exploitation, manutention, maintenance, vieillissement...). Ces opérations, qualifiées de « *dossiers d'assurance* », sont définies dans les stratégies de maintenance et concernent principalement les gros composants.

1.2.1.3 Processus de traitement de l'obsolescence des matériels et pièces de rechange

La maîtrise de l'obsolescence des matériels et des pièces de rechange des équipements industriels d'exploitation en CNPE nécessite une veille permanente, organisée autour du processus et des dispositifs décrits ci-après.

Les principales données d'entrée pour le suivi de l'obsolescence sont :

- La veille technologique.
- La récupération des matériels déposés lors des modifications IPE.
- Le suivi des risques fournisseurs sensibles.
- L'identification des filières sensibles de fabrication des composants élastomères constitutifs des matériels qualifiés aux conditions accidentelles.
- La vision prospective par grand domaine matériel.

Le maintien en conditions opérationnelles et de pérennité couvre trois concepts différents permettant de compléter l'analyse précédente :

- La pérennité de la fabrication des pièces de rechange.
- La pérennité des compétences d'intervention et de spécialistes.
- La pérennité des compétences d'ingénierie de conception.

Le traitement de l'obsolescence des matériels et pièces de rechange est intégré dans les processus de la DPN. Ainsi, l'obsolescence des matériels et des alertes émises par les différents acteurs sont suivies par l'exploitant au niveau national par l'UTO.

La priorisation des traitements d'obsolescence est principalement fixée sur la doctrine stock matériels et pièces de rechange pour le grèvement des stocks d'exploitation et de sécurité, locaux et nationaux.

Cette approche permet à EDF d'adapter ses moyens et son organisation dans la durée, notamment pour prendre en compte une durée d'exploitation au-delà du 4^{ème} RP.

1.2.2 Pérennisation de l'aptitude des matériels à assurer leur fonction après 40 ans

L'objectif de pérenniser l'aptitude des matériels à assurer leur fonction dans le cadre du quatrième réexamen périodique distingue 2 cas de figure :

- Les matériels non remplaçables.

- Les matériels remplaçables.

1.2.2.1 *Démontrer l'aptitude des matériels non remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans*

❖ **La cuve**

Les deux zones sensibles du corps de cuve et exposées à un phénomène de vieillissement sont la zone de cœur et les tubulures.

Les couples mécanisme de vieillissement/composant sont analysés dans les FAV, ainsi que dans le DAPE générique composant « *cuve* » (mis à jour en juin 2016) qui traite en particulier des principaux mécanismes : fragilisation sous irradiation de la zone de cœur et vieillissement thermique des tubulures de sortie.

En complément, un dossier réglementaire pour la période d'exploitation de VD4 à VD4 + 10 ans a été livré à l'ASN en 2015 puis révisé en 2016 pour prendre en compte les conclusions du Groupe Permanent ESPN « *Cuve* » de 2015. Ce dossier fournit la vision de la tenue en service des cuves après 40 ans.

Il a été constitué selon une démarche déterministe conservatrice à chaque étape (neutronique, matériaux, sélection des transitoires et calculs thermohydrauliques, mécanique). Il traite à la fois de l'étude enveloppe Palier du défaut générique hypothétique (le plus grand défaut non détectable par le procédé qualifié situé à l'endroit le plus sollicité et le plus irradié de la cuve la plus défavorable), et des études spécifiques à chaque cuve pour les défauts détectés lors de l'inspection en service.

Il valorise l'introduction en VD4 de grappes en hafnium dans les assemblages en face des points chauds permettant de réduire le flux neutronique à la cuve. L'utilisation de grappes en hafnium est un investissement majeur de l'exploitant EDF pour la poursuite de l'exploitation des cuves.

Ce dossier a été instruit par l'ASN dans le cadre de trois Groupes Permanents ESPN en 2018, 2019 et 2020. A l'issue de cette instruction, la tenue en service de la zone de cœur des cuves des tranches du Palier 900 MWe est démontrée pour la période allant jusqu'à l'arrêt VD4+10 ans.

❖ **L'enceinte de confinement**

Les enceintes de confinement du Palier CPY sont des enceintes à simple paroi (ESP) en béton précontraint recouvertes à l'intrados par une peau d'étanchéité métallique (liner) ; le confinement est statique.

Les principaux mécanismes de vieillissement susceptibles de se développer sont :

- Le retrait-fluage du béton (raccourcissement), dont le moteur principal est le séchage du béton qui conduit à une diminution de la précontrainte du fait des déformations différées ; et les éventuelles réactions de gonflement interne telles que la réaction alcali-granulats ou la réaction sulfatique interne, phénomènes à cinétique lente.
- La corrosion des aciers passifs (armatures), favorisée par la carbonatation au contact du CO₂ atmosphérique ou par la pénétration de chlorures en milieu marin,
- La corrosion des câbles verticaux de précontrainte, en particulier en cas de remplissage incomplet des gaines par le coulis de ciment lors de la construction.
- La corrosion de la peau métallique.

L'état de performance mécanique des enceintes de confinement fait l'objet d'un suivi en continu par les dispositifs d'auscultation, notamment par les mesures de déformation qui permettent de recalculer, si besoin, les données d'entrée des études mécaniques sur l'évolution réelle de la structure.

L'essai périodique à la pression de conception (épreuve enceinte) permet de vérifier le maintien des performances dans le temps, tant du point de vue de la résistance mécanique (linéarité et réversibilité des déformations) que de l'étanchéité (taux de fuite).

Bien que réputée non remplaçable, l'enceinte peut faire l'objet, si besoin, de réparations ou de renforcements. La mise en œuvre du processus de maîtrise du vieillissement des ESP s'appuie sur les documents suivants :

- La doctrine de maintenance et le Programme de Base de Maintenance Préventive (PBMP), s'appuyant sur les Fiches de Maintenance Génie-Civil (FMGC).

- Les règles d'essais périodiques du système EPP.
- Les FAV.
- Les deux DAPE génériques composant « *Enceinte de confinement* » et « *Structures de Génie-Civil – Risques de gonflement interne du béton* ».

La mise en œuvre du processus de suivi du vieillissement évoqué ci-dessus permet de porter les conclusions suivantes :

- Le maintien des performances mécaniques des enceintes dans la durée est garanti dans la mesure où les processus de corrosion des armatures et des câbles de précontrainte sont maîtrisés par une maintenance préventive adaptée.
- En termes d'étanchéité, la performance est vérifiée par le respect du critère de taux de fuite fixé au chapitre IX des RGE. Il repose pour l'essentiel sur le niveau d'étanchéité des organes d'isolement des traversées, dont les plus contributeurs en termes de fuite ont fait l'objet d'améliorations en 3^{ème} VD avec les meilleures technologies de robinetterie disponibles. Une fuite éventuelle sur la peau métallique serait réparable. Des développements sont en cours en collaboration avec l'EPRI afin d'améliorer la capacité à localiser la fuite lors de l'épreuve enceinte.

1.2.2.2 *Démontrer l'aptitude des matériels remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans ou à procéder soit à leur remplacement soit à leur rénovation*

Pour les matériels remplaçables, leur aptitude à assurer leur fonction après 40 ans est basée sur leur surveillance périodique ou sur leur remplacement / rénovation, dans le cadre des différentes stratégies de maintenance appliquées. Le tableau ci-dessous présente une synthèse des éléments permettant de prononcer la possibilité de fonctionner après 40 ans ainsi que la documentation associée.

Matériel	Fonctionnement après 40 ans
Internes de cuve	Surveillance périodique (END automatisés et ETV) et opérations de maintenance exceptionnelle sur composants avec endommagement avéré
MCG (mécanismes de commande de grappes) et colonnes de thermocouples	Remplacement préventif des MCG (essentiellement des groupes G1), sur la base d'un critère en nombre de pas réalisés
Générateurs de vapeur	Surveillance périodique par END des tubes du faisceau et bouchage en plaque tubulaire Surveillance des zones de l'enceinte sous pression Stratégie de maintenance relative au colmatage et à l'encrassement du secondaire des GV Maintenance exceptionnelle par RGV et par nettoyage chimique
Soupapes GV	Surveillance par END des portées d'étanchéité et maintenance adaptée (rodage, usinage)
Vanne d'Isolément Vapeur	Visite périodique Remplacement des tiges de commande en acier martensitique
Soupapes SEBIM	Inspection périodique des soupapes avec contrôle tarage Visite et remplacement systématique des armoires de commande tous les 10 ans

Matériel	Fonctionnement après 40 ans
Produits moulés	Stratégie de maintenance, essentiellement basée sur des études génériques de coudes et défauts enveloppes, correspond au maintien en service des coudes après 40 ans moyennant plusieurs mesures d'accompagnement : – les coudes les plus sensibles attendant aux GV sont remplacés à l'occasion des RGV – les grands défauts des autres coudes sensibles font l'objet d'END périodiques afin de s'assurer de l'absence d'évolution – les autres composants sensibles font l'objet d'un suivi individualisé du vieillissement thermique par technique non destructive afin de s'assurer de l'absence d'évolution anormale de leurs caractéristiques – certains composants déposés représentatifs et prélèvements de matière sur coudes en service font l'objet d'expertises
Zones en Inconel	Surveillance par END de certains composants sur la cuve et sur les GV
Pressuriseur	Surveillance par END des zones de l'enceinte sous pression Remplacement de cannes chauffantes le cas échéant
Zones de mélange	Surveillance périodique END adaptée, notamment pour les zones de mélange identifiées sensibles Maintenance exceptionnelle mise en place sur les tés RRA, en fonction du suivi des durées de fonctionnement
Circuit Secondaire (CSP)	Surveillance périodique END adaptée Remplacement systématique des coudes ARE amont GV et coudes VVP aval GV lors des RGV

Matériel	Fonctionnement après 40 ans
GMPP	Programme de suivi du vieillissement des volutes (produit moulé) Programme d'expertises des barrières thermiques, dans le cadre d'une noria Surveillance par END des soudures volute/diffuseur, avec une extension du nombre de pompes examinées à partir des 4^{ème} VD Surveillance des hydrauliques par un programme d'expertise mis en place à chaque dépose programmée (remplacement par noria) Maintenance exceptionnelle par remplacement des stators de moteurs
Pompes de sauvegarde (et assimilées)	Visites complètes périodiques
Echangeurs auxiliaires nucléaires	Surveillance par END des tubes de certains échangeurs et maintenance par bouchage Suivi en continu de l'activité radiologique du RRI (chaîne KRT) et du niveau de la bêche PTR Surveillance de la paroi des calandres en acier noir par mesure d'épaisseur Inspections et requalifications périodiques en application de l'ESPN Remplacement préventif des échangeurs REN HT et APG Surveillance des échangeurs à plaque par EP périodique et nettoyage chimique ou mécanique, remise en état ou de remplacement des plaques par noria
Pont tournant BR et ponts BK	Surveillance adaptée par des inspections périodiques réglementaires (levage) et visites complètes Rénovations pour la partie contrôle-commande
Dispositifs autobloquants	Surveillance par inspection périodiques des DAB et sur banc d'essais après prélèvement Maintenance exceptionnelle par remplacement ou par remise en état de DAB déposés
Moteurs HTA	Maintenance conditionnelle et visite périodique

Matériel	Fonctionnement après 40 ans
	Remplacement d'une partie des moteurs RCV et RRI
Groupe électrogène de secours	Maintenance périodique des groupes et révision en usine des moteurs diesel à 25 ans environ Surveillance périodiques des rotors des alternateurs (inspection et mesures électriques) Maintenance préventive des TAC et remplacement programmé en lien avec l'obsolescence des principaux sous-ensembles
Tableaux électriques	Visite par matériels témoins sur les parties fixes et périodique sur les parties mobiles
Contrôle-commande instrumentation et	Maintenance conditionnelle en complément d'EP et préventive sur certains matériels Diagnostic suite à l'OVCC, avec des remplacements/rénovations programmés de composants sensibles
Câbles et traversées électriques	Surveillance des câbles BT par inspection visuelle et des câbles HTA par échantillonnage avec des dispositifs dédiés Remplacement ponctuel pour des câbles soumis à ambiance sévère.
Ouvrages de génie-civil	Maintenance préventive adaptée Suivi des tassements différentiels par des programmes locaux Maintenance exceptionnelle envisagée sur les parties à d'ouvrage à dégradation rapide et de grandes dimensions
Station de pompage	Surveillance périodique adaptée Programme de rénovation des tambours filtrants
Tuyauteries enterrées	Programme particulier d'évaluation de l'aptitude des tuyauteries à fonctionner après 40 ans, sur la base d'analyses de risque et d'inspections ciblées, en complément aux inspections courantes

1.2.2.3 Examens Non Destructifs (END)

Les END sont une activité de maintenance importante visant à vérifier l'état de santé et l'intégrité des composants. Les procédés d'END sont en évolution sous l'effet des innovations technologiques et d'une meilleure maîtrise des risques. La veille technologique comporte quatre orientations principales :

- La contribution à la maîtrise des risques liés à la gammagraphie.
- La veille industrielle active pour initier des développements et des tests pré-industriels de procédés pouvant répondre aux besoins du parc sur des zones où les performances ne répondent pas à l'objectif ou sont inexistantes.
- Une bonne visibilité donnée aux entreprises pour préparer et renforcer leurs compétences.
- Le stockage et l'archivage des données résultant des contrôles.

1.2.3 Déclinaison du traitement de l'obsolescence des matériels et pièces de rechange

Les analyses réalisées ont permis de s'assurer de la maîtrise des risques d'obsolescence des systèmes de contrôle commande dédiés/décentralisés (contenant des EIPS), de manière à assurer la disponibilité de ces équipements dans la durée.

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

Les études réalisées au niveau du Palier CPY ont été déclinées par le CNPE de Gravelines de façon à statuer sur la maîtrise du vieillissement des Structures, Systèmes et Composants (SSC) de la tranche 2.

