

FRANCE

ÉVALUATION DE LA SÛRETÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES EN FRANCE

MAÎTRISE DU VIEILLISSEMENT

PLAN D'ACTION NATIONAL

ÉLABORÉ EN APPLICATION DE
L'ARTICLE 8 SEXIES DE LA
DIRECTIVE 2014/87/EURATOM DU CONSEIL
EN DATE DU 8 JUILLET 2014

Septembre 2019



Crédit photo page de couverture de gauche à droite:

EDF – Marc Didier

EDF – Francis Chanteloup

EDF – Marc Didier

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	5
2. LES CONSTATS DECOULANT DE L'AUTO-EVALUATION	7
2.1. Programme d'ensemble de maîtrise du vieillissement (OAMPs).....	7
2.2. Tuyauteries difficilement accessibles	13
3. LES CONSTATS SPECIFIQUES A CHAQUE PAYS DECOULANT DE LA REVUE	15
3.1. Programme d'ensemble de maîtrise du vieillissement (OAMPs).....	15
3.2. Tuyauteries difficilement accessibles	16
4. CONSTATS GENERIQUES RELATIFS AUX CABLES ELECTRIQUES	17
4.1. Good practice: characterize the state of the degradation of cables aged at the plant ..	17
4.2. TPR expected level of performance: documentation of the cable ageing management program	17
4.3. TPR expected level of performance: methods for monitoring and directing all AMP-activities	18
4.4. TPR expected level of performance: systematic identification of ageing degradation mechanisms considering cable characteristics and stressors.....	19
4.5. TPR expected level of performance: prevention and detection of water treeing	19
4.6. TPR expected level of performance: consideration of uncertainties in the initial EQ..	20
4.7. TPR expected level of performance: determining cables' performance under highest stressors.....	21
4.8. TPR expected level of performance: techniques to detect the degradation of inaccessible cables	22
5. AUTRES CONSTATS GENERIQUES.....	23
5.1. Programme d'ensemble de maîtrise du vieillissement (OAMPs).....	23
5.2. Tuyauteries difficilement accessibles	25
5.3. Cuve du réacteur	28
5.4. Enceinte de confinement en béton	31
6. ÉTAT DE LA REGLEMENTATION ET DE LA MISE EN ŒUVRE DE PROGRAMMES DE MAITRISE DU VIEILLISSEMENT POUR D'AUTRES INSTALLATIONS NUCLEAIRES PRESENTANT DES RISQUES SIGNIFICATIFS	35
6.1. Recommandation du comité	35

6.2. Position du pays et action (installations du cycle, installations en démantèlement, installations recevant des déchets, etc.).....	35
7. TABLEAU : SYNTHÈSE DES ACTIONS	48

1. INTRODUCTION

En 2014, le Conseil de l'Union européenne (UE) a adopté la directive 2014/87/EURATOM. Reconnaissant l'importance de revue par les pairs pour l'amélioration continue de la sûreté nucléaire, il a introduit un système européen de revue thématique par les pairs (TPR) à compter de 2017 et tous les six ans ensuite.

La maîtrise du vieillissement des centrales nucléaires a été retenue comme thème de la première revue par les pairs, à la 30^{ème} réunion du Groupe européen des autorités de sûreté (ENSREG) en juillet 2015.

Cette revue, conformément aux termes de référence¹ élaborés par ENSREG et à la spécification technique² de WENRA, était focalisée sur les programmes de maîtrise du vieillissement des centrales nucléaires et des réacteurs de recherche de plus de 1 MWth. Elle a aussi porté sur la déclinaison des programmes de maîtrise du vieillissement à certains équipements, à savoir les câbles électriques, les tuyauteries difficilement accessibles, les cuves des réacteurs et les enceintes de confinement en béton.

Le processus de revue a été supervisé par un comité de coordination et a comporté trois phases :

1. les auto-évaluations nationales, réalisées au regard de la spécification technique, documentées dans les rapports nationaux d'évaluation (NAR) publiés fin 2017 ;
2. une période de questions/réponses sur les NAR suivie d'un séminaire d'une semaine pour discuter des résultats des auto-évaluations, des questions et des commentaires sur les NAR, dans le but d'identifier et d'échanger sur les préconisations génériques en matière de programmes de maîtrise du vieillissement ainsi que leur déclinaison pour les différents pays (1^{er} semestre 2018) ;
3. l'élaboration du rapport de la revue thématique par les pairs et du rapport sur les constats propres à chaque pays.

Le rapport de la revue thématique par les pairs et le rapport sur les constats propres à chaque pays ont été approuvés lors de la 37^{ème} réunion de l'ENSREG en octobre 2018. Lors de cette réunion, il a été rappelé qu'en vertu de la directive, les États membres devraient établir des plans d'action nationaux pour tenir compte des conclusions³ de la revue par les pairs et de leur propre évaluation nationale.

Conformément à la structure convenue lors de la 38^{ème} réunion de l'ENSREG en mars 2019, la France a élaboré le présent plan d'action national (NAcP) :

- Les **chapitres 2 et 3** du présent rapport traitent des conclusions de l'auto-évaluation et répondent aux constats spécifiques à la France pour atteindre le niveau attendu⁴ défini lors de la revue thématique par les pairs ;
- Les constats relatifs aux câbles électriques n'ayant pas fait l'objet d'allocation de constats aux pays, le **chapitre 4** présente la position de la France à l'égard de ces constats et, le cas échéant, les actions prévues ;
- Le **chapitre 5** est consacré aux constats pour lesquels la France s'est vu attribuer une bonne pratique ou une bonne performance. Des informations sont fournies pour assurer leur diffusion dans d'autres pays ;
- Comme cette revue par les pairs était axée sur les centrales nucléaires et les réacteurs de recherche, le comité de coordination a recommandé que les pays analysent la réglementation

¹ http://www.ensreg.eu/sites/default/files/attachments/ensreg_tpr_terms_of_reference_-_january_2017.pdf

² http://www.ensreg.eu/sites/default/files/attachments/wenra_tpr_technical_specification_-_january_2017_1.pdf

³ Correspond aux *Findings* de la revue : il comprend des « *Good practice* » et des « *TPR expected level of performance* », termes employés dans la suite du rapport. Le libellé du « *Finding* » est identique à celui de la revue, donc en anglais.