Ainsi, les équipes du CNPE de Gravelines se sont appropriées les études réalisées sur un plan générique et ont identifié, le cas échéant, les spécificités liées aux SSC de la tranche 2.

Sur cette base, l'indice 00 du Dossier d'Aptitude à la Poursuite en Exploitation (DAPE) a été élaboré et communiqué à l'ASN un an avant le début de la Visite Décennale.

Lors de la Visite Décennale, les SSC ont fait l'objet d'un ensemble d'opérations de maintenance, d'inspections, d'essais, d'examens non destructifs ou de modifications.

L'analyse de ces opérations conduit aux conclusions développées ci-après, en distinguant le cas des SSC considérés les plus sensibles vis-à-vis de la maîtrise du vieillissement et le cas des autres SSC. L'indice 01 du DAPE de la tranche 2, qui sera envoyé à l'ASN 6 mois après divergence, complètera ces éléments.

Bilan de l'état de la tranche

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des résultats de l'impact des activités de la VD4 sur l'analyse de vieillissement réalisé en amont. Les inspections ainsi que les contrôles et actions de maintenance réalisés lors de l'arrêt VD4 sur les différents SSC faisant l'objet de FAV ou de DAPE générique, n'ont pas mis en évidence d'anomalie remettant en cause la maîtrise du vieillissement.

L'ensemble des opérations de maintenance, d'inspections, d'essais, d'examen non destructifs ou de modifications réalisées pendant la Visite Décennale a permis de conforter l'analyse de la maîtrise du vieillissement pour la période décennale de la VD4 à la VD5.

L'indice 01 du DAPE de la tranche 2 complètera l'analyse de vieillissement de la tranche 2 et intégrera :

- Les enseignements tirés des résultats des inspections et travaux de maintenance d'une part sur les SSC faisant l'objet d'un DAPE générique (ou DAPE composant) et d'autre part sur les SSC faisant l'objet de Fiche d'Analyse du Vieillissement (FAV).
- La prise en compte du REX vieillissement : analyse des nouvelles FAV ou des FAV dont le statut évolue à la hausse depuis la rédaction de l'indice 00 du DAPE de la tranche 2.

Le bilan des modifications mises en place en VD4, le bilan de l'examen de conformité ECOT VD4 900 ainsi que le résultat du Programme d'Investigations Complémentaires (PIC) VD4, déjà renseignés à différents endroits de ce document, ne seront pas abordés dans la suite de ce chapitre.

Structures, systèmes et composants	Compléments au DAPE indice 0
Cuve	L'épreuve hydraulique, réalisée dans le cadre de la requalification complète du Circuit Primaire Principal (CPP), est satisfaisante. Les contrôles réalisés sur la VD4 complètent la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment les analyses et traitements réalisés lors des contrôles : • Contrôles MIS. • Examens Télévisuels des pénétrations fond de Cuve. • Examens Télévisuels du revêtement interne du corps de la Cuve. • Contrôles ressuyages des soudures des oreilles de levage. • Examens par Courant de Foucault et par ressuyage des goujons et écrous de Cuve. • Examens Télévisuels et altimétriques des manchettes thermiques du couvercle de la cuve • Examens Télévisuels des tubes RIC sur les sorties Pénétration Fond de Cuve. • Examens par ultrason et télévisuel sur les soudures des supports M. • Examens Télévisuels et expertises des taraudages de cuve. • Examens par ultrason pour la recherche de Défaut Sous Revêtement (tubulure arrondis/coins de la cuve). • Examens par radiographie des soudures des tubulures de la cuve. • Inspections télévisuelles sur les 4 rainures de la bride de la cuve.
Internes de cuve	Le bilan des inspections et travaux de maintenance réalisés sur les internes de cuve pendant la VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment les analyses et traitements réalisés lors des : • Contrôles télévisuels des Eléments Internes Supérieurs EIS et Inférieurs EII (PBMP). • Examens Courant de Foucault des doigts de gants du RIC (PBMP) • Inspection Télévisuelle PIC (Plaque inférieure de Cœur)

Structures, systèmes et composants	Compléments au DAPE indice 0
Tuyauteries primaires	L'épreuve hydraulique, réalisée dans le cadre de la requalification complète du CPP, est satisfaisante. Cette épreuve, ainsi que les contrôles et opérations de maintenance réalisés sur les tuyauteries primaires pendant la VD4 complètent la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment : • Les contrôles par END des soudures homogènes de raccordement/embout au titre du programme préventif PB900. • Les contrôles en Ultrasons de la ligne d'Expansion du Pressuriseur avec un procédé dit amélioré pour rechercher des défauts générés par de la Corrosion Sous Contrainte. (Stratégie de l'Affaire CSC) • Le traitement et les justifications des impacts sur les tuyauteries identifiées lors des mises en propreté du CPP en vue de l'épreuve hydraulique.
Tuyauteries auxiliaires CPP	Le bilan des contrôles et opérations de maintenance réalisés sur les tuyauteries auxiliaires du CPP pendant la VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment : • L'épreuve hydraulique primaire. • Les contrôles de l'état général avec vérification à chaud et à froid des lignes/supports d'injection de sécurité RIS, RCP, RCV, RRA, REN et RPE. • Les contrôles radiographiques des lignes d'aspersion et auxiliaire du pressuriseur (zone sensible aux fluctuations thermiques), des systèmes RCP, RCV, RRA, REN et RPE. • Les contrôles en Ultrasons Améliorés des soudures des lignes RIS et RRA visant à détecter des fissures de CSC : 2RCP037/040/043/047TY (stratégie de l'Affaire CSC). • Le contrôle par Ultrasons de la ligne de reprise de fuite du joint n°1 de la cuve dans le cadre de la DT358. • Le contrôle visuel d'absence de corrosion des boîtes à ressort des tubes de guidage RIC (PBMP). • Le traitement et les justifications des impacts sur les tuyauteries identifiées lors des mises en propreté du CPP en vue de l'épreuve hydraulique.

Structures, systèmes et composants	Compléments au DAPE indice 0
Pressuriseur	Le bilan des contrôles et travaux de maintenance réalisés sur le pressuriseur pendant la VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment : • L'Epreuve Hydraulique Primaire. • Les différents contrôles Ultrasons et Examens Non Destructifs réalisés au titre du programme préventif. • L'Epreuve Hydraulique des lignes d'asservissement des soupapes. • La Visite Interne de la soupape 2RCP022VP dans le cadre de la modification PNPP1595 « Modification des têtes de soupape SEBIM 2RCP019/022VP ». • Le remplacement de détecteurs pilotes SEBIM. • Le traitement et les justifications des impacts sur les tuyauteries identifiées lors des mises en propreté du CPP en vue de l'épreuve hydraulique.
Générateurs de Vapeur (GV)	Le bilan des contrôles et travaux de maintenance réalisés sur les Générateurs de Vapeur pendant la VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment : • L'Epreuve Hydraulique Primaire (EHP) et l'Epreuve Hydraulique Secondaire (EHS). • Le contrôle par ETV des ailettes des cylones des Générateurs de Vapeur (GV). • Les contrôles SAX (Sonde AXiale) des tubes et le contrôle de présence de bouchons (bouchage mécanique réalisé d'un tube du GV n°2 lors de la VD). • Les Examens Télévisuels sur la présence de bouchons dans les boîtes à eau des GV. • les contrôles par Courants de Foucault du faisceau tubulaire des GV. • Les Examens Télévisuels du revêtement des boîtes à eau. • Le remplacement des Dispositifs Auto-Bloquants des GV n°1 et 2. • Les contrôles par ressuage des soudures piquages drains sur plaque tubulaire. • Les différents Examens Non Destructifs réalisés au titre du programme de maintenance préventive

Structures, systèmes et composants	Compléments au DAPE indice 0
Groupes MotoPompes Primaires (GMPP)	Le bilan des contrôles et travaux de maintenance réalisés sur les GMPP pendant la VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment: • Les examens visuels des soudures constitutives de la volute pendant l'EHP. • Le contrôle magnétoscopique des 18 goujons de la volute de la GMPP n°3. • L'Echange standard du joint n° 1 des GMPP n° 2 et 3. • Le contrôle par Ultrason du diffuseur sur la volute de la GMPP n°3. • Les contrôles visuels des soudures des piquages RRI RCV sur la barrière thermique
Enceinte de confinement	L'épreuve enceinte s'est déroulée du 15/12/2023 au 18/12/2023. Elle n'a révélé aucun dysfonctionnement et atteste du bon comportement général de l'ouvrage. Elle démontre l'aptitude à la poursuite de l'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5).
Contrôle-commande	Le bilan des contrôles et travaux de maintenance réalisés sur les matériels électriques et l'instrumentation pendant l'arrêt VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment : • Le contrôle des contacts des commutateurs RPR068/592CC voies A et B. • Les contrôles visuels des relais et connectiques des armoires ébulliomètres. • Le remplacement des relais TEC 1800 sur RPR.

Structures, systèmes et composants	Compléments au DAPE indice 0
Câbles électriques K1	Le bilan des contrôles et travaux de maintenance réalisés sur les câbles et traversées électriques pendant l'arrêt VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche n° 3 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment : • Les mesures tangente delta des câbles 6.6kV des moteurs RRA. • La réfection de la tête de câble 6.6 kV arrivée 2 LLB 001 TR. • Les mesures tangente delta des câbles 6.6 kV du transformateur auxiliaire 9 LGR 001 TA.
Traversées électriques	Le bilan des contrôles et travaux de maintenance réalisés sur les traversées électriques pendant l'arrêt VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche n° 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5).
Matériels mécaniques et électromécaniques	Le bilan des contrôles et travaux de maintenance réalisés sur matériels mécaniques et électromécaniques pendant la VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment : • Le remplacement des moteurs 380V de rotation Tambour filtrant • Le remplacement des moteurs des ventilateurs aéroréfrigérants diesels.
Robinetterie	Le bilan des contrôles et travaux de maintenance réalisés sur la robinetterie pendant la VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment la visite interne de robinets d'isolement RCP et RRA dans le cadre du suivi du phénomène de corrosion/érosion.
Matériels électriques et instrumentation	Le bilan des contrôles et travaux de maintenance réalisés sur matériels électriques et l'instrumentation pendant la VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite d'exploitation de la tranche n°2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5), notamment le remplacement d'un tandem CNS/CNI.
Ouvrages de site/ Structure de Génie Civil	Le bilan des contrôles et travaux réalisés sur les ouvrages de site pendant la VD4 complète la démonstration de l'aptitude à la poursuite de l'exploitation de la tranche n°2 de Gravelines pour la période décennale suivant la VD4 (VD4-VD5).

Prise en compte du REX vieillissement

Conformément au processus générique national relatif à la maîtrise du vieillissement des SSC, EDF considère l'ensemble des FAV mises à jour depuis la rédaction de l'indice 00 du DAPE de la tranche 2 du CNPE de

Gravelines, et les prendra en compte dans l'indice 01 du DAPE de la tranche 2 du CNPE de Gravelines.

1.3 Conclusion

La démarche de maîtrise du vieillissement des installations a été engagée bien avant la TTS du 3^{ème} RP 900 (2009). Elle bénéficie des études réalisées dans un premier temps pour couvrir la période 3^{ème} VD - 4^{ème} VD, instruites lors des GP « *Vieillissement* » de 2003 et 2006, complétées par les études, pour la période au-delà de la 4^{ème} VD, instruites lors des GP ESPN et GPR de mars 2018. L'organisation construite autour des processus de maintenance, de maîtrise du vieillissement et de traitement de l'obsolescence des matériels est adaptée au dossier de réexamen périodique du 900 MWe pour la poursuite du fonctionnement des réacteurs de ce Palier après 40 ans.

Sur ces bases, un important programme de vérification de l'aptitude des matériels à remplir leur fonction dans le cadre du quatrième réexamen périodique a été réalisé. Il distingue 2 cas de figure :

- Les matériels non remplaçables (cuve, enceinte) : pour ces matériels les analyses réalisées permettent de s'assurer de leur aptitude à la poursuite en exploitation au-delà de 40 ans.
- Les matériels remplaçables : les actions et modifications nécessaires identifiées sont réalisées dans le cadre du réexamen.

L'analyse des opérations de contrôle et des travaux de maintenance réalisés pendant l'arrêt VD4 de la tranche 2 du CNPE de Gravelines permet de confirmer le Programme Local de Maîtrise du Vieillissement (PLMV), pour cette tranche et pour la période décennale suivant l'arrêt VD4 (jusqu'à l'arrêt VD5).

Le PLMV est un produit qui est initié à la suite du 1^{er} DAPE de tranche (indice 00). Il est mis à jour périodiquement. Son objectif est d'identifier l'ensemble des actions permettant de justifier de la maîtrise du vieillissement des SSC impactant la sûreté des installations. Il est alimenté par :

- Les conclusions des DAPE de tranche établis successivement à chaque VD, qui identifient des actions à mener pendant la période décennale suivante.
- Les actions de suite de Retour d'EXpérience national ou local, intervenant en dehors des VD.
- Les programmes de maintenance exceptionnelle, issus de la programmation pluriannuelle du site (post-VD).

A l'issue de la démarche d'analyse de maîtrise du vieillissement des SSC de la tranche 2 de Gravelines, des activités de maintenance, de contrôles ainsi

que des modifications, contribuant à la démonstration de l'aptitude à poursuivre l'exploitation de cette tranche pour la période décennale suivant l'arrêt VD4 (VD4 - VD5), ont été identifiées, et pour certaines, déjà réalisées avant la fin de l'arrêt VD.

Il convient également de préciser que ce programme PLMV a été établi sur la base des études et données disponibles, et qu'il est donc amené à évoluer régulièrement suite à l'intégration de nouveaux éléments de REX.

En conclusion, le bilan des essais, inspections et travaux de maintenance réalisés pendant l'arrêt VD4 confirme la démonstration de l'aptitude à la poursuite en exploitation de la tranche 2 du CNPE de Gravelines pour la période décennale VD4-VD5 dans des conditions de sûreté satisfaisantes.

SECTION 2 : MAITRISE DE LA QUALIFICATION DES MQCA

SOMMAIRE SECTION 2

SECTION 2 : MAITRISE DE LA QUALIFICATION DES MQCA	608
2.1 Démarche pour instruire le maintien de qualification MQCA.....	610
2.2 Déclinaison de la démarche de pérennisation de qualification MQCA	613
2.2.1 Matériels mécaniques	613
2.2.2 Matériels électriques.....	614
2.3 Conclusion	626

SECTION 2 : MAITRISE DE LA QUALIFICATION DES MATERIELS QUALIFIES AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

Partie générique Palier

La qualification aux conditions accidentelles est un processus qui vise à apporter la garantie que les matériels sont aptes à remplir leurs fonctions de sûreté dans les situations accidentelles où ils sont requis au titre de la démonstration de sûreté.

Les Matériels Qualifiés aux Conditions Accidentelles (MQCA) ayant été qualifiés sur la base d'une durée de fonctionnement de 40 ans, une démarche spécifique est appliquée à ces matériels pour traiter la question de l'extension de la durée de qualification.

Le programme industriel d'EDF pour poursuivre le fonctionnement des tranches après 40 ans consiste à démontrer le maintien de qualification des Matériels Qualifiés aux Conditions Accidentelles (MQCA) des matériels mécaniques et électriques ou à procéder soit à leur remplacement soit à leur rénovation le cas échéant.

2.1 Démarche pour instruire le maintien de qualification MQCA

La qualification aux conditions accidentelles est un processus qui vise à apporter la garantie que les matériels sont aptes à remplir leurs fonctions de sûreté dans les situations accidentelles où ils sont nécessaires. Ce processus s'appuie :

- Pour chaque matériel, sur :
 - o L'identification des requis de qualification.
 - o La réalisation d'un programme de qualification basé sur des spécifications générales.
 - o La mise en œuvre des dispositions nécessaires au maintien de qualification lors de la fabrication, du montage et de l'exploitation du matériel.
- Sur l'élaboration d'un ensemble documentaire rendant compte de la qualification de ces matériels et des conditions de maintien de cette qualification en exploitation.

Les EIPS susceptibles d'être concernés par la qualification sont principalement les matériels mécaniques non statiques, les matériels électriques et de contrôle commande, ainsi que les matériels susceptibles d'être concernés par une exigence relative à l'étanchéité.

Ils sont dénommés Matériels Qualifiés aux Conditions Accidentelles (MQCA) et doivent remplir des fonctions particulières dans les situations d'accident dans lesquelles ils sont requis, pour le Domaine de Dimensionnement ou le Domaine Complémentaire. En fonction de leur rôle, des exigences sont identifiées :

- Exigence de qualification sismique.
- Exigence de qualification à l'ambiance dégradée.
- Exigence relative à l'étanchéité.
- Exigences particulières : Rupture Tuyauteries Hautes Energie, Eau Chargée.

Ces exigences sont déclinées en sollicitations physiques indiquées dans des spécifications à respecter par les matériels. Pour simplifier, un profil résumé de ces sollicitations physiques est souvent associé au matériel : profils K1, K2 ou K3.

La qualification des matériels aux conditions accidentelles a été établie en considérant une hypothèse de durée de vie de 40 ans. Cette hypothèse a été utilisée pour prendre en compte le vieillissement des composants dans la séquence de qualification initiale des matériels et peut devenir inférieure à la durée d'exploitation prévue pour l'équipement :

- Soit parce qu'avec le temps, il devient nécessaire de la réviser à la hausse afin de prolonger la durée d'exploitation de l'équipement.
- Soit parce que cette hypothèse de durée de vie de l'équipement est revue à la baisse du fait d'une cinétique plus rapide ou d'un environnement en exploitation plus sévère que ceux pris en compte lors de la qualification initiale, d'un retour d'expérience faisant apparaître de nouveaux mécanismes de vieillissement ou d'une évolution des connaissances scientifiques sur les phénomènes en cause.

Dans tous les cas, en conformité avec la norme internationale CEI/IEEE 60780-323 [Edition de février 2016 – Installations nucléaires – Equipements électriques importants pour la sûreté – Qualification], il est nécessaire d'appliquer un programme d'extension de la qualification dit programme de qualification progressive, avant que la durée d'exploitation du matériel ne devienne supérieure à l'hypothèse de durée de vie prise en compte lors de la qualification initiale.

La qualification progressive peut faire appel à une ou plusieurs des six méthodes suivantes numérotées dans l'ordre de l'analyse, c'est-à-dire des questions à se poser successivement :

- Méthode 1 : analyse des conditions de la qualification initiale pour évaluer les conservatismes éventuels.

- Méthode 2 : comparaison des sollicitations et des conditions d'ambiance (température et irradiation) réellement subies par le matériel en exploitation, avec celles retenues en qualification. Cette comparaison peut conduire à une réévaluation de la durée de vie qualifiée, à partir des valeurs réelles en exploitation.
- Méthode 3 : suivi de paramètres de l'état du matériel ou de son fonctionnement en exploitation dans le cadre des essais périodiques, des contrôles ou des expertises. Ces paramètres doivent permettre de détecter une évolution du matériel qui serait préjudiciable à l'accomplissement de la mission requise en situation accidentelle ou sous sollicitation sismique. Il peut donc s'agir :
 - o De mesures périodiques sur l'équipement (Méthode 3a), par exemple précision de la mesure, temps de réponse, ou mesure électrique comme la résistance d'isolement.
 - o De l'expertise du matériel (Méthode 3b), visant à caractériser son état sur site.
- Méthode 4 : réduction des effets des conditions d'ambiance sur l'équipement. Deux méthodes sont envisageables pour réduire les effets des conditions d'ambiance :
 - o Modifier les conditions d'ambiance (Méthode 4a). Il s'agit par exemple de climatiser un local afin de diminuer la température d'ambiance moyenne du local et ainsi augmenter la durée de vie des matériels qui y sont installés.
 - o Protéger ou déplacer un équipement (Méthode 4b). Il s'agit par exemple de protéger un matériel, par un écran, des radiations issues d'un point chaud afin de réduire la dose cumulée d'irradiation sur sa durée de vie, ou de déplacer l'équipement vers un environnement moins radiatif.
- Méthode 5 : extension de qualification de l'équipement, en le soumettant à une séquence de qualification par essai basée sur une hypothèse de poursuite du fonctionnement allongée. L'essai peut être pratiqué :
 - o Sur un matériel (ou éprouvette) installé en surnombre sur site (Méthode 5a).
 - o Sur un matériel prélevé sur site (essai sur prélèvement), de préférence lorsque son état de référence et les sollicitations qu'il a subies sont connus (Méthode 5b).
 - o Sur un matériel neuf (Méthode 5c).
- Méthode 6 : remplacement (Méthode 6a) ou rénovation (Méthode 6b), à titre de mesure préventive, de l'équipement dans son intégralité ou partiellement, à l'identique ou par des composants moins sensibles au vieillissement.

2.2 Déclinaison de la démarche de pérennisation de qualification MQCA

2.2.1 Matériels mécaniques

Pour les matériels mécaniques, la stratégie de qualification progressive repose sur :

- Le remplacement des composants sensibles aux conditions radioactives, thermodynamiques et chimiques, en pratique les composants non métalliques, à une périodicité compatible avec la durée de fonctionnement prise en compte dans la qualification initiale.
- Le contrôle des parties mécaniques, insensibles aux conditions accidentelles, par l'application des PBMP.
- Le contrôle du maintien des performances par les essais périodiques.

La méthode de qualification progressive employée pour les matériels mécaniques est donc la méthode 6 appliquée aux composants sensibles.

Le programme de travail déployé par EDF prévoit que les stratégies de qualification aboutissent pour la TTS du 4^{ème} RP 900 pour les matériels mécaniques. Pour certains matériels, ces stratégies valorisent des remplacements complets ou partiels de composants, qui sont gérés au travers de vérifications complémentaires et remplacements lors d'actes de maintenance (via une prescription particulière de la DPN) ou de modifications d'ingénierie à déploiement local (PNRL).

Il est important de noter que suite à l'instruction du GP Orientations DDF (Durée De Fonctionnement) du 19 janvier 2012 un programme complémentaire d'expertises de MQCA mécaniques (pompes et appareils de robinetterie) a été mis en œuvre. Ce programme d'expertises vise à conforter la connaissance des mécanismes de vieillissement tels que décrits dans les FAV, et à vérifier l'absence de phénomènes qui n'auraient pas été pris en compte lors de la qualification initiale et dans le processus de maîtrise du vieillissement.

Ce programme d'expertise a été réalisé sur 3 pompes et 4 appareils de robinetterie. Les matériels expertisés ont été choisis de façon à couvrir différentes technologies et différents fournisseurs que l'on trouve sur les Paliers 900 MWe et 1300 MWe.

Ces expertises, réalisées avec le concours des constructeurs, ont permis de vérifier que les mécanismes de vieillissement constatés sur la robinetterie et les pompes sont conformes à l'attendu et n'ont pas mis en évidence de nouveaux mécanismes de vieillissement. L'aptitude au service de ces appareils après 40 ans est confirmée moyennant la poursuite des actions de maintenance visant à remplacer périodiquement les composants non métalliques sensibles au vieillissement.

2.2.2 Matériels électriques

Pour les MQCA électriques et de contrôle-commande, la démarche de qualification progressive comporte deux phases :

- Une phase stratégique pour choisir la méthode. Elle se conclut par la rédaction de la Note de Stratégie de Qualification Progressive (NSQP), établie par famille de matériels et par catégorie de qualification (K1, K2, K3), sauf pour les câbles, les traversées électriques et les matériels de contrôle commande qui sont traités dans les DAPE composants.
- Une phase opérationnelle consistant à mettre en œuvre la méthode retenue (analyses, expertises, essais ou remplacements), puis à mettre à jour si besoin les documents du référentiel de qualification.

Concernant les matériels électriques installés antérieurement au premier réexamen périodique, les stratégies ont été décrites dans les Dossiers d'Aptitude à la Poursuite d'Exploitation (DAPE) ou dans les NSQP associées à la famille de matériels concernée.

Ces documents peuvent faire appel à plusieurs types de méthodes pour le maintien de la qualification. En proportion:

- 40 % des méthodes appelées par les NSQP font appel au maintien de qualification par analyses, si cette démarche par analyse n'est pas conclusive alors EDF procède à des remplacements (Méthodes 1, 2, 3a).
- 38 % des méthodes appelées par les NSQP font appel au maintien de qualification par prélèvements / expertises ou essais, si cette démarche par analyse n'est pas conclusive alors EDF procède à des remplacements (Méthodes 3b ou 5).
- 22 % des méthodes appelées par les NSQP font appel au maintien de qualification par remplacements directs sans analyse ou essai préalable (Méthodes 6a ou 6b).

Le bilan détaillé par typologie de matériels est présenté dans le tableau ci-après :

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
Contrôle commande		
Matériels du système de mesure de la puissance nucléaire (RPN)	Pour les sites CPY, rénovation au 4 ^{ème} RP 900 (PNPP1838)	Extension de qualification acquise
Relayage du système de protection du réacteur (RPR et hors RPR)	Anticipation des essais sur certains matériels hors RPR (essais dits prospectifs), puis essais de matériels prélevés sur site sur tout le scope	Essais prospectifs : extension de qualification acquise sur les platines, les unités de polarisation et de bornes et certaines embases Modifications engagées suite à des échecs en cours d'essais : Relais monostables TEC1804, TEC 1808 et Relais bistables Siemens V23003 (PNPE1215) Evolution de la fonction RPR (PNPP1871) Modifications en maintenance (DP333) : Relais de temporisation TEC MTI CACTA + joint G2 Résultats des autres essais : Extension de Qualification acquise
Matériels du système de régulation générale (KRG – SIP-P et SIP VI)	SIP CPY : 17 types de modules soumis à essais sur prélèvements et 3 types de modules par analogie	Résultats des essais : Extension de qualification acquise sauf pour les matériels objet des modifications ci-dessous. Modifications engagées suite à des échecs en cours d'essais sur des modules SIP : Evolution Système SIP – P (PNPP1873) Modifications en maintenance (DP333) : modules SIP
	Armoires électriques du SIP Protection CPY : prélèvement (méthode 5b) trop complexe => expertise (méthode 3b)	Extension de qualification acquise
Armoires de mesure de radioprotection (KRT)	Modules de comptages non d'origine	Extension de qualification acquise
	Racks, connectique, filerie interne, borniers prélevés et expertisés + essais de qualification complémentaire (notamment tenue au séisme) Expertise du reste des armoires (structure mécanique et raccordements électriques)	Extension de qualification acquise

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
	Câbles composites : étude de la composition des matériels, analyse du REX, expertises menées in-situ ou en laboratoire sur des échantillons de câbles vieilliss sur site.	Extension de qualification acquise
Ebulliomètre KPS	Matériels non d'origine = atteinte des 40 ans entre les 4 ^{ème} et 5 ^{ème} RP 900 : prélèvement lors du 4 ^{ème} RP 900 et essais	Extension de qualification non synchronisée au 4 ^{ème} RP 900. Prélèvement sur Fessenheim et essais programmés entre 2021 et 2023.
Gestionnaires d'alarmes en salle de commande (KSC)	Prélèvement et essais	Extension de qualification acquise
Matériels de la salle de commande	Remplacements direct de certains composants : klaxons Prélèvements de matériels caractéristiques de ceux installés sur les pupitres pour essais (prélèvement des pupitres entiers impossible)	Résultats des essais : extension de qualification acquise sauf pour les matériels objets des modifications ci-dessous. Modifications déjà engagées suite à des échecs en cours d'essais : Remplacement des indicateurs verticaux et des enregistreurs en SDC (PNPE1225) Remplacement des klaxons en SDC (PNRL1831)
Câbles	Prélèvements et expertises de câbles K1, K3 de différentes natures	Extension de qualification acquise
Traversées électriques	Analyse des fondamentaux : conservatismes de la qualification initiale, surveillance prévue dans les PBMP, études durée de vie (REX international, l'état des connaissances de base sur les matériaux, les particularités technologiques et les contraintes environnementales faibles vues par des traversées électriques)	Extension de qualification acquise
Matériels d'instrumentation		
Lignes de température RIC K1	Mixte entre les méthodes : - Expertise - Comparaison aux sollicitations d'ambiance réellement subies en exploitation	Extension de qualification acquise pour les lignes de température RIC jusqu'à l'arrêt VD5, sauf pour les connecteurs TIA499/6149 qui ont été mis en place dans les années 1990 et pour lesquels des gestes de qualification restent à entreprendre avant les arrêts VD5