⁴ Indiqué dans la suite du rapport « *TPR expected level of performance* »

et la mise en œuvre des programmes de maîtrise du vieillissement pour d'autres installations nucléaires. C'est l'objet du **chapitre 6** dans lequel la France rend compte, sur une base volontaire, pour les installations nucléaires, hors du cadre défini pour la revue par les pairs, qui présentent les risques ou les inconvénients les plus importants ;

- Le **chapitre 7** résume les actions prévues, les échéances associées ainsi que le suivi assuré par l'autorité de sûreté nucléaire (ASN).

2. LES CONSTATS DECOULANT DE L'AUTO-EVALUATION

Ce chapitre est consacré aux résultats de l'auto-évaluation tels qu'ils sont exprimés dans le rapport national (NAR). La position de la France pour chaque constat est présentée sous la forme d'un résumé des actions qui sont mises en œuvre ou prévues pour y répondre.

2.1. Programme d'ensemble de maîtrise du vieillissement (OAMPs)

2.1.1. OAMP pour les réacteurs de recherches (voir NAR §9.5)

“Le suivi du vieillissement des réacteurs de recherche repose actuellement sur les programmes de maintenance ainsi que sur les contrôles et essais périodiques. L'ASN estime que la maîtrise du vieillissement doit être plus formalisée par les exploitants des réacteurs de recherche. En particulier, les exploitants doivent mettre en œuvre une démarche permettant de s'assurer du caractère suffisant des contrôles et essais réalisés et, le cas échéant, définir des contrôles complémentaires pour s'assurer de l'aptitude des équipements à assurer leurs fonctions au regard des mécanismes de vieillissement qui pourraient les affecter.”

Avis du pays et actions

- INB n°101 (Orphée) exploitée par le CEA

En raison de son arrêt définitif à la fin de l'année 2019, aucune action spécifique n'est demandée pour le réacteur de recherche Orphée.

- INB n° 24 (CABRI) exploitée par le CEA

Comme indiqué dans le rapport d'auto-évaluation de la France de décembre 2017 (NAR), la maîtrise du vieillissement par le CEA est gérée à l'échelle de chaque installation, via les contrôles et essais périodiques (CEP), les réexamens périodiques et la maintenance préventive. Il n'existe pas de programme de maîtrise de vieillissement formalisé. En revanche, il existe un processus harmonisé pour les enjeux liés à l'obsolescence.

Les actions de prise en compte des effets du vieillissement sur le réacteur CABRI lors des différentes phases de vie sont actuellement :

- une conception, un dimensionnement et une qualification des EIP pour assurer leurs exigences définies pour une durée de vie compatible avec leur utilisation,
- la réalisation des contrôles et essais périodiques,
- une surveillance des conséquences potentielles des mécanismes de vieillissement sur ces équipements (intégrée aux CEP),
- la mise en œuvre d'une maintenance préventive et le traitement de l'obsolescence par le remplacement anticipé des équipements, ce qui participe à la maîtrise du vieillissement.

Le tableau suivant identifie de façon non exhaustive les principaux EIP concernés, les mécanismes de vieillissement identifiés et les activités de contrôles périodiques associées.

Tableau 1 : Maîtrise du vieillissement des principaux EIP concernés par une dégradation liée au vieillissement

Dénomination de l'EIP	Exigence définie	Mécanismes de vieillissement	Contrôles	Périodicité du contrôle
Bloc réacteur	Tenue au séisme	Corrosion, irradiation, fatigue, érosion	Contrôle visuel du témoin de corrosion (corrosion des éléments en aluminium et en inox du bloc réacteur)	10 ans
Circuit de refroidissement	Étanchéité – Tenue au séisme	Corrosion, agression chimique, fatigue, érosion	Contrôle visuel du supportage du circuit eau de cœur, situé en extérieur, vis-à-vis de la corrosion de l'acier noir	10 ans
Réservoirs de stockage d'eau	Étanchéité – Tenue au séisme	Corrosion, agression chimique, contraintes climatiques	Contrôle visuel du bon état des réservoirs et des rétentions associées	10 ans
Bâtiment réacteur	Respect des limites du taux de fuite	Corrosion, érosion, fatigue, contraintes climatiques	Contrôle des débits de fuite du bâtiment réacteur	1 an
			Contrôle visuel du bon état du capotage du joint de l'espace inter-bâtiments	5 ans
Équipements sous pression nucléaires (ESPN) (notamment boucle à eau pressurisée (EP))	Respect de la réglementation	Pression, température, irradiation	Contrôles réglementaires et selon le POES ⁵ (ex : contrôles visuels directs ou indirects, ultra son, requalifications par épreuves en pression ;...)	Selon la réglementation (ex : inspections périodiques aux 40 mois ; requalifications décennales ; ...)
Pompes primaires	Étanchéité – tenue au séisme	Fatigue, érosion	Mesure vibratoire (et analyse de l'évolution)	3 ans
			Remplacement des garnitures d'étanchéité des 2 pompes primaires	Toutes les 3500 heures de fonctionnement ou tous les 10 ans
Volant d'inertie de la pompe POEC01	Disponibilité (non-missilité)	Corrosion, fatigue	Contrôles par ultra-sons	10 ans

Dans le cadre du réexamen dont les conclusions ont été transmises en 2017, une nouvelle démarche est mise en œuvre pour la prise en compte du vieillissement, constituée des quatre phases suivantes :

- la détermination des EIP concernés,
- l'identification des mécanismes de vieillissement auxquels ces EIP peuvent être soumis, dans les différents domaines de fonctionnement de l'INB, et l'impact de ces phénomènes sur le respect de leurs exigences définies (évaluation en termes de conséquences et de délais),

⁵ POES : Programme des opérations d'entretien et de surveillance

- la détermination du programme de surveillance du vieillissement : les résultats des analyses précitées permettront de définir et de justifier la nature et la périodicité des actions de contrôle, de maintenance et de surveillance mises en œuvre,
- la réévaluation périodique du programme de surveillance du vieillissement : des critères objectifs et mesurables (périodicité, résultats non conformes des contrôles, ...) seront définis pour réévaluer ce programme de prise en compte du vieillissement.