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
Sondes de température à résistance de platine K1	Remplacement (DT38 ou BEVAA) Conservation des DT108, installées récemment	Extension de qualification acquise
Transmetteurs de pression BIBLOC	Essai suite à prélèvements	Extension de qualification acquise

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
Transmetteurs de type AMC TE	Exploitation du REX et conception intrinsèque robuste des matériels	Extension de qualification acquise
Débitmètres électromagnétiques Flumag / optiflux	Flumag : analyses Optiflux : qualification datant de 2007 et installés depuis cette date	Extension de qualification acquise
Capteurs de pression 8000	Analyses basées sur le suivi de paramètres de l'état du matériel ou de son fonctionnement en exploitation dans le cadre des essais périodiques.	Extension de qualification acquise
Chaînes neutroniques (CNI, CNS et CNP)	Remplacement de matériel dans le cadre de l'affaire AFT16.05. La modification PNPP1946 garantit des températures acceptables pour les chaînes neutroniques CNI en situation de perte de la ventilation forcée du puits de cuve.	Extension de qualification acquise
Chaînes de mesure de radioprotection (KRT) - Haut Flux Gamma	Intérieur BR : conception des chaînes principalement métalliques et Essai Périodiques ⇒ Analyse Extérieur BR : rénovation	Extension de qualification acquise Rénovation chaîne KRT haut flux gamma BR (PNPE1171)
Chaînes de mesure de radioprotection (KRT) - haute activité Puisards et activité RIS	Analyses basées sur l'âge réel des matériels installés, leur taux d'utilisation, les sollicitations et conditions d'ambiance réellement subies par les matériels en exploitation depuis leur installation ainsi que celles retenues en hypothèse d'ambiance dégradée	Extension de qualification acquise
Chaînes de mesure de radioprotection (KRT) - Chaînes Air Soufflé en Salle de Commande	Remplacement direct des chaînes	Rénovation chaîne KRT (PNPP1947)
Autres Chaînes KRT	Remplacements réalisés par les modifications matérielles PNPP1442, PNPP1485 – projet PIT 3 900, et PNPP1483 – projet Obsolescence	Extension de qualification acquise

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
Détecteurs de niveau Transmetteurs de pression Sonde hydrostatique	Qualification récente Détecteurs de niveau ANV Houdec, qualifié en 2006 et installé postérieurement à cette date Transmetteurs de pression Fuji, qualifié en 2009 et installé postérieurement à cette date Sonde hydrostatique BAUMER qualifiée en 2010 et installé postérieurement à cette date	Extension de qualification acquise
Détecteurs de niveau TCEM Thermostats / Manostats GEORGIN / BAUMER	Analyse : éléments de REX (essais et contrôles périodiques) positifs et comparaison de la qualification initiale aux sollicitations réelles	Extension de qualification acquise
Contrôleurs de débit HOUDEC CCB 311	Expertise de matériels prélevés sur site	Extension de qualification acquise
Fin de course Petercem	Essais suite à prélèvements sur site	Extension de qualification acquise par essais jusqu'au 5 ^{ème} RP pour tous les types de fins de course, hors ceux du site de Tricastin. La qualification des fins de course de Tricastin reste acquise jusqu'au 5 ^{ème} RP car non d'origine sur site.
Connectique – liaisons / câbles coaxiaux		
Liaisons coaxiales RPN K1 et K2	Allonges minérales CNI K1 de fabrication RCCN et bretelles minérales CNS K2 de fabrication PHOTONIS : remplacement avant l'atteinte des 40 ans d'exploitation par des liaisons triaxiales de fabrication RCCN (PNPP1842)	Extension de qualification acquise
	Bretelles minérales CNP K2 de fabrication PHOTONIS : analyse de la nature des matériaux constitutifs (métalliques et minéraux) et de la possibilité de réparation de la gaine externe	Extension de qualification acquise
	Allonges organiques K2 : utilisation des résultats des études R&D de durée de vie effectuées sur les câbles	Extension de qualification acquise

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
	IEG du Palier CPY, couplée à une expertise	

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
Matériels de connectique, qualifiés K1 et K2 (et couvrant le K3)	Prélèvement et expertises	Extension de qualification acquise
Prises Elastimold, équipant les moteurs HTA RRA	Remplacement : suite de l'AnP94/001	Extension de qualification acquise
Actionneurs de robinetterie		
Servomoteurs	Remplacement des servomoteurs K1 avant les 4 ^{ème} VD qui n'ont pas été remplacés dans la campagne de remplacement liée à l'affaire AI001.001	Extension de qualification acquise
	Matériels K2, K3 : essais, suite à des prélèvements	Résultats des essais : extension de qualification acquise hormis les modèles Honeywell installés sur DEL pour lesquels un remplacement est réalisé (PNPE1243 et PNRL1849)
Electrovannes	Type MB et MT ont été remplacées par une modification matérielle déployée au cours de la 3 ^{ème} VD (PNRL1035)	Extension de qualification acquise
	Essais suite à prélèvements sont en cours sur les électrovannes de type V301 (K1/K2) et les électro distributeurs de type MT/M2T (K2).	Essais en cours Résultats des essais : Extension de qualification acquise pour une partie des modèles Nécessité de remplacement des modèles MT/M2T K2/K3 à 40 ans (échéance postérieure aux 4 ^{èmes} réexamens périodiques), à étudier dans le cadre du 5 ^{ème} RP 900 (car non d'origine sur site)
Motorisations HTA et BT		
Moteurs HTA	Démonstration par analyse. Moteurs RRI et RCV rénovés	Extension de qualification acquise
Moteurs BT	Prélèvement et essais sur une sélection de moteurs installés sur site et représentatifs	Extension de qualification non acquise sur certains modèles Modification engagée: PNRL1845 : remplacement de moteurs BT

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
Distribution électrique		
Tableaux HTA (LHi/LGi – Distribution 6,6 kV secouru et non secouru)	Composants déjà remplacés Réalisation d'essais et/ou des expertises sur des parties fixes et mobiles prélevées sur site	Résultats des essais : Extension de qualification non acquise sur certains composants. Modification(s) déjà engagée(s) suite à des échecs en cours d'essais : Modifications en maintenance (DP333): remplacement fusibles MGK, mise en place de fixation, contrôles particuliers
	Chaîne de protection : prélèvements et essais	Résultats des essais : extension de qualification non acquise sur certains composants des tableaux. Modification(s) déjà engagée(s) suite à des échecs en cours d'essais : Modifications en maintenance (DP333) : remplacement des relais de protection temporisés ICE-TT711
Tableaux Sources (LAI (230 V cc), LBI (125 V cc), LCI (48 V cc), LDI (30 V cc) et LNI (220 V ca ondulé)	CPY : Remplacement des relais de protection des tableaux sources du au plus tard au 4 ^{ème} RP 900 (DP333)	Extension de qualification acquise
	Reste des tableaux équipant les sites du CPY : essais et/ou des expertises sur des matériels prélevés sur site	Résultats des essais : extension de qualification non acquise sur certains composants des tableaux. Modification(s) déjà engagée(s) suite à des échecs en cours d'essais : Modifications en maintenance (DP333): Remplacement des disjoncteurs 125V cc (KB2 et Securex et des relais auto OKFC)
Tableaux BT	Essais et/ou des expertises sur des matériels prélevés sur site	Résultats des essais : extension de qualification non acquise sur certains composants des tableaux. Modification(s) déjà engagée(s) suite à des échecs en cours d'essais : Modifications en maintenance (DP333): remplacement de tiroirs contacteurs
	Relais de protection : prélèvements et essais	Extension de qualification acquise
Transformateurs HTA / BT (CPY)	Remplacement des transformateurs HTA / BT 630 kVA sur CPY (PNPE1044)	Remplacement des transformateurs HTA / BT 630 kVA sur CPY (PNPE1044)

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
Armoires et coffrets de distribution		
Tableaux IAAR	Essais et expertises des éléments sensibles prélevés sur site	Extension de qualification acquise
Armoires auxiliaires des groupes électrogènes diesels	Modification matérielle déployée au 4 ^{ème} RP 900 (PNPE1122) pour permettre la récupération des matériels pour essais et expertises ou remplacement (contacteurs d'excitation)	Extension de qualification acquise par le remplacement, dans l'attente de résultats d'essais des matériels prélevés sur TRI1 Modifications en maintenance (DP333) : remplacement de régulateur tension et platine DDAE
Armoires auxiliaires des turboalternateurs de secours (LLS)	Installées après la mise en service industrielle des tranches 900 MWe (à partir de 1984).	Extension de qualification engagée, non synchronisée à la 4 ^{ème} VD, traitée dans l'affaire PNPE1148.
Coffrets survitesse ASG	Prélèvements / remplacements gérés par la modification matérielle (PNPE1258 tome J), du projet du 4 ^{ème} RP 900	Extension de qualification acquise par le remplacement, dans l'attente de résultats d'essais des matériels prélevés sur TRI1. Pour assurer l'extension de qualification, au vu des prélèvements et essais tardifs, les remplacements seront effectués si les essais ou expertises n'apportaient pas des résultats positifs
Eclairage de sécurité de la SdC	Prélèvements / remplacements gérés par la modification matérielle (PNPE1132)	Extension de qualification acquise par le remplacement par la PNPE1132 Pour assurer l'extension de qualification, au vu des prélèvements et essais tardifs, les remplacements seront effectués si les essais ou expertises n'apportaient pas des résultats positifs
Convertisseurs (onduleurs et redresseurs)	Autres matériels : Plusieurs méthodes de qualification progressive sont mises en œuvre de manière simultanée.	Résultat des expertises : extension de qualification acquise pour les matériels de Tricastin sous réserve de remplacer les composants sensibles. Expertise et essais en cours sur certains matériels du palier CPY hors Tricastin. Modification(s) déjà engagée(s) : PNSR9008 9015/16/17/18 : études, inspections, expertises et éventuels remplacement de composants sensibles pour certains sites du Palier CPY

Typologie de matériel	Méthode de qualification	Conclusion
Résistances et traçages électriques	REX satisfaisant et expertises sur site	Résultat des expertises : extension de qualification acquise sous conditions de bon état des matériels Modifications en maintenance (DP333) : contrôle et remplacement de résistances et cordons chauffants
Batteries d'accumulateurs	Mesures périodiques et remplacement dans le cadre de la maintenance pratiquée depuis l'origine sur ces équipements	Extension de qualification acquise

Partie spécifique à la tranche 2 du CNPE de Gravelines

Spécificités de la tranche

La tranche 2 du CNPE de Gravelines ne présente pas de spécificité vis-à-vis de l'état Palier.

Bilan de l'état de la tranche

Les modifications :

- PNPP1838 « Rénovation du RPN CPY en VD4 ».
- PNPE1044 « Augmentation de puissance des tableaux BT 380V ».
- PNPE1122 « Maintien de qualification des armoires des groupes électrogènes de secours ».
- PNPE1215 « Remplacement des relais TEC1804/1808 et Siemens V23003 hors RPR ».
- PNPE1225 « Remplacement des indicateurs verticaux et enregistreurs en salle de commande ».
- PNPE1243 « Remplacement des servomoteurs électriques des robinets du système de production et distribution d'eau glacée du bâtiment électrique DEL ».
- PNPP1442 tome A « Fiabilisation et suffisance des mesures KRT REN/APG ».
- PNPP1483 « Obsolescence des chaînes KRT ».
- PNPP1871 « Evolution fonction RPR et Testeur ; Evolution Testeur RPR ; Remplacement des commutateurs SdC ».
- PNPP1873 « Evolution Système SIP-Protection ».
- PNPP1946 « Ajout d'un registre sur la gaine de ventilation puits de cuve ».
- PNPP1947 « Rénovation des chaînes de mesure de radioprotection KRT ».
- PNPE1258 tome J « Remplacement du coffret de survitesse ASG ».
- PNPP1842 « Pose et montage des allonges triaxiales CNS et CNI du système RPN ».
- PNRL1035 « Remplacement électrovannes K1 MB & MT et des fins de course ».
- PNRL1831 « Remplacement des klaxons en salle de commande ».
- PNRL1845 « Remplacement de moteurs Basse Tension ».
- PNRL1849 « Maintien de qualification des registres DVL et DVC ».

ont été intégralement réalisées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

Les modifications en maintenance au titre de la DP333 ont été intégralement réalisées sans réserve sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines. Les impacts documentaires de ces modifications ont été pris en compte.

La modification PNPE1171 « Rénovation chaîne KRT haut flux gamma BR » sera déployée sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900.

La modification PNPE1148 « Maintien de la qualification des armoires et coffrets de distribution LLS » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines prévue au plus tard en 2024 ²⁷.

La modification PNPP1485 « Remplacement des chaînes KRT VVP / azote 16 » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche n°2 du CNPE de Gravelines prévue au plus tard 40 ans après l'installation des chaînes.

La modification PNPE1132 « Remplacement de matériels d'éclairage de sécurité en salle de commande » sera déployée dans le cadre d'une programmation spécifique avec une intégration sur la tranche n°2 du CNPE de Gravelines prévue au plus tard 6 mois après l'arrêt VD4.