Cette démarche qui est basée sur la méthodologie présentée dans le guide SSG-10 de l'AIEA a été mise en œuvre dans le cadre du réexamen périodique pour certains EIP. Le CEA a prévu de l'étendre à tous les EIP, au premier semestre 2020.

L'ASN note que le CEA a défini, pour certains EIP identifiés, un programme de suivi particulier du vieillissement, qui n'est toutefois pas formalisé dans le référentiel opérationnel de l'exploitant et généralisé à l'ensemble des EIP.

L'ASN note que, dans le cadre du réexamen périodique, le CEA a renforcé et étendu sa méthodologie, ce qui est satisfaisant sur le principe. L'ASN examinera la déclinaison de la nouvelle méthodologie, basée sur le guide SSG-10 de l'AIEA, à certains structures, systèmes et composants (SSC), notamment le bloc réacteur et l'enceinte de confinement. L'ASN examine aussi les actions de contrôles *in situ* réalisées et la suffisance des contrôles identifiés. À l'issue de l'instruction du réexamen périodique, l'ASN demandera au CEA de compléter, le cas échéant, sa démarche et de formaliser son programme de maîtrise du vieillissement dans son référentiel.

- INB n° 172 (RJH) exploitée par le CEA

Pour rappel, le RJH est en cours de construction, sur le site de Cadarache. Il ne dispose pas de programme de maîtrise du vieillissement. Les enjeux liés au vieillissement sont pris en compte dans les étapes de conception, fabrication et construction.

Les structures, systèmes et composants (SSC) concernés par le vieillissement sont identifiés parmi les EIP importants pour la sûreté et font l'objet d'un classement de sûreté. Pour chacun de ces EIP, les mécanismes de vieillissement ont été identifiés à la conception et intégrés dans le dimensionnement des SSC. Ils sont aussi pris en compte dans les programmes de qualification, qui ont été présentés à l'ASN dans le cadre de la réponse du CEA à un engagement pris dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de création.

Le tableau suivant présente les mécanismes de vieillissement et les modes de qualification mis en œuvre pour les différentes classes de matériels.

Tableau 2 : Méthodes de qualification des EIP vis-à-vis du vieillissement

		MECANISMES DE VIELLISSEMENT				
Famille d'EIP (gris) Sous-famille	THERMIQUE	IRRADIATION	HYGROMETRIE	VIBRATION	Fonctionnement Prolongé	
ROBINETTERIE CLASSÉE						
- Robinets	Analyse ou essai	Analyse	Analyse	REX ou essai normé	Essai et Analogie/Analyse	
- Actionneurs	Essai ou Analogie/Analyse	Essai ou Analogie/Analyse	Essai ou Analogie/Analyse	REX ou Essai normé	Essai	
GROUPES MOTO-POMPE						
- GMP primaire	Analyse	Analyse	Analyse		Essai Surveillance	
- GMP auxiliaires	Analyse et Analogie	Analyse et REX	Analyse		Essai Surveillance vibratoire	
MATERIEL ELECTRIQUE						
- Armoires de distribution	Analyse	Analyse	Analyse	Analyse	Analyse	
- Transformateurs	Analyse ou essai	Analyse ou essai	Analyse ou essai	Analyse ou essai	Analyse ou essai	
- Câbles	Analyse	Analogie ou essai	Analyse	Analyse		
MATERIEL DU CONTRÔLE COMMANDE						
INSTRUMENTATION	REX	REX	REX	REX	REX	
DIESEL DE SAUVEGARDE	Analyse	Analyse	Analyse		Essai Surveillance vibratoire	
MECANISMES						
- Détection FCB et FCH ASA et FCB APAC ⁶	Essai	Essai	Essai	Essai	Essai	
- Électro-aimant (désaccouplement)	Essai	Essai	Essai	Essai	Essai	

⁶ FCB : fin de course basse - FCH : fin de course haute – ASA : absorbants de sécurité – APAC : absorbants de pilotage

En outre, pour ce qui concerne le génie civil, les appuis parasismiques, ainsi que les câbles de précontrainte de l'enceinte de confinement font l'objet d'une surveillance particulière avant la mise en service, ainsi qu'en fonctionnement. Ceci permet d'identifier les éventuelles pertes de performances et de mettre en œuvre des interventions de remise à niveau des performances.

La mise en service du RJH étant reportée au-delà de 2019 (date limite initialement prévue au décret d'autorisation de création - DAC), la question de la maîtrise du vieillissement se pose sous un angle particulier lié aux durées d'entreposage des équipements avant démarrage.

Il est à noter que les équipements seront progressivement installés dans le RJH au fur et à mesure de la construction. La majeure partie des équipements sera montée ultérieurement à l'issue des études et des fabrications. Toutefois, quelques équipements sont déjà sur site et sont traités de la manière suivante :

- équipements ayant fait l'objet d'une réception partielle :
 - équipements fonctionnels : ces matériels ont satisfait au processus d'essais et sont pris en charge par le CEA, qui en assure le maintien en condition opérationnelle. Il s'agit, par exemple, du poste haute tension du site, de l'ouvrage d'amenée et de rejet de l'eau du circuit tertiaire de réfrigération, du pont polaire du bâtiment réacteur. Un programme de maintenance et de contrôles requis est mis en place, sur la base des spécifications constructeurs et de la réglementation en vigueur. Ces matériels sont donc exploités et maintenus opérationnels de façon identique à une situation dans laquelle le réacteur RJH serait en fonctionnement. Il n'y a pas de phénomène spécifique de vieillissement dû à l'allongement de la période de construction ;
 - équipements non fonctionnels : ces matériels ont satisfait au processus d'essais de construction. Ils doivent faire l'objet de travaux complémentaires réalisés par d'autres lots pour les rendre pleinement fonctionnels. Il s'agit par exemple des portes des sas : la partie mécanique est réceptionnée et les travaux du contrôle commande d'interverrouillage seront réalisés ultérieurement par un lot tiers. Ces matériels peuvent faire l'objet de dispositions particulières de mise en conservation, ou de protection. Ainsi, les portes des sas évoquées ci-dessus ont été équipées de panneaux de protection. De manière générale, la question de la conservation des équipements en attente est traitée avec les constructeurs et la maîtrise d'œuvre qui préconisent des dispositions et des contrôles spécifiques qui sont alors mis en place par le CEA. Lorsque l'équipement devient fonctionnel, il est rattaché à la catégorie précédente.
- équipements montés en attente de réception :
 - Les matériels montés et non réceptionnés sont sous la responsabilité des titulaires, auxquels il incombe d'assurer la non dégradation de leur fourniture. En fonction du délai entre le montage et la réception de ces matériels, des conditions particulières de conservation devront être mises en œuvre. Cela pourra être le cas des tuyauteries, qui après la réalisation d'épreuve hydraulique de résistance (EHR) seront séchées et si nécessaire inertées, ou des équipements tournants qui devront être périodiquement manœuvrés. Ces dispositions seront définies conjointement avec le titulaire. Leur mise en œuvre sera de la responsabilité du titulaire ou exécutée par le CEA après clarification des limites de responsabilité.

L'ASN souligne que le RJH en construction ne dispose pas encore de référentiel opérationnel. Toutefois, les enjeux liés au vieillissement ont été intégrés au stade de la conception, de la qualification

et de la construction. La méthode de qualification des EIP déployée par le CEA qui intègre des qualifications spécifiques pour tenir compte du vieillissement est en cours d'instruction. Concernant les enjeux liés à la conservation des équipements en raison de l'allongement de la durée de la construction, l'ASN a noté que le CEA a mis en œuvre une démarche permettant de s'assurer de la bonne conservation des équipements déjà installés ou en attente de montage et de mise en service sur site. Enfin, dans le cadre de la demande de mise en service (2028), l'ASN examinera les éléments relatifs à la mise en œuvre des prescriptions en matière de suivi et de maîtrise du vieillissement de certains SSC (enceinte de confinement et appui parasismiques, caisson cœur) et demandera, le cas échéant, au CEA de compléter son programme de maîtrise du vieillissement de son installation.

- INB n° 67 RHF exploitée par l'ILL

Comme indiqué dans le rapport d'auto-évaluation de la France de décembre 2017 (NAR), la maîtrise du vieillissement de l'ILL est intégrée au processus de contrôles et essais périodiques (CEP) et au processus de maintenance. Il n'existe pas de processus spécifique relatif à la démarche de maîtrise du vieillissement de l'installation.

La méthodologie pour la prise en compte du vieillissement comporte les éléments suivants :

- la détermination des SSC qui doivent faire l'objet d'une surveillance du vieillissement : l'analyse de sûreté présentée dans le rapport de sûreté de l'INB permet d'identifier les EIP, auxquels s'applique principalement la démarche de maîtrise du vieillissement. Cette démarche est en partie présentée dans le rapport de sûreté,
- l'identification la plus exhaustive possible des mécanismes de dégradations auxquels sont soumis ces EIP en exploitation (par exemple : corrosion, fatigue, abrasion, contraintes thermiques et climatiques),
- l'identification des activités de contrôle associées (nature, étendue et périodicité) et des activités de maintenance associées à ces contrôles et inspections,
- la réévaluation régulière de ce programme en tenant compte des nouvelles informations disponibles.

Cette méthodologie a été appliquée au bloc réacteur et à l'enceinte de confinement dans le cadre du réexamen périodique dont les conclusions ont été transmises en 2017.

L'ASN note que dans le cadre du réexamen périodique, des investigations complémentaires *in situ* ont été réalisées sur plusieurs EIP permettant de suivre l'évolution de leur vieillissement. L'ASN examine le résultat de ces investigations, notamment vis-à-vis de la suffisance de ces contrôles. Par ailleurs, un examen approfondi de la méthodologie sera réalisé pour les EIP bloc réacteur et enceinte de confinement. À l'issue de l'instruction du réexamen périodique (2021), l'ASN demandera à l'ILL de compléter, le cas échéant, sa méthodologie et de formaliser son programme de maîtrise du vieillissement.

2.1.2. Mise en œuvre des programmes de maîtrise du vieillissement sur les CNPE (voir NAR §9.4)

« Les spécificités du site et de chaque réacteur pourraient être mieux prises en compte dans le programme local de maîtrise du vieillissement (PLMV) et le DAPE réacteur ».

Avis du pays et action

Selon les instructions nationales d'EDF pour l'élaboration des rapports d'analyse du vieillissement d'un réacteur donné (DAPE réacteur), les spécificités du site et de chaque réacteur doivent être prises en compte dans l'élaboration du DAPE réacteur et du programme local de maîtrise du vieillissement correspondant (PLMV). Cependant, le retour d'expérience des dernières années montre une certaine hétérogénéité dans la production de ces documents entre les différents sites.

Ainsi, en 2018, EDF a mis en place un plan d'action pour améliorer leur qualité et leur ergonomie. Ce plan d'action comprend une mise à jour du format du DAPE réacteur (par la mise à jour du guide national de rédaction d'EDF), afin de mieux prendre en compte les aspects spécifiques du site.

Les travaux d'optimisation du processus de production du DAPE réacteur sont en cours, notamment l'élaboration par les services centraux d'EDF d'un nouveau guide de rédaction et le soutien aux sites pour ce nouveau guide, qui devrait entrer en vigueur en 2020.

L'ASN considère que les évolutions proposées par EDF dans le plan d'action devraient répondre à ses attentes. L'ASN évaluera leur efficacité, notamment lors du quatrième réexamen périodique de la sûreté des réacteurs de 900 MWe, en procédant à des inspections sur site.

2.2. Tuyauteries difficilement accessibles

2.2.1. Définition d'un programme générique de contrôle des tuyauteries difficilement accessibles (voir NAR §9.4)

“Dans la perspective de la poursuite du fonctionnement de ses réacteurs au-delà de 40 ans, en complément à ses dispositions de surveillance, EDF a engagé un programme de maîtrise de vieillissement des tuyauteries enterrées ou difficilement accessibles. Dans ce cadre, EDF réalise des inspections sur les sites de Tricastin, Fessenheim et Bugey, avec l'objectif de définir un programme générique de contrôles et pouvoir conclure en VD4 sur le maintien en service ou le besoin de rénovation de ces tuyauteries. L'instruction est en cours et les conclusions sont attendues en 2018.”