2.3 Conclusion

Le maintien de la qualification aux conditions accidentelles fait l'objet d'une démarche basée sur plusieurs méthodes de justification allant de l'analyse du dossier au remplacement en passant par le prélèvement pour test. Le résultat de cette démarche graduée et exhaustive amène à un nombre significatif de travaux et permet de garantir l'extension de durée de vie qualifiée jusqu'au 5^{ème} RP.

²⁷ Nota : les résultats des expertises sur les composants considérés pourraient conduire à étendre la période de validité du dossier de qualification au-delà de 2024.

CONCLUSION

Conformément à l'article L.593-18 du code de l'environnement, EDF réalise des réexamens périodiques de ses réacteurs tous les dix ans afin « *d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser l'appréciation des risques ou inconvénients que l'installation présente pour les intérêts mentionnés à l'article L.593-1, en tenant compte notamment de l'état de l'installation, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances, dont celles sur le changement climatique et ses effets, et des règles applicables aux installations similaires* ».

Le réexamen porte d'une part sur la conformité aux règles applicables et d'autre part sur la réévaluation des risques et l'appréciation des inconvénients que l'INB présente pour les intérêts protégés : la sécurité, la santé et la salubrité publique ou la protection de la nature et de l'environnement (article L.593.1 du code de l'environnement).

L'ensemble des nouvelles dispositions prises par EDF pour répondre aux objectifs visés et aux demandes formulées par l'ASN s'intègre dans un programme industriel de grande ampleur tenant compte des impacts induits pour les hommes et les organisations en place sur les sites nucléaires.

Les conclusions d'EDF sur les 3 volets « *risques* », « *Inconvénients* », « *Poursuite du fonctionnement après 40 ans* » sont synthétisées ci-après. Elles ont été examinées en 2020 dans le cadre du Groupe Permanent pour les Réacteurs clôturant la phase générique du 4^{ème} Réexamen Périodique. A l'issue de cette phase générique, et après consultation du public, l'ASN a pris position sur les dispositions prévues par EDF en réponse aux objectifs du réexamen ; elle a émis (décision n° 2021-DC-0706) des prescriptions génériques encadrant les améliorations majeures prévues par EDF et introduisant des dispositions supplémentaires considérées comme nécessaires par l'ASN. EDF présentera chaque année les dispositions mises en œuvre au cours de l'année précédente, ainsi que celles qui restent à effectuer et leur programmation.

❖ Volet Risques

Le 4^{ème} RP 900, conformément à ses objectifs initiaux, a permis de vérifier la conformité de la tranche 2 du CNPE de Gravelines vis-à-vis du référentiel de conception applicable en entrée de réexamen, puis de prendre en compte dans ce référentiel de nouvelles exigences d'un niveau très supérieur aux exigences antérieures. Vis-à-vis de ces nouvelles exigences, EDF s'est assurée que les marges prises à la conception permettaient à l'installation d'y répondre et dès que nécessaire, a pris des dispositions permettant à l'installation et aux organisations d'y répondre.

Les processus mis en œuvre dans ce cadre permettent de garantir que les installations sont conformes au référentiel d'exigences applicable lors de la divergence faisant suite à l'arrêt pour Visite Décennale qui constitue une étape importante du réexamen périodique visé par l'article L.593-18 du Code de l'environnement.

Sur le plan de la conformité :

- Le processus de traitement des écarts ayant un impact sur la sûreté a permis d'analyser et de traiter avant la divergence faisant suite à la Visite Décennale l'ensemble de ces écarts à l'exception de six écarts de conformité pour lesquels des dispositions compensatoires ont été prises pour en éliminer la nocivité dans l'attente de leur résorption ;
- Les contrôles ECOT, les compléments à l'ECOT et les revues des systèmes ont permis de vérifier l'état de conformité des installations et de mettre en œuvre, si besoin, des actions correctives.
- Les investigations complémentaires menées contribuent à confirmer l'adéquation du référentiel de maintenance ;
- Les événements ayant fait l'objet de la déclaration d'un ESS de niveau supérieur ou égal à 1 sur l'échelle INES ou d'un ESE relatif au confinement liquide sont tous résorbés, à l'exception d'un ESS pour lequel des dispositions transitoires ont été mises en œuvre dans l'attente de son traitement pérenne, d'un ESE pour lequel une surveillance renforcée est toujours en cours et d'un ESE pour lequel une rénovation de tuyauterie est prévue en 2024.

Compte-tenu des dispositions prises dans le cadre du 4^{ème} RP 900, EDF répond aux objectifs de la réévaluation de sûreté pour les réacteurs du Palier CPY :

- Pour les accidents sans fusion du cœur, les dispositions prises permettent de respecter les critères de sûreté des études d'accidents et de tendre vers des niveaux de conséquences radiologiques ne nécessitant pas la mise en œuvre de mesures de protection pour la population. De plus, ces dispositions permettent de répondre aux enjeux de sûreté liés à la prise en compte des conditions de fonctionnement et délais opérateur du référentiel déterministe de conception du réacteur EPR de Flamanville 3. Les études probabilistes de sûreté de niveau 1 montrent une amélioration globale du résultat vis-à-vis du précédent réexamen (diminution du risque global de fusion du cœur de l'ordre de 30 %).
- Pour les agressions, les dispositions prises permettent de s'assurer de la robustesse des installations à des niveaux d'agression réévalués à l'occasion du réexamen ainsi qu'aux préconisations internationales en plaçant les installations au niveau des standards européens les plus avancés pour les réacteurs existants. De plus, les études probabilistes de sûreté de niveau 1 associées ont permis de vérifier la robustesse des installations en estimant un risque de fusion du cœur de l'ordre de quelques 10^{-5} / année.réacteur.
- Pour la piscine combustible, les dispositions prises permettent de rendre le risque de découvrement des assemblages de combustible lors de vidanges accidentelles et de perte de refroidissement extrêmement improbable. La mise en place d'un moyen mobile de refroidissement permet de diversifier

la source froide et de renforcer le volet restauration du refroidissement de la piscine combustible en situation d'ébullition, ce qui permet de rapprocher le design des réacteurs du Palier CPY de celui des réacteurs de type EPR de Flamanville 3.

- Pour les accidents avec fusion du cœur, les dispositions prises, notamment les dispositions Noyau Dur, permettent de rendre le risque de rejets précoces et importants extrêmement improbable et d'éviter les effets durables dans l'environnement. Le Noyau Dur s'appuie sur des Structures, Systèmes et Composants ainsi que sur des dispositions organisationnelles mis en place par EDF dans le cadre des moyens déployés sur le parc de manière pérenne suite à l'accident de Fukushima.

Concernant les risques conventionnels, les études effectuées sur le CNPE de Gravelines démontrent que ces risques sont maîtrisés vis-à-vis des intérêts protégés.

❖ **Volet Inconvénients**

Le CNPE de Gravelines est organisé afin d'assurer la maîtrise de sa conformité aux règles qui lui sont applicables : la première partie de ce volet inconvénients montre que le CNPE met en œuvre des dispositions pour maîtriser les inconvénients qu'il présente pour les intérêts protégés.

L'actualisation de l'appréciation des inconvénients que le CNPE de Gravelines présente pour les intérêts protégés montre que, au vu des enjeux environnementaux et des contraintes locales du CNPE, ses performances environnementales globales permettent de considérer l'ensemble des dispositions mises en œuvre comme équivalentes à des Meilleures Techniques Disponibles.

L'analyse des données de la surveillance chimique, écologique et radiologique de l'environnement au voisinage du CNPE ne révèle pas d'influence notable résultant de son fonctionnement.

La comparaison des résultats de l'état des sols du CNPE avec les données des sols environnants n'a pas mis en évidence la présence de substances chimiques ou radioactives à un niveau nécessitant la mise en place de mesures de gestion. Concernant le milieu « eaux souterraines », pour les zones nécessitant des compléments d'investigations, des mesures de gestion pourront être proposées sur la base des résultats obtenus.

Le CNPE de Gravelines est organisé pour assurer la maîtrise et la gestion du reconditionnement des colis de déchets.

L'analyse du réexamen des limites de rejets des substances réglementées met en évidence la compatibilité des limites de rejets des substances mentionnées dans le tableau annexé à l'article R. 211-11-1 du code de l'environnement, avec les besoins d'exploitation des réacteurs.

L'analyse des mesures réalisées montre que les niveaux sonores du CNPE permettent de respecter les objectifs fixés par l'article 4.3.5 de l'arrêté INB du 7 février 2012.

Ainsi, le réexamen périodique du réacteur n° 2 du CNPE de Gravelines (INB n° 96) permet de conclure que les dispositions organisationnelles et matérielles mises en place par l'exploitant permettent d'assurer la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement, vis-à-vis des inconvénients.

❖ Volet Poursuite du fonctionnement

Le programme de maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence mené à l'occasion du 4^{ème} RP est basé sur les actions de R&D et de suivi en service des équipements menés de longue date. Lors de l'arrêt VD4, des examens approfondis des matériels et structures ont été réalisés afin de vérifier leur aptitude à la poursuite en exploitation.

Le programme de maîtrise de la qualification des Matériels Qualifiés aux Conditions Accidentelles (MQCA) des matériels mécaniques et électriques a permis de démontrer le maintien de cette aptitude au-delà du 4^{ème} Réexamen Périodique.

Sur la base de ces programmes, le réexamen conclut que la tranche 2 du CNPE de Gravelines est apte à poursuivre son fonctionnement après 40 ans.

Le présent rapport montre que l'ensemble des dispositions mises en œuvre lors du 4^{ème} Réexamen Périodique du Palier CPY, qui a démarré avec la 4^{ème} Visite Décennale et qui se poursuivra par le déploiement de la phase B et de la phase « Compléments » permet à la tranche 2 du CNPE de Gravelines de garantir une protection adéquate des intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du code de l'environnement.

La remise du présent rapport aux Ministres chargés de la sûreté nucléaire et à l'Autorité de Sûreté Nucléaire satisfait à l'obligation de réexamen périodique de ce réacteur, conformément à l'article L.593-62 du code de l'environnement.

ANNEXE

Cette annexe liste les modifications matérielles appelées dans ce document et le ou les thèmes auxquels les modifications sont rattachées.

Modifications déjà déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPE1032	Remplacement des coffrets électriques RPE/RR1 – Protection contre inondation interne	Agressions (inondation interne)
PNPE1039	Protection Périphérique contre les inondations externes à Gravelines	Agressions (inondation externe) Dispositions Noyau Dur
PNPE1044	Augmentation de puissance des tableaux BT 380V	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPE1068 Tome A	Mise en place d'une distribution électrique Noyau Dur	Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur
PNPE1069	Ajout d'un aérotherme dans le local des groupes frigorifiques DEG	Agressions (grands chauds)
PNPE1070	Amélioration du conditionnement des locaux DVL MT/BT	Agressions (grands chauds) Dispositions Noyau Dur
PNPE1073	Mise en place d'un contrôle-commande Noyau Dur pour les matériels existants	Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur
PNPE1108 tome A	Confinements effluents et étanchéité des traversées	Agressions (inondation interne)
PNPE1118	Renforcement sismique de la ventilation des locaux batteries (DVE)	Agressions (explosion) Dispositions Noyau Dur
PNPE1122	Maintien de qualification des armoires des groupes électrogènes de secours	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPE1131	Densification de l'architecture électrique des chemins de câbles contrôle-commande et puissance	Revue Systèmes

Modifications déjà déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPE1138	Protection du Bloc De Sécurité (BDS) contre l'inondation externe	Agressions (inondation externe)
PNPE1141	Augmentation du débit des vannes réglantes GCT-a	Accident sans fusion
PNPE1144 hors tomes F et G	Réhausse de la protection volumétrique	Agressions (inondation interne)
PNPE1152	Substitution de l'alimentation électrique par le Turbo Alternateur de Secours LLS par le Diesel d'Ultime Secours	Accident sans fusion
PNPE1165	Protection contre les Projectiles Générés par Grand Vent (PGGV)	Agressions (Grand Vent)
PNPE1166	Ajout d'une architecture électrique permettant la substitution du Diesel d'Ultime Secours par le Diesel d'Ultime Secours de la tranche voisine	Accident sans fusion
PNPE1167 tome A	Saturation des diesels de tranches CPY - Non relestage pompes REA eau et chaufferettes pressuriseur	Revue des systèmes
PNPE1167 Tome B	Saturation des diesels de tranches CPY - Verrouillage ASG-RRR	Revue des systèmes
PNPE1174	Ajout d'une ventilation DVP en salles CRF/CFI et remplacement de la ventilation DVP des locaux SEC et dans le hall de la station de pompage de Gravelines	Agressions (Grands Chauds)
PNPE1191	Renforcement des axes de câblage	Agression (séisme)
PNPE1213	Mise en place d'un système d'étanchéité au passage de l'arbre de transmission du tambour filtrant	Agressions (inondation externe) Dispositions Noyau Dur
PNPE1215	Remplacement des relais TEC1804 et TEC1808 et Siemens V23003 hors RPR	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles

Modifications déjà déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPE1216	Modification sur la chaîne de commande des soupapes SEBIM pour éviter tout risque d'ouverture intempestive en cas d'incendie dans les locaux électriques	Agressions (EPS incendie)
PNPE1225	Remplacement des Indicateurs verticaux et enregistreurs en salle de commande	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPE1243	Remplacement des servomoteurs électriques des robinets du système de production et distribution d'eau glacée du bâtiment électrique DEL	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPE1258 tome J	Remplacement du coffret de survitesse ASG	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPE1264	Remplacement d'un câble du système ETY	Accident avec fusion
PNPE1277 Tomes A et C	Protection Incendie de câbles électriques	Agressions (EPS incendie)
PNPE1279	Protection inondation interne des locaux voie B au plancher 4 du Bâtiment Electrique – siphon de sol	Agressions (EPS inondation interne) Accident avec fusion
PNPE 1330 Tome A	Ajout d'un Recombineur Autocatalytique Passif (RAP) local batterie	Agressions (EPS explosion)
PNPE1333 tome A	Renforcement au séisme Noyau Dur du Circuit Primaire Principal, du Circuit Secondaire Principal et supportage DRR	Dossier de référence réglementaire Dispositions Noyau Dur
PNPE1335	Robustesse de l'arrêt automatique du CRF vis-à-vis d'une inondation sismo-induite	Agressions (inondation externe)
PNPE1344	Doublement de l'automatisme d'isolement de la ligne d'aspiration du circuit PTR (piscine du bâtiment combustible)	Piscine combustible
PNPE1348	SEU alternative - installation de bâches souples pour la SEU alternative	Piscine combustible
PNPE1443	Renforcement d'une trémie dans le BK	Piscine combustible

Modifications déjà déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPP1012 tomes A et E	Risques liés aux stockages de gaz à l'extérieur des bâtiments	Agressions (explosion)
PNPP1092	Protection incendie des locaux des pompes RCV	Agressions (incendie)
PNPP1123	Mise en place de la mesure de niveau aval filtration avec déclenchement de pompes de production sur niveau aval filtration très bas	Agressions de la source froide
PNPP1196	Rénovation Globale Détection Incendie	Agressions (incendie)
PNPP1232	Mise en place de rampes d'aspersion dans les locaux des compresseurs TEG du palier CPY	Agressions (incendie)
PNPP1289	Redimensionnement du casse-siphon situé sur la ligne de refoulement du système de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible	Dispositions Noyau Dur Piscine combustible
PNPP1371	Fiabilisation de l'isolement des barrières thermiques GMPP	Accident sans fusion
PNPP1401	Mise en place d'un second joint statique sur le batardeau de la piscine du bâtiment réacteur	Piscine combustible
PNPP1402	Fermeture automatique de la vanne PTR d'aspiration dans la piscine d'entreposage du combustible sur niveau très bas	Piscine combustible Dispositions Noyau Dur
PNPP1403	Motorisation de la vanne du tube transfert PTR	Piscine combustible
PNPP1419	Mise en place d'un AAR sur séisme	Accident sans fusion Dispositions Noyau Dur
PNPP1442 tome A	Fiabilisation et suffisance des mesures KRT REN/APG	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPP1474	Mesure de pression accumulateurs RIS Gamme large	Piscine combustible
PNPP1483	Obsolescence des chaînes KRT	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles

Modifications déjà déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPP1541	Mise en place d'un système de collecte des effluents en accident avec fusion du cœur	Accident avec fusion Disposition ND
PNPP1546	Amélioration de la robustesse du système EAU vis-à-vis du DAO	Accident sans fusion
PNPP1595 Tome B	Remplacement des têtes de soupape SEBIM	Accident sans fusion Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur
PNPP1549	Mise en position sûre d'un assemblage de combustible	Dispositions Noyau Dur Piscine combustible
PNPP1631	Renforcement des hublots des sas du bâtiment réacteur	Accident avec fusion Disposition ND
PNPP1666	Diesel d'Ultime Secours	Piscine combustible Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur
PNPP1675	Protections vis-à-vis de l'inondation externe par déversement direct sur la plateforme	Agressions (inondation externe) Dispositions Noyau Dur
PNPP1679	Renforcement sismique des mesures de niveau TOR (NB, NTB) de la piscine combustible.	Piscine combustible
PNPP1688 Tome C	Mise en place d'un contrôle-commande Noyau Dur pour les nouveaux matériels	Dispositions Noyau Dur
PNPP1709	Remplacement vannes SIERS et interverrouillage vannes manuelles RPE	Agressions (explosion)
PNPP1723	Mise en place de recirculation hivernale pour les sites non robustes en situation de frasil	Agressions (source froide)
PNPP1780	Automatisation de vannes de vidange de la piscine du bâtiment réacteur	Dispositions Noyau Dur Piscine combustible
PNPP1811	Mise en place d'un système EAS-ND d'injection d'eau au primaire et d'évacuation de la puissance résiduelle	Accident sans fusion Accident avec fusion Disposition ND

Modifications déjà déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPP1838	Rénovation du RPN CPY en VD4	Accident sans fusion Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPP1842	Pose et montage des allonges triaxiales CNS et CNI du système RPN	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPP1864	Réalimentation de la bâche ASG par le circuit d'eau incendie JP*	Accident sans fusion
PNPP1870	Renforcement de la tenue du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte au séisme de niveau SMHV	Accident avec fusion
PNPP1871	Evolution fonction RPR et Testeur ; Evolution Testeur RPR ; Remplacement des commutateurs SdC	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPP1873	Evolution Système SIP-Protection	Accident sans fusion Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPP1874	Remplacement des grilles de préfiltration pour être robuste à l'agression "arrivée massive de colmatant"	Agressions de la source froide
PNPP1898	Renforcement du pont polaire au séisme Noyau Dur	Dispositions Noyau Dur
PNPP1907 hors tome N	Création d'un système de refroidissement mobile diversifié PTRbis	Dispositions Noyau Dur Piscine combustible
PNPP1926 Volets A, B et C	Asservissement de coupure de la chaîne KRT sur détection KHY en gaine de ventilation Ajout de détecteur hydrogène dans les locaux batteries Déclinaison aggravant WENRA pour détection hydrogène	Agressions (explosion)

Modifications déjà déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPP1946	Ajout d'un registre sur la gaine de ventilation puits de cuve	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPP1947	Rénovation des chaînes de mesure de radioprotection KRT	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPP1950	Installation de faux plancher dans les locaux de relayage	Revue Systèmes
PNPP1951	Mise en place des parafofoudres	Agressions (IEM externes)
PNPP1955	Amélioration du refroidissement des diesels	Revue des systèmes
PNPP1976	Mise en place d'un dispositif d'étalement à sec et de stabilisation du corium sous eau	Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur
PNRL1035	Remplacement électrovannes K1 MB & MT et des fins de course	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNRL1817	Filtre Tmoy – SIP C	Accident sans fusion
PNRL1823	Remplacement des moteurs des aéro-réfrigérants diesels LHP/LHQ	Agressions (Grands Chauds) Revue des systèmes
PNRL1829	Augmentation du volume REA-bore requis - Augmentation du volume libre TEP	Accident sans fusion
PNRL1831	Remplacement des klaxons en salle de commande	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNRL1835	Mise à jour des paramètres du suivi auto d'encrassement des échangeurs RRI/SEC	Agressions (grand chaud)
PNRL1844	Aménagement spécifique de site pour la source froide ultime : rampes d'accès à la source froide	Accident avec fusion Dispositions noyau dur
PNRL1845	Remplacement de moteurs Basse Tension	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles

Modifications déjà déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines		
Numéro	Intitulé	Thème
PNRL1849	Maintien de qualification des registres DVL et DVC	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNRL1879	Contacteurs à accrochage DVLa	Accident sans fusion
PNRL1894	Remplacement des sondes de température du circuit primaire en branche froide	Accident sans fusion
PNRL1895	Modification de la commande de la vanne du tube de transfert pour fermeture sous débit	Revue des systèmes Piscine combustible
PNRL1903	Réalimentation ASG par JP* (alarmes STE : création sur seuils NTB JPP)	Accidents sans fusion
PNRL1922	Traitement des by-pass de la protection volumétrique	Agressions (inondation externe)
PNRL1924	Mise à la terre des gaines DVN pour les ventilations locaux iode	Agressions (explosion)
PNRL1927	Suppression des risques de bypass de la protection volumétrique	Agressions (inondation externe)
PNRL1933	Renforcement sismique de la ligne de brassage de la soude	Revue des systèmes
PNRL1952 tome B	Confinement liquide – émissaires non confinés	Maîtrise de la conformité réglementaire
PNRL1955	Augmentation des seuils DVN (ventilation générale du bâtiment des auxiliaires nucléaires)	Agressions (grands froids)
PNRL1990	Robustesse au séisme majoré de sécurité du réseau incendie JP*	Agressions (Séisme)
PNXX1721	Fiabilisation de la commande des soupapes du pressuriseur	Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur
PNXX1746	Détection percée de cuve et fonctionnement recombiner hydrogène par température élevée	Accident avec fusion
PNXX1752	Mesure de niveau analogique piscine d'entreposage du combustible	Piscine combustible

Modifications déjà déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines		
Numéro	Intitulé	Thème
ILGB1188	Robustesse aux Projectiles Générés par Grands Vents de l'instrumentation CFI	Agressions de la source froide
DP333	Qualification des matériels aux conditions accidentelles après les VD4	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles Vieillessement
FA I131	Abaissement des spécifications radiochimiques en I131eq en transitoire à 80 GBq/t	Accident sans fusion

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPE1108 tome B	Réhausse de voiles, mise en place de dispositifs d'exhaure, serrureries	Agressions (inondation interne)
PNPE1115	Ordre d'Arrêt Automatique Réacteur sur Séisme et information d'un séisme significatif, robustes au Séisme Noyau Dur	Dispositions Noyau Dur
PNPE1119	Protections passives de l'îlot nucléaire à la tornade	Dispositions Noyau Dur
PNPE1128	Mesures de niveau « Tout ou Rien » de la piscine du bâtiment réacteur	Piscine combustible Dispositions Noyau Dur
PNPE1171	Rénovation chaîne KRT haut flux gamma BR	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles
PNPE1189	Ajout d'un dispositif de prélèvement du fluide primaire en état d'arrêt en aval échangeur CEPP (Circuit d'Etanchéité des Pompes Primaires) vis-à-vis des risques de dilution hétérogène par fuite CEPP	Accident sans fusion
PNPE1238	Augmentation de la tenue au séisme des bâches à fioul pour les séismes supérieurs au SMS par ajout de butées longitudinales	Agressions (Remontage global EPS)
PNPE1258 hors tome J	Mise en place du dispositif ASG-ND et ligne fixe de réalimentation de la piscine d'entreposage du combustible par SEG	Agressions (explosion et EPS incendie) Piscine combustible Dispositions Noyau Dur
PNPE1277 Tome B	Protection Incendie de câbles électriques	Agressions (EPS incendie)

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPE1277 tome D	Protection de la commande de fermeture de la vanne d'admission de la TP ASG avec l'installation d'une commande en Salle de Commande	Agressions (EPS incendie)
PNPE1285	Robustesse au séisme Noyau Dur des chemins de câbles	Dispositions Noyau Dur
PNPE1298	Robustesse Noyau Dur de l'information représentative de l'efficacité de la borication haute pression	Dispositions Noyau Dur
PNPE1302	PEPSSI - Référentiel incendie : enrubannage	Agressions (incendie)
PNPE1305	Mise en place d'une détection d'une situation H1 robuste au séisme Noyau Dur	Dispositions Noyau Dur
PNPE1330 tome B	Maintien de l'extraction H ₂ en cas de pertes sources LBi	Agressions (EPS explosion)
PNPE1332	Robustesse au séisme Noyau Dur des tuyauteries	Dispositions Noyau Dur
PNPE1333 tome B	Renforcement au séisme Noyau Dur du Circuit Primaire Principal, du Circuit Secondaire Principal et supportage SND	Dossier de référence réglementaire Dispositions Noyau Dur
PNPE1336	Traçage RRB et remplacement mesures de niveau de la bache PTR	Dispositions Noyau Dur
PNPE1342	Remplacement par des calorifuges métalliques des calorifuges fibreux installés sur les tuyauteries primaires et les fonds primaires des générateurs de vapeur qui sont susceptibles de libérer des fibres en cas de brèche en pied de générateur de vapeur	Revue des systèmes
PNRS1024	Consignation renforcée pour sécurisation de la ligne H2 vers RCV002BA	Agressions (explosion)

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPE1347	Remplacement de certains servomoteurs électriques et coffrets des systèmes EAS et PTR	Accident avec fusion
PNPE1357	Robustesse au séisme Noyau Dur des matériels électriques et contrôle-commande	Dispositions Noyau Dur
PNPE1358	Robustesse au séisme Noyau Dur des systèmes de ventilation et robustesse à la tornade des gaines de ventilation	Dispositions Noyau Dur
PNPE1359	Augmentation de la pression des accumulateurs RIS	Accident sans fusion
PNPE1387	Mise en place d'une détection d'étalement du corium dans le local RIC (instrumentation du cœur) et secours électrique par le DUS (Diesel Ultime Secours) de la détection percée cuve	Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur
PNPE1393	Fermeture de la vanne d'isolement H ₂ du système SGZ en cas de détection incendie par le système JDT	Agressions (incendie)
PNPE1395	Modifications pour prise en compte des effets induits mécaniques sur matériels Noyau Dur (ajout de pare-buffle, renfort de structures)	Dispositions noyau dur (robustesse)
PNPE1405 tome D	Modification protection incendie en station de pompage suite aux études PEPSSI	Agressions (incendie)
PNPE1412	Ajout de prises électriques 220V dans l'îlot de survie, secourues par le DUS	Dispositions Noyau Dur
PNPE1420	PEPSSI - Remplacement de portes coupe-feu	Agressions (incendie)
PNPE1442	Cellules d'autocontrôle pour manœuvrer les RCV-RIS depuis le BL (injection simultanée ISHP)	Accident sans fusion

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4^{ème} RP 900		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPE1444	Protections passives « traitement de traversées et de joints »	Agressions (incendie)
PNPE1445	Protection de deux lignes RRI (réfrigération intermédiaire) contre l'ouverture d'une porte suite à explosion potentielle et ajout d'un cadre anti-fouettement	Agressions (Explosion)
PNPE1471	Remplacement de robinets ou de joints de robinets sur bras morts EAS ND (7 robinets)	Accident avec fusion
PNPE1478	Robustesse au SND de l'instrumentation	Dispositions noyau dur (robustesse)
PNPE1486	Robustesse électrique AG/ND – RCV 430 SM et EAS 002 VB	Accident avec fusion du cœur (qualification)
PNPP1722	Traçage et calorifugeage alimentation ASG par SER	Agressions (grands froids)
PNPP1824	Ajout d'une chaîne de mesure de niveau analogique de la piscine d'entreposage du combustible	Piscine combustible Dispositions Noyau Dur
PNPP1907 tome N	Refoulement PTRbis et appoint Noyau Dur par le haut de la piscine d'entreposage du combustible	Piscine combustible Dispositions Noyau Dur
PNPP1913	Renforcements des ponts BK	Dispositions Noyau Dur
PNPP1925	Amélioration de l'isolation électrique entre Unité de Polarité et entrées TOR du KIT (traitement centralisé de l'information)	Dispositions Noyau Dur
PNPP1932	Implantation d'un piquage sur la double enveloppe des systèmes d'injection de sécurité RIS et d'aspersion EAS, pour prise endoscopique	Accident sans fusion