Avis du pays et action

La maintenance des tuyauteries enterrées du parc est assurée par différentes doctrines ou programmes :

- les doctrines de maintenance des tuyauteries véhiculant des fluides toxiques, radioactifs, inflammables, corrosifs et explosifs (TRICE) et des réseaux gravitaires enterrés des sites nucléaires sont déclinées dans des programmes courants locaux de maintenance préventive sur l'ensemble des CNPE ;
- dans le cadre de la prolongation de la durée d'exploitation des réacteurs, un programme particulier est mis en place sur les tuyauteries enterrées ou en caniveaux difficilement accessibles. Ce programme dénommé « tuyauteries enterrées » conduit à des inspections complémentaires aux programmes locaux.

Le programme « tuyauteries enterrées », le suivi des tuyauteries TRICE et le suivi des réseaux gravitaires permettent de couvrir la surveillance de l'ensemble des tuyauteries enterrées ou en caniveaux difficilement accessibles.

L'objectif du programme « tuyauteries enterrées » est d'inspecter les tuyauteries qui ont un risque de défaillance à VD4+20ans, comme estimé par l'utilisation du logiciel BPWorks, et de se prononcer sur leur aptitude à assurer leur fonction jusqu'à cette échéance, selon la méthode « fit for service –FFS ». Le logiciel BPWorks et la méthode FFS utilisés sont directement dérivés des méthodes employées par les exploitants américains.

En plus de prendre en compte le REX connu sur les différentes tuyauteries concernées, le logiciel BPWorks analyse chaque tronçon des tuyauteries en fonction de différents paramètres (type de sol, type de fluide, conséquence d'une défaillance éventuelle, etc.) et les classe suivant leur enjeu (faible,

moyen ou élevé). Les tuyauteries TRICE qui n'auraient pas été classées « à fort enjeu » par le logiciel BPWorks, sont systématiquement surclassées manuellement par EDF, par conservatisme.

Cette méthodologie permet d'identifier et d'inspecter les tronçons évalués les plus à risque, à l'aide de méthodes appropriées à la dégradation étudiée (inspection visuelle externe, mesures d'épaisseur ou inspection télévisuelle interne).

Ensuite, l'approche pour démontrer la résistance des tubes pour la période VD4+20 ans est basée sur l'application de la méthode FFS. Si l'application de la méthode FFS conclut à l'aptitude de ces tronçons à assurer leur fonction à VD4+20ans, les tronçons de risque inférieur sont donc aptes également, validant ainsi l'aptitude de l'ensemble de la tuyauterie à assurer sa fonction dans le temps.

Ainsi, au titre du programme « Tuyauteries enterrées », les tronçons jugés les plus sensibles des tuyauteries présentant des enjeux liés à l'environnement (risque de marquage de nappe) ou à la sûreté (fonction support incendie) sont inspectés.

Le programme « tuyauteries enterrées » concerne l'ensemble des réacteurs de 900 et 1300 MWe. À ce jour, cette démarche complète (analyse de risque, programme d'expertises, inspections et notes de synthèse) a déjà été déployée sur les 3 sites de Fessenheim, Bugey et Tricastin. Il en a été conclu l'aptitude des tuyauteries incluses dans le périmètre à assurer leur fonction jusqu'à VD4+20ans, à l'exception du réseau de distribution d'eau incendie (JPU) de Tricastin qui devra faire l'objet d'un contrôle intermédiaire après la VD5.

Par ailleurs, pour renforcer la démonstration de la robustesse de la démarche, des inspections complémentaires seront réalisées sur le site de Tricastin pour les tuyauteries présentant des enjeux liés à l'environnement pour couvrir le risque de marquage de nappe. En fonction des résultats obtenus et de leur analyse, EDF statuera sur l'extension éventuelle des inspections de ces tuyauteries. Le bilan de ces inspections complémentaires sera transmis après la divergence post-VD4 du réacteur n° 1 de Tricastin.

Afin de capitaliser son retour d'expérience, EDF mettra à jour la note de synthèse propre à chaque site avant chaque VD5 des réacteurs de 900 MWe, afin de considérer d'éventuels nouveaux éléments de REX survenus entre deux VD et de les réintroduire le cas échéant dans ces analyses spécifiques.

De plus, afin d'intégrer la démarche menée au titre du programme « tuyauteries enterrées » dans un processus pérenne d'analyse du vieillissement de ces matériels et donc de ré-interrogation de leur comportement, EDF a élaboré une nouvelle Fiche d'Analyse du Vieillissement (FAV), disponible lors de la mise à jour 2019 du recueil des FAV.

Sur la base des résultats actuels du programme " tuyauteries enterrées " et des compléments adoptés par EDF, l'ASN considère que l'approche mise en œuvre par EDF est acceptable pour maîtriser de manière générique le vieillissement des tuyauteries enterrées. L'ASN considère aussi acceptable le programme des inspections complémentaires, établi en tenant compte des contraintes d'exploitation (consignation de systèmes, zones à forte dosimétrie), de la géométrie (accessibilité et longueur pour effectuer les inspections télévisuelles internes, équipements spécifiques requis) et de la pertinence technique. L'ASN examinera toutefois les résultats de ces inspections afin de s'assurer qu'aucune action supplémentaire n'est nécessaire, en particulier pour la réparation ou le remplacement de tuyauteries pour un fonctionnement au-delà de 40 ans.

3. LES CONSTATS SPECIFIQUES A CHAQUE PAYS DECOULANT DE LA REVUE

Ce chapitre est consacré aux constats spécifiques⁷ à la France issus de la revue thématique par les pairs pour lesquels un axe d'amélioration a été identifié.

3.1. Programme d'ensemble de maîtrise du vieillissement (OAMPs)

3.1.1. TPR expected level of performance: Overall Ageing management programmes of research reactors

A systematic and comprehensive OAMP is implemented for research reactors, in accordance with the graded approach to risk, the applicable national requirements, international safety standards and best practices.

3.1.2. Avis du pays et action

Ce constat est déjà traité à la section 2.1.1.

3.1.3. TPR expected level of performance: Delayed NPP projects and extended shutdown

During long construction periods or extended shutdown of NPPs, relevant ageing mechanisms are identified and appropriate measures are implemented to control any incipient ageing or other effects.