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase B des modifications du 4 ^{ème} RP 900		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPP1945	Création d'une enceinte ventilée par DVN pour confiner les vannes RPE à risque iode	Inconvénients
PNPP1949	Installation d'un écran de protection contre l'incendie entre les pompes PTR pour la séparation physique des deux voies PTR	Piscine combustible
PNRL1803	Mise en place d'un appoint Noyau Dur en eau à la piscine du bâtiment réacteur et son exutoire vapeur	Dispositions Noyau Dur
PNRL1896	Remplacement des joints d'un clapet du système et stockage et distribution d'azote (RAZ)	Accident avec fusion
PNRL1925	Traitement de risques incendie par gestion des nouvelles charges calorifiques	Agressions (incendie)
PNRL1957	Modification de la droite de blocage du groupe R	Accident sans fusion
PNPE1675	Protection volumétrique - Bypass locaux bulle	Agressions (Inondation externe)
TCDI0022	Robustesse Noyau Dur du système DCA.	Dispositions noyau dur (robustesse)
PNRS1012	Déclinaison de la méthodologie PEPSSI BR CPY et CP0 Bugey	Agressions (Incendie)
PNPE1481	Traitement des éléments non fixés en toiture du DUS	Disposition noyau dur

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4 ^{ème} RP 900		
Numéro	Intitulé	Thème
PNPE1362	Mise en œuvre de lignes fixes d'injection et d'aspiration au Bâtiment Réacteur et dispositif mobile de substitution à l'EAS-ND, réinjection des effluents du BK vers le BR	Accident avec fusion
PNPE1386	Mise en place d'une mesure de niveau puisard dans le bâtiment réacteur	Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur
PNPE1427	Déploiement d'une Pompe d'Injection aux Joints des Groupes MotoPompes Primaire « Noyau Dur » (PIJ-ND)	Dispositions Noyau Dur
PNPE1477	Ajout d'un parafoudre au secondaire des Transformateurs Auxiliaires	Agressions (Foudre)
PNPE1446	Suppression des excroissances DVC CPY tranches paires	Revue Systèmes
PNPE1449	Etude d'un module de traitement des eaux contaminées : modules mobiles de traitement de l'eau	Accidents avec fusion
PNPE1459	Amélioration de la réfrigération long terme de certains locaux du bâtiment électrique, dont l'îlot de survie, en cas de perte de la source froide	Dispositions noyau dur
PNPE1460	Renforcement des voiles entre le local d'instrumentation interne du cœur (RIC) et la zone des puisards du fond de l'enceinte de confinement du bâtiment du réacteur	Accidents avec fusion
PNPE1506	Création alarme DOS niveau piscine BR et klaxon associé "Niveau TOR piscine BR" pour entrer en conduite APE état APR	Accidents avec fusion
TCDI19070	Mise en place d'un palliatif à la perte du tableau LUU	Agressions (incendie)

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre de la phase « Compléments » des modifications du 4 ^{ème} RP 900		
Numéro	Intitulé	Thème
TCDI0083	Protection des composants de la chaîne de mesure « gamme large » de la pression de l'enceinte de confinement situés dans les principaux locaux électriques de la voie de sûreté B	Accident avec fusion
TCDI0222	Disposition visant à la robustesse en condition noyau dur de la commande (RCM) des vannes réglantes ASG012/014/016VD depuis la salle de commande	Dispositions noyau dur
TCDI0327	Protection des équipements électriques contre l'aspersion	Agression (Inondation interne)
TCDI0340	Contrôle de la robustesse des équipements vis-à-vis du risque d'aspersion en cas d'inondation interne	Agression (Inondation interne)

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique			
Numéro	Intitulé	Thème	Echéance de déploiement + libellé retenu pour RCR
PNPE1068 Tome C	Mise en place d'une distribution électrique Noyau Dur	Accidents avec fusion Dispositions noyau dur	Au plus tard en phase « Compléments »
PNPE1132	Remplacement de matériels d'éclairage de sécurité en salle de commande	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles	Au plus tard 6 mois après l'arrêt VD4
PNPE1148	Maintien de la qualification des armoires et coffrets de distribution LLS	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles	Au plus tard fin 2024 ²⁸
PNPE1289	Création d'une source d'eau de l'appoint d'Eau ultime	Accidents sans fusion Agressions (explosion) Piscine combustible	Au plus tard fin 2024
PNPE1323	Renforcement de la cheminée du BAN au SMS, Grand Vent et Tornade EF2	Agressions (Séisme) Agressions (Tornade)	Intégration prévue lors de la phase B de la tranche n°1 (tranche jumelle)
PNPE1337	Création de dispositifs d'alarme sur les portes coupe-feu à enjeu en vue de garantir leur maintien fermé	Agressions (explosion et incendie)	Intégration prévue lors de la phase B de la tranche n°1 (tranche jumelle)
PNPE1338	Prévention des entrées d'air dans TEG	Agressions (explosion)	Intégration prévue lors de la phase B de la tranche n°1 (tranche jumelle)

²⁸ Nota : les résultats des expertises sur les composants considérés pourraient conduire à étendre la période de validité du dossier de qualification au-delà de 2024.

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique			
Numéro	Intitulé	Thème	Echéance de déploiement + libellé retenu pour RCR
PNPE1377	Renforcement de la tenue du dispositif de décompression-filtration de l'enceinte au séisme de niveau SMS	Accident avec fusion	Au plus tard en mars 2030
PNPE1410	Mise en place de paniers de tétraborate de soude dans les puisards du bâtiment réacteur	Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur	Au plus tard mars 2029
PNPP1485	Remplacement des chaînes KRT VVP / azote 16	Maintien de la qualification aux conditions accidentelles	Au plus tard 40 ans après la date d'installation des chaînes
PNPP1595 Tome C	Remplacement des têtes de soupape SEBIM	Accident sans fusion Accident avec fusion Dispositions Noyau Dur	2025
PNPP1683	Retransmissions des informations de tranche au Centre de Crise Local	Gestion de crise	Au plus tard fin 2026
PNPP1688 Tome D	Mise en place d'un contrôle-commande Noyau Dur pour les nouveaux matériels	Dispositions Noyau Dur	Au plus tard fin 2028
PNPP1769	Centre de Crise Local de Gravelines	Gestion de crise	Au plus tard fin 2026
PNPP1797	Installation d'un boremètre sur la décharge du système de contrôle chimique et volumétrique (RCV)	Traitement des Ecarts Accident sans fusion	Modification réalisée mais valorisation suspendue.

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique			
Numéro	Intitulé	Thème	Echéance de déploiement + libellé retenu pour RCR
PNRL1917	Modifications pour prise en compte des effets induits mécaniques sur les matériels Noyau Dur	Dispositions noyau dur (robustesse)	Au plus tard lors de la phase B
PNRL1946	Remplacement des calorifuges microporeux de type « Microtherm® » du bâtiment du réacteur, installés sur le circuit primaire principal dans la zone du puits de cuve et de ses traversées	Revue des systèmes	Au plus tard fin 2027
PNRL1947	Remplacement des calorifuges fibreux de type « Protect 1000S », pour les lignes auxiliaires de diamètre cinquante millimètres ou plus et susceptibles de libérer des fibres en cas de brèche sur le circuit primaire principal	Revue des systèmes	Au plus tard fin 2027
PNRL1954	Mise en œuvre des cerclages de sécurité sur les calorifuges des tuyauteries reliant les accumulateurs de l'injection de sécurité au circuit principal, ainsi que sur la ligne d'expansion du pressuriseur	Revue des systèmes	Au plus tard fin 2025

Modifications qui seront déployées sur la tranche 2 du CNPE de Gravelines dans le cadre d'une programmation spécifique			
Numéro	Intitulé	Thème	Echéance de déploiement + libellé retenu pour RCR
TCDI0221	Disposition Complémentaire "secours RRI par PTR" : modification d'exploitation et modification de délestage automatique de certains utilisateurs banalisés sur RRI.	Accident sans fusion du cœur	Déploiement prévu au cours de l'arrêt qui suit le déploiement du dossier d'amendement « H1 »

GLOSSAIRE

Acronymes	Désignation
Principaux systèmes élémentaires	
APG	Système des purges des Générateurs de Vapeur
ARE	Régulation du débit d'eau alimentaire
ASG	Système d'alimentation de secours des Générateurs de Vapeur
ASG-ND	Refroidissement secondaire Noyau Dur
CFI	Filtration de l'eau de circulation
CRF	Eau de circulation
CSI	Isolement circuit d'eau de circulation
CTE	Traitement de l'eau de circulation
DCA	Système anti-explosion des systèmes de ventilations
DCC	Conditionnement de la salle de commande et des locaux annexes
DEB	Système de distribution eau glacée et eau chaude pour bâtiments administratifs et annexes
DEG	Système de production et de distribution d'eau glacée pour l'îlot nucléaire
DEL	Système de production et de distribution d'eau glacée pour le bâtiment électrique
DMK	Système de manutention dans le BK
DMR	Système de manutention dans le BR
DSL	Eclairage de sécurité
DTV	Transmission – Téléphone – Recherche des personnes
DUV	Système de ventilation des locaux du DUS
DVC	Système de ventilation et conditionnement d'air des locaux – Salle de commande et divers
DVD	Système de ventilation et conditionnement d'air des locaux – Locaux diesel
DVE	Système de ventilation et conditionnement d'air des locaux – Entrepont de câblage

Acronymes	Désignation
DVF	Système de contrôle des fumées des locaux électriques
DVG	Système de ventilation des mécanismes de commande de grappes et pompes ASG
DVH	Système de ventilation de secours d'air des locaux – Locaux de pompes de charge
DVI	Ventilation des locaux RRI
DVK	Système de ventilation et conditionnement d'air des locaux – Bâtiment combustible
DVL	Système de ventilation et de conditionnement d'air des locaux – Bâtiment électrique
DVN	Système de ventilation et conditionnement d'air des locaux – Bâtiment des auxiliaires nucléaires
DVP	Système de ventilation et chauffage de la station de pompage
DVS	Système de ventilation des locaux des moteurs des pompes EAS et RIS-ISBP – Bâtiment des auxiliaires de sauvegarde
DVT	Système de conditionnement du traitement d'eau
DVW	Ventilation des locaux périphériques
EAS	Système d'aspersion d'eau dans l'enceinte de confinement
EAS-ND	Système d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte
EAU	Instrumentation de l'enceinte (auscultation et mesures sismiques)
EBA	Système de ventilation de balayage en circuit ouvert tranche à l'arrêt, du bâtiment réacteur
ECF	Contrôle de l'étanchéité des traversées et sas de l'enceinte
EPP	Etanchéité des pénétrations de l'enceinte – Contrôle des fuites
ETS	Alimentation en eau déminéralisée
ETY	Système de décompression de l'enceinte – Contrôle taux d'hydrogène en cas d'accident
EVC	Système de ventilation du puits de cuve
EVF	Système de ventilation et filtration interne du bâtiment réacteur
GCTa	Système de contournement de la turbine principale avec décharge à l'atmosphère

Acronymes	Désignation
GSE	Sécurités turbine (CP1) / Réglage et contrôle de la turbine (CP2)
JDT	Détection incendie
JPC	Production d'eau d'incendie classée au séisme
JPD	Distribution d'eau incendie hors îlot nucléaire
JPF	Protection contre l'incendie externe (spécifique Gravelines)
JPI	Protection incendie de l'îlot nucléaire
JPL	Protection incendie des locaux électriques
JPP	Production d'eau incendie
KCO	Éléments multifonctionnels liés à l'utilisation du relayage centralisé
KER	Recueil, contrôle et rejet des effluents liquides de l'îlot nucléaire
KHY	Détection d'hydrogène dans le bâtiment des auxiliaires nucléaires
KIS	Instrumentation sismique
KPR	Panneau de repli
KPS	Panneau de sûreté
KRG	Régulation générale
KRT	Mesures de radioprotection
KSC	Instrumentation salle de Commande
KUS	Contrôle commande du système LHU
LAA	Production 230 V continu pour l'alimentation des onduleurs de production 220 Vac sans coupure LNE
LBi	Production et distribution 125 V continu
LCi	Production et distribution 48 V continu
LDA	Production et distribution 30 V continu de régulation
LGi	Distribution 6,6 kV non secouru
LHA/B	Distribution 6.6 kV alternatif secouru

Acronymes	Désignation
LHC	Distribution 6,6 kV secourue
LDi	Distribution 30 V continu
LHP/Q	Production 6.6 kV alternatif secouru (groupes électrogènes)
LHT	Diesel de secours
LHU	Production 6,6 kV secouru (Source autonome – DUS)
LKi	Distribution 380 V non secouru
LLi	Distribution 380 V secouru
LNi	Production et distribution 220 V alternatif
LUU	Production et distribution 380 V de secours
PMC	Système de manutention du combustible
PTR	Système de traitement et de refroidissement d'eau des piscines
RAZ	Système de stockage et distribution d'azote (besoins nucléaires)
RCP	Circuit primaire
RCV	Système de contrôle chimique et volumétrique
REA	Système d'appoint en eau et en bore
SEO	Réseau d'eaux pluviales
TEG	Système de Traitement des Effluents Gazeux
TEP	Système de Traitement des Effluents Primaires
TEU	Système de Traitement des Effluents Usés
Principaux bâtiments	
BAC	Bâtiment des Auxiliaires de Conditionnement
BAN	Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires
BAS	Bâtiment des Auxiliaires de Sauvegarde
BK	Bâtiment combustible
BL	Bâtiment des locaux électriques

Acronymes	Désignation
BR	Bâtiment Réacteur
BTE	Bâtiment de Traitement des Effluents
BW	Bâtiment des locaux périphériques du BR
Termes divers	
AAC	Arrêt à Chaud
AAR	Arrêt Automatique du Réacteur
ACEM	Assemblages de Combustible En cours de Manutention
AIEA	Agence Internationale de l'Energie Atomique
AIF	Analyse Impact Foudre
AIP	Activité Importante pour la Protection des intérêts
AMC	Arrivée Massive de Colmatants
AN	Arrêt Normal
AN/GV	Arrêt Normal sur Générateur de Vapeur
AN/RRA	Arrêt Normal sur RRA
AP	Affaire Parc
API	Arrêt Pour Intervention
APR	Arrêt pour Rechargement
APRP	Accident de Perte de Réfrigérant Primaire
APRP 2A	Accident de Perte de Réfrigérant Primaire guillotine doublement débattue
APRP BI	Accident de Perte de Réfrigérant Primaire Brèche Intermédiaire
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
ATEX	Atmosphère Explosive
ATWS	Anticipated Transients Without Scram (incidents sans arrêt automatique réacteur)
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
BONNA	Conduite en béton âme tôle

Acronymes	Désignation
(tuyauterie)	
BPVA	Basse Pression Vapeur Avancée
BT	Basse Tension
Cb	Concentration en Bore
CBAT	Conduite en Béton Ame Tôle
CC ND	Contrôle-Commande Noyau Dur
CCL	Centre de Crise Local
CDG	Mauvais positionnement, Chute De Grappes ou d'un groupe de grappes
CDU	Critère de Défaillance Unique
CEM	Compatibilité ElectroMagnétique
CFC	Condition de Fonctionnement Complémentaires
CGB	Crue sur Grand Bassin versant
CLA	Clapot
CNI	Chaîne Niveau Intermédiaire
CNP	Chaîne Niveau Puissance
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Electricité
CNS	Chaîne Neutronique Source
CPB	Crue sur Petit Bassin versant
CPP	Circuit Primaire Principal
CPY	Ensemble de réacteurs de 900 MWe de conception similaire (regroupe les Paliers CP1 et CP2)
CSA	Centre de Stockage de l'Aube
CSC	Corrosion Sous Contrainte
CSP	Circuit Secondaire Principal
DA	Dossier d'Amendement

Acronymes	Désignation
DAC	Dossiers d'Analyse du Comportement
DAO	Dispositif d'Auscultation Optimal
DAPE	Dossier d'Aptitude à la Poursuite d'Exploitation
DC	Domaine ou Disposition Complémentaire
DCC-LH	Défaillance de Cause Commune des tableaux LH
DCH	Direct Containment Heating
DDOCE	Dégradation ou Dysfonctionnement d'Ouvrages, de Circuits ou d'Equipements
DIL	Dilution incontrôlée d'acide borique
DMCP	Dépressurisation Momentanée du Circuit Primaire
DMRI	Démarche de Maitrise du Risque Incendie
DOR	Dossier d'orientations du réexamen périodique
DP	Demande Particulière
DPN	Direction de la Production Nucléaire
DRR	Dossier de Référence Réglementaires
DSD	Demi-Séisme de Dimensionnement
DSdF	Durée Significative de Feu
DUS	Diesel d'Ultime Secours
EC	Ecart de Conformité
EN	Equipements Nécessaires
ECOT	Examen de CONformité des Tranches
ECP	Procédure de conduite du circuit primaire
ECPE	Eléments Contribuant à la Performance Environnementale
ECR	Equivalent Cladding Reacted
ECS	Evaluations Complémentaires de Sûreté
ED	Essais Décennaux

Acronymes	Désignation
EDA	Équipements de Disposition Agression
EDF	Electricité de France
EDG	Ejection D'une Grappe
Effets Dominos	Action d'un phénomène dangereux affectant une ou plusieurs installations d'un établissement qui pourrait déclencher un autre phénomène sur une installation ou un établissement voisin, conduisant à une aggravation générale des effets du premier phénomène
Effet falaise	Altération brutale du comportement d'une installation, que suffit à provoquer une légère modification du scénario envisagé pour un accident dont les conséquences sont alors fortement aggravées.
EIP	Elément Important pour la Protection des intérêts
EIPI	Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des Inconvénients
EIPR	Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des Risques conventionnels
EIPS	Elément Important pour la Protection des intérêts vis-à-vis des risques Sûreté (incidents et accidents radiologiques)
EJP	Etude Justificative Particulière
END	Essai Non Destructif
EP	Essai Périodique
EPI	Equipements de Protection Individuels
EPR	European Pressurised Reactor - appartient à la troisième génération de réacteur nucléaire du type Réacteur à Eau Pressurisée
EPRESSI	Méthode d'Evaluation des Performances Réelles des Eléments de Sectorisation Sous Incendie
EPRI	Electric Power Research Institute
EPS	Etudes Probabilistes de Sûreté
ER	Essai de Requalification
ESE	Evénement Significatif du domaine Environnement
ESP	Enceinte à Simple Paroi

Acronymes	Désignation
ESPN	Equipement Sous Pression Nucléaire
ESS	Evénement Significatif pour la Sûreté
FAIOp	Fiche d'Action Incendie Opérateur
FARN	Force d'Action Rapide Nucléaire
FAV	Fiche d'Analyse du Vieillissement
FE	Fiche d'Ecart
FMGC	Fiches de Maintenance Génie-Civil
FPPI	Fonctionnement Prolongé à Puissance Intermédiaire
GC	Génie Civil
GES	Groupe électrogène de Secours
GHE	Huile d'étanchéité de l'alternateur
GMPP	Groupe Motopompe Primaire
GNU	Parc à Gaz
GP	Groupe Permanents d'experts
GPO	Groupe Permanent d'Orientations
GPR	Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs
GRV	Remplissage et vidange H2 de l'alternateur
GUS - GeUS	Groupe électrogène d'Ultime Secours
GV	Générateur de Vapeur
GVR	Générateur de Vapeur de Remplacement
H1	Perte totale de la source froide
H2	Perte totale de l'alimentation des Générateurs de Vapeur
H3	Perte totale des alimentations électriques
H4	Mise en œuvre d'un secours mutuel des moyens de pompage de l'injection de sécurité et de l'aspersion en situation accidentelle

Acronymes	Désignation
HDU	Bâtiment abritant le Diesel d'Ultime Secours
HT	Haute Tension
HTB	Haute Tension B
ICB	Interaction Corium Béton
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IEM	Interférences ElectroMagnétiques
IOTA	Installations, Ouvrages, Travaux et Aménagements
IGALL	International Generic Ageing Lessons Learned
INB	Installation Nucléaire de Base
INSAG	International Nuclear Safety Advisory Group
IPG	Interaction Pastille-Gaine
IPS	Important Pour la Sûreté, classé de sûreté
IPS-NC	Important Pour la Sûreté, Non Classé de sûreté
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
IS	Injection de Sécurité
ISBP	Injection de Sécurité à Basse Pression
ISHP	Injection de Sécurité Haute Pression
ITV	Inspection télévisuelle
LIE	Limite Inférieure d'Explosivité
LLS	Turboalternateur de secours
MC	Maintenance Conditionnelle
MCG	Mécanismes de Commande de Grappes
MDTE	Manque De Tension Externe
MEL	Masse et Energie Libérés
MFEAN	Mauvais Fonctionnement de l'Eau Alimentaire Normale 0%PN

Acronymes	Désignation
0%PN	
MFEAN 100%PN	Mauvais Fonctionnement de l'Eau Alimentaire Normale 100%PN
MLC	Moyens Locaux de Crise
MMR	Mesure de Maîtrise des Risques
MQCA	Matériel Qualifié au Conditions Accidentelles
MRI	Maîtrise du Risque Incendie
MS	Maintenance Systématique
MSI	Mise en service Industrielle
MTD	Meilleure Technique Disponible
N4	Ensemble de réacteurs de 1450 MWe de conception similaire
ND	Noyau Dur
NRO	Note de Réponses aux Objectifs
NSO	Non Suffisamment Ouvert
NSQP	Note de Stratégie de Qualification Progressive
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economiques
OISP	Ouverture Intempestive d'une Soupape de sûreté du Pressuriseur
OISS	Ouverture Intempestive d'une Soupape Secondaire à 0%Pn
OVCC	Observatoire du Vieillissement du Contrôle Commande
PA	Produits d'Activation
PA CSTA	Plan d'Action Constat
PAI	Plan d'Action Incendie
PMOX	PARITE MOX - Gestion combustible
PAV	Plan d'Actions Ventilation
PBES	Plus Basses Eaux de Sécurité

Acronymes	Désignation
PBMP	Programme de Base de Maintenance Préventive
PCC	Plant Condition Category
PEAN	Perte de l'Eau Alimentaire Normale
PEE	Procédures d'Exécution d'Essais
PEPSSI	Principe d'Evaluation Pour la Suffisance des éléments de Sectorisation Incendie
PF	Produits de Fission
PFG	Possibilité de Feu Généralisé
PFI	Pluie de Forte Intensité
PFL	Possibilité de Feu Localisé
PGGV	Projectiles Générés par Grand Vent
PGVE	Projectiles Générés par les Vents Extrêmes
PIC	Programme d'Investigations Complémentaires
PLMV	Programme Local de Maîtrise du Vieillissement
PLU	Pluies locales
Pn	Puissance nominale du cœur
PNPP	Programmation Nationale Par Palier
PPDP	Perte Partielle de Débit Primaire
PPR	Programme de Principe de Requalification
PSPR	Poste de Supervision de la Prévention des Risques
PT ASN	Prescription Technique ASN
PTAE	Perte Totale des Alimentations Electriques Externes et des diesels principaux
PTC	Perte Totale de Charge et/ou déclenchement de la turbine
PUI	Plan d'Urgence Interne
PV	Protection Volumétrique
PZR	Pressuriseur

Acronymes	Désignation
R&D	Recherche et Développement
R1GP	Retrait d'une Grappe de régulation en Puissance
RAG	Réaction Alkali-Granulat
RAM	Alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes
RAP	Recombineurs Autocatalytiques Passifs
RBPP	Rotor Bloqué d'une motoPompe Primaire
RCD	Réacteur Complètement Déchargé
RCR	Rapport de Conclusions du Réexamen périodique
RDI	Risques d'effets Dominos Internes
RDP	Réservoir de Décharge du Pressuriseur
RDS	Rapport de Sûreté
RECS	Rapports d'Evaluation Complémentaire de Sûreté
REU	Risque d'Eclatement Unitaire
REX	Retour d'EXpérience
RFC	Risque de Fusion du Cœur
RFDP	Réduction Forcée du Débit Primaire
RFS	Règle Fondamentale de Sûreté
RGE	Règles Générales d'Exploitation
RGV	Remplacement de Générateur de Vapeur
RIE	(Risques explosions dus à un Incendie généralisé d'origine Externe)
RIGZ	Retrait Incontrôlé des Groupes de régulation au démarrage
RNP	Remontée de Nappe Phréatique
ROR	Rupture d'un Ouvrage de Retenue
RP	Réexamen périodique
RP	Réacteur en Puissance

Acronymes	Désignation
RPC	Règles Particulières de Conduite
RSI	Réaction Sulfatique Interne
RTE	Rupture d'une Tuyauterie d'Eau alimentaire principale
RTGV	Rupture de Tube de Générateur de Vapeur
RTGV3	Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur de catégorie 3
RTGV4	Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur de catégorie 4
RTHE	Rupture d'une Tuyauterie Haute Energie
RTV	Rupture de Tuyauterie Vapeur
RTV3	Rupture importante d'une Tuyauterie Vapeur
SAPA	Station d'Accueil des Petites Applications
SDC	Salle de Commande
SDD	Séisme De Dimensionnement
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SEL	Seismic Equipment List
SELS	Seuil des effets Létaux Significatifs
SF-ND	Source Froide Noyau Dur
SIP C	Partie contrôle du Système d'Instrumentation Process
SMHV	Séisme Majoré Historiquement Vraisemblable
SMS	Séisme Majoré de Sécurité
SND	Séisme Noyau Dur
SO	Suffisamment Ouvert
SOH	Facteurs Sociaux, Organisationnels et Humains
SPEL	Seuils des Premiers Effets Létaux
SRI	Situation de référence pour le Risque d'Inondation
SSC	Structures, Systèmes et Composants

Acronymes	Désignation
TA	Transformateur Auxiliaire
TAC	Turbine à Combustion
TAM	Tampon d'Accès Matériel
TAS	Turboalternateur de secours
Td	Température de disponibilité du matériel
TEPCO	Compagnie d'Electricité de Tokyo
TFA	Très Faiblement Actif
THE	Tuyauteries à Haute Energie
TLD	Température Longue Durée
Tnd	Température de non-détérioration
TOR	Tout Ou Rien
TA	Transformateur Auxiliaire
TP	Transformateur Principal
TRICE	Toxique Radioactif Inflammable Corrosif Explosif
TS	Transformateur de Soutirage
TSD	Terme Source Débris
TTS	Tranche Tête de Série
U3	Procédure Ultime n° 3 - Mise en place des moyens mobiles de secours des systèmes EAS et ISBP
U5	Procédure Ultime n°5 - Dépressurisation et filtration des rejets, utilisée en cas de montée lente en pression de l'enceinte après un accident avec fusion du cœur
VD2	Deuxième Visite Décennale
VD3	Troisième Visite Décennale
VD4	Quatrième Visite Décennale
VP	Visite Partielle
WANO	World Association of Nuclear Operators

Acronymes	Désignation
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
ZII	Zones d’Inondation Interne