3.1.4. Avis du pays et action

S'agissant des installations en construction, le projet EPR de Flamanville 3 a défini des dispositions organisationnelles relatives à la conservation des matériels, notamment durant la période de prolongation entre la fin du montage et le chargement combustible. Pour les matériels soumis à des critères de sûreté ou réglementaires, l'organisation du projet prend en compte les conditions d'ambiance et l'analyse de risques générique (corrosion, propreté, température, lumière, ...) incluant les parades associées (protection individuelle ou collective avec différents types de conservation). Des moyens proportionnés sont mis en œuvre pour s'assurer de la maîtrise de ces conditions de conservation (rondes dans les bâtiments avec relevés de paramètres de température ou d'hygrométrie, utilisation de moyens de type chauffage ou déshumidification, ...).

S'agissant des arrêts de réacteur dont la durée est notablement prolongée, les récentes situations de Paluel 2 et Bugey 5 ont conduit EDF à élaborer en 2016 et 2017 des dossiers réglementaires relatifs à la prolongation au-delà de 2 ans de la durée d'un arrêt. Ces dossiers comprennent, entre autres, un volet relatif aux dispositions particulières prises pendant l'arrêt prolongé et concluant sur l'aptitude des équipements susceptibles d'être soumis au vieillissement en vue du redémarrage de ces réacteurs.

Le retour d'expérience français et international ont confirmé que les matériels suivants - ouvrages de génie civil, matériels d'automatismes et de contrôle-commande, câbles électriques d'automatismes, matériels en fonctionnement ou faisant l'objet d'essais périodiques, circuit primaire principal - ne nécessitent pas d'actions de conservation en supplément de celles prévues par le référentiel standard de conservation. En revanche, des mesures de conservation ont été mises en place pour la robinetterie (tournée de redémarrage et certaines manœuvres d'organes), les machines tournantes (essais de fonctionnement), les matériels électriques (contrôles avant et pendant remise sous tension d'armoires électriques), les moyens de levage (contrôle avant mise en service) et plus spécifiquement, les générateurs de vapeur de remplacement (fermeture hermétique, dessiccateurs chimiques pour le volume d'air enfermé, protection extérieure, entreposage étanche et à hygrométrie contrôlée).

⁷http://www.ensreg.eu/sites/default/files/attachments/hlg_p2018-37_161_1st_tpr_country_findings.pdf

Une mise à jour de la doctrine nationale d'EDF en matière de conservation des équipements en cas d'arrêt et des documents de mise en œuvre associés est prévue pour la fin 2020 pour tenir compte des périodes d'arrêt de longue durée.

L'ASN examinera la doctrine actualisée d'EDF au regard des futures orientations de l'AIEA sur ce sujet, en cours d'élaboration dans le cadre du projet IGALL et du retour d'expérience en matière de vieillissement. Pour le projet EPR de Flamanville 3, compte tenu du retour d'expérience négatif, l'ASN examinera l'efficacité de l'organisation de préservation d'EDF et les dispositions dans le cadre de son instruction de la demande de prolongation du délai de mise en service du réacteur par EDF. En fonction des conclusions de son examen, l'ASN pourra être amené à demander des actions complémentaires.

3.2. Tuyauteries difficilement accessibles

3.2.1. TPR expected level of performance: Opportunistic inspection

Opportunistic inspection of concealed pipework is undertaken whenever the pipework becomes accessible for other purposes.

3.2.2. Avis du pays et action

Dans le cadre du programme « Tuyauteries enterrées » (voir §2.2.1), le choix des systèmes et tronçons à plus fort enjeu, et donc à inspecter, est déterminé par le logiciel BPWorks. EDF considère qu'il n'est pas essentiel d'inspecter les sections à faible enjeu qui seraient accessibles, de manière opportuniste, par d'autres travaux en cours. En complément du programme « tuyauteries enterrées » et des dispositions de surveillance courante (inspections et marquage de nappe), EDF prévoit de mettre en place une organisation permettant d'informer le niveau national de la programmation d'activités locales comprenant l'excavation de tuyauteries enterrées, et ainsi d'analyser l'opportunité d'effectuer l'inspection de ces tuyauteries mises à nu.

L'ASN considère que les évolutions proposées par EDF dans son plan d'action sont acceptables. L'ASN évaluera leur efficacité, notamment dans le cadre du quatrième réexamen périodique de la sûreté des réacteurs de 900 MWe, en procédant à des inspections sur site, afin de s'assurer qu'aucune action supplémentaire n'est nécessaire, notamment pour la rénovation ou le remplacement des tuyauteries pour un fonctionnement au-delà de quarante ans.

4. CONSTATS GENERIQUES RELATIFS AUX CABLES ELECTRIQUES

Dans les sous-sections ci-dessous, la position de la France pour chaque constat relatif aux câbles électriques ainsi que les actions prévues, le cas échéant, sont détaillées.

4.1. Good practice: characterize the state of the degradation of cables aged at the plant

Cables are aged within the actual power plant environment and tested to assess cable condition and determine residual lifetime.

4.1.1. Mise en œuvre par le pays

Comme indiqué dans le NAR §3.1.1.2.3, EDF a choisi depuis plusieurs années de prélever des câbles sur site pour les expertiser.

Depuis 2011, des programmes de prélèvements de câbles ont été établis afin de couvrir l'ensemble des gammes de câbles HTA et BT installées. Les câbles prélevés sont choisis parmi ceux exploités dans les conditions les plus contraignantes, ceci afin d'être enveloppe de l'ensemble des câbles installés.

À ce jour, au total

- 14 câbles HTA K3/NC et 2 câbles HTA K1 (RRA) ont été prélevés et expertisés ;
- 3 câbles BT K1 ont été prélevés intérieur BR (sur les systèmes RCV et RRA) et expertisés ;
- 3 câbles coaxiaux K2 ont été prélevés et expertisés dont deux prélevés intérieur BR ;
- 3 câbles BT puissance K3/NC ont été prélevés et expertisés extérieur BR.

Les caractérisations systématiquement réalisées pour chaque prélèvement permettent de caractériser finement l'état de vieillissement des câbles :

- Mesures électriques sur l'entière longueur des câbles préalablement à chaque prélèvement de câble ;
- Caractéristiques mécaniques des matériaux polymères (allongement et contrainte à la rupture) ;
- Caractérisation de la présence résiduelle ou non d'espèces stabilisantes protégeant de l'oxydation (isolants EPR et PRC) et de la déshydrochloruration (isolant PVC) ;
- Mesure infrarouges visant à mettre en évidence un début de consommation de ces espèces stabilisantes, voire une présence de produits de dégradation.

Ces caractérisations et les études R&D menées depuis de nombreuses années par EDF R&D, permettent d'avoir une connaissance approfondie des mécanismes de vieillissement des câbles électriques et d'obtenir une estimation de leur durée de vie résiduelle.

4.1.2. Action prévue par le pays le cas échéant

EDF poursuit les prélèvements pour expertise de câbles BT et HTA sur site conformément aux programmes établis, ce qui permet de couvrir l'ensemble des gammes de câbles HTA et BT installés. Aucune action supplémentaire n'est prévue.

L'ASN considère qu'aucune action complémentaire n'est nécessaire.

4.2. TPR expected level of performance: documentation of the cable ageing management program

The AMP is sufficiently well-documented to support any internal or external reviews in a fully traceable manner.

4.2.1. Mise en œuvre par le pays

Comme mentionné dans le rapport d'auto-évaluation de la France (NAR §2.3.1), la documentation de la maîtrise du vieillissement est basée sur les fiches d'analyse du vieillissement.

Le programme de maîtrise du vieillissement des câbles est principalement basé sur des fiches d'analyse du vieillissement mises à jour annuellement, qui visent à identifier les mécanismes de vieillissement et les moyens de surveillance des câbles à mettre en œuvre sur site. Par ailleurs, un dossier d'aptitude à la poursuite de l'exploitation consacrée aux câbles est régulièrement mis à jour tous les 5 ans afin de recueillir les retours d'expérience d'EDF en matière d'exploitation des câbles, les résultats des études R&D et les résultats de la caractérisation des échantillons de câbles prélevés sur site. Cette périodicité de 5 ans semble adaptée en ce qui concerne le retour d'expérience sur les câbles.

Une base de données des câbles HTA et BT a été constituée, regroupant le type et la formulation (spécifique à chaque fabricant) des matériaux polymères constituant l'isolant et les gaines externes, ainsi que les conditions d'exploitation (principalement température, irradiation et humidité).

4.2.2. Action prévue par le pays le cas échéant

EDF dispose d'une documentation complète sur le programme de maîtrise du vieillissement des câbles, conformément au TECDOC 1402 de l'AIEA. En conséquence, aucune action supplémentaire n'est prévue.

L'ASN considère qu'aucune action complémentaire n'est nécessaire.

4.3. TPR expected level of performance: methods for monitoring and directing all AMP-activities

Methods to collect NPP cable ageing and performance data are established and used effectively to support the AMP for cables.

4.3.1. Mise en œuvre par le pays

Comme mentionné au §4.1.1, EDF a mis en œuvre une méthodologie pour le prélèvement de câbles couvrant l'ensemble des gammes de câbles HTA et BT installées.

Depuis 2011, EDF a mis en place au niveau national des bases de données permettant d'effectuer un suivi de l'ensemble des câbles électriques directement affectés à la production (HTA, BT, classés et non classés) sur les paliers 900 et 1300 MWe.

Ces bases sont régulièrement mises à jour avec une périodicité minimale de 1 an comme demandé par les programmes de maintenance préventives des câbles HTA et BT. Ainsi chaque site remonte le résultat des mesures effectuées sur les câbles (comme les mesures de Tangente Delta et de Décharges Partielles effectuées périodiquement par échantillonnage sur les câbles HTA) et toute observation en lien avec le vieillissement des câbles (résultats de contrôles visuels, conditions d'exploitation, etc...).

4.3.2. Action prévue par le pays le cas échéant

Une méthodologie est définie pour évaluer les conditions des câbles ainsi que leur caractérisation. Les bases de données sont régulièrement mises à jour, ce qui permet à EDF de collecter les informations en lien avec le vieillissement des câbles et de suivre de façon rapprochée le vieillissement des différentes gammes de câbles exploités sur les sites. Aucune action supplémentaire n'est prévue.

L'ASN considère qu'aucune action complémentaire n'est nécessaire.

4.4. TPR expected level of performance: systematic identification of ageing degradation mechanisms considering cable characteristics and stressors

Degradation mechanisms and stressors are systematically identified and reviewed to ensure that any missed or newly occurring stressors are revealed before challenging the operability of cables.

4.4.1. Mise en œuvre par le pays

Les études R&D menées par EDF depuis plusieurs années sur les matériaux polymères constitutifs des câbles électriques, en particulier dans le cadre du développement du modèle multi-échelle (NAR §3.1.1.2.2), permettent à EDF de disposer d'une compréhension approfondie des mécanismes de vieillissement pouvant affecter les câbles électriques.

Les programmes de prélèvements pour expertise de câbles HTA et BT sur site viennent compléter ces études et permettent de s'assurer que les mécanismes affectant les câbles sur site sont bien ceux identifiés lors des études R&D. L'ensemble des caractérisations physico-chimiques réalisées sur les câbles prélevés permet de caractériser à plusieurs échelles (analyses macroscopique et microscopique) l'état de vieillissement des câbles, et sont en mesure le cas échéant de détecter tout mécanisme non identifié au préalable.

Les activités mises en place dans le cadre des programmes de suivi en exploitation des câbles HTA et BT (contrôle visuel, mesure d'isolement pour les câbles BT, mesures de tangente delta et de décharges partielles pour câbles HTA) sont également en mesure de détecter tout nouveau mécanisme de dégradation ainsi que des conditions d'exploitation contraignantes pouvant remettre en cause la fonctionnalité des câbles.

En complément, EDF effectue au niveau international une veille régulière sur le vieillissement des câbles électriques en participant à des congrès et des échanges internationaux (congrès JICABLE, échanges avec l'EPRI dans le cadre du MAI et du projet européen TEAM cables).

4.4.2. Action prévue par le pays le cas échéant

Les différentes actions mises en place depuis plusieurs années (études R&D, REX d'exploitation, suivi des câbles sur site, expertises de câbles prélevés sur site, veille internationale) permettent d'identifier les mécanismes pouvant affecter les câbles électriques, dont ceux soumis à des conditions d'exploitation contraignantes. Aucune action supplémentaire n'est prévue.

L'ASN considère qu'aucune action complémentaire n'est nécessaire.

4.5. TPR expected level of performance: prevention and detection of water treeing

Approaches are used to ensure that water treeing in cables with polymeric insulation is minimised, either by removing stressors contributing to its growth or by detecting degradation by applying appropriate methods and related criteria.

4.5.1. Mise en œuvre par le pays

Les phénomènes d'arborescence touchent les câbles HTA dont l'isolant est constitué d'une base Polyéthylène et qui sont soumis en exploitation à l'humidité. La combinaison humidité et champ électrique provoque des réactions électrochimiques conduisant à l'apparition de microfissures, puis progressivement à la formation d'arborescences d'eau dans les isolants.

Comme indiqué dans le NAR §3.1.2.1.2, EDF a fait le choix de ne pas enterrer les câbles, les préservant ainsi de la présence d'eau. Néanmoins, les câbles HTA transitant en galeries ou en caniveaux peuvent ponctuellement être soumis à des conditions humides.

Entre 2012 et 2015, l'ensemble des câbles HTA du Parc en exploitation a été inspecté. Les relevés *in situ* ont permis d'identifier les câbles soumis potentiellement à l'humidité. Ces câbles font depuis l'objet d'un suivi rapproché dans le cadre de la maîtrise du vieillissement mise en place par EDF. Des mesures de tangente delta et décharges partielles sont périodiquement réalisées sur ces câbles, ces méthodes de diagnostic électrique étant appropriées à la détection des phénomènes d'arborescence.

4.5.2. Action prévue par le pays le cas échéant

Les dispositions mises en place par les programmes de maîtrise du vieillissement permettent de détecter les câbles exploités en conditions humides et de renforcer la surveillance des câbles concernés avec la réalisation périodique de mesures de tangente delta et décharges partielles. Aucune action supplémentaire n'est prévue.

L'ASN considère qu'aucune action complémentaire n'est nécessaire.

4.6. TPR expected level of performance: consideration of uncertainties in the initial EQ

The accuracy of the representation of the stressors used in the initial Environmental Qualification is assessed with regard to the expected stressors during normal operation and Design Basis Accidents.

4.6.1. Mise en œuvre par le pays

Afin de s'assurer de la représentativité des conditions d'ambiance prises en compte lors de qualification initiale, EDF s'appuie sur les contrôles prescrits par les Programmes de Maintenance Préventive (PBMP) des câbles HTA et BT.

Pour les câbles HTA, le PBMP prescrit la réalisation d'un contrôle visuel initial de tous les câbles HTA, visant à détecter les zones de cheminement à risque et en particulier les conditions d'exploitation contraignantes (température ambiante élevée, proximité d'une tuyauterie haute température, humidité, forte dosimétrie, etc.). Ce contrôle a été réalisé entre 2012 et 2015 sur tous les sites EDF (plus de 14 500 câbles HTA contrôlés). Sur la base de ces contrôles, un échantillonnage de câbles « soumis à contrainte » est réalisé et des mesures de diagnostic (tangente delta et décharge partielles) sont réalisées périodiquement sur chaque câble de l'échantillon afin de s'assurer de l'état de vieillissement de ces derniers. L'échantillonnage est choisi de sorte à couvrir l'ensemble des fournitures de câbles et les différentes géométries de câble (unipolaire, tripolaire).

Pour les câbles BT, le programme de maintenance préventive prescrit le contrôle visuel initial de tous les locaux, visant à identifier les zones de contraintes, et l'état des câbles et des chemins de câbles. Un contrôle visuel périodique (tous les 10 ans) des zones de contraintes identifiées (en termes d'échauffement et d'irradiation) lors du contrôle initial est ensuite effectué.

Les inspections ainsi réalisées permettent de s'assurer que les câbles sont exploités dans des conditions conformes au RCC-E et, le cas échéant, de détecter des conditions d'exploitation plus contraignantes susceptibles d'accélérer le vieillissement des câbles. Les câbles soumis à des conditions d'exploitation plus contraignantes font l'objet de mesure de protection (limitation des contraintes), si possible, et d'un suivi rapproché.

À noter que les prélèvements de câbles sur site pour expertise permettent de s'assurer du bon comportement des câbles exploités en conditions contraignantes. Les câbles prélevés sont sélectionnés parmi ceux les plus contraints de façon à être représentatifs de l'ensemble de la population visée. Par exemple, pour les câbles HTA et BT puissance, les câbles prélevés sont des câbles transitant en salle des machines et/ou en extérieur, présentant un taux de fonctionnement élevé et si possible soumis à une charge importante.

4.6.2. Action prévue par le pays le cas échéant

Les dispositions mises en place par les programmes de maîtrise du vieillissement permettent de détecter les câbles exploités dans des conditions contraignantes et de renforcer la surveillance des câbles concernés. Les expertises de câbles prélevés sur site, choisis parmi les câbles les plus contraints, viennent compléter cette approche.

Aucune action supplémentaire n'est prévue.

L'ASN considère qu'aucune action complémentaire n'est nécessaire.

4.7. TPR expected level of performance: determining cables' performance under highest stressors

Cables necessary for accident mitigation are tested to determine their capabilities to fulfil their functions under Design Extension Conditions and throughout their expected lifetime.

4.7.1. Mise en œuvre par le pays

La démarche mise en place par EDF pour démontrer que les câbles nécessaires en situation d'accident sont aptes à remplir leur fonction toute au long de leur durée de vie qualifiée est basée sur deux éléments principaux :

- Des études permettant une compréhension approfondie des phénomènes de vieillissement pouvant affecter les câbles et de leur cinétique, permettant une modélisation prédictive du comportement des câbles dans le temps.
- Des prélèvements de câbles sur site, visant à valider cette approche prédictive.

Lors des expertises de câbles prélevés sur site, EDF dispose d'indicateurs de vieillissement physicochimiques avancés (caractérisations mécaniques, analyses infrarouges, temps d'induction à l'oxydation, etc.). L'ensemble des résultats obtenus permet de caractériser précisément l'état de dégradation des polymères, de valider les modèles prédictifs et de s'assurer de la capacité des câbles à résister aux conditions accidentelles.

À ce jour, les différents prélèvements réalisés montrent que tous les câbles K1 prélevés sont encore, après plus de 30 ans d'exploitation, dans la première phase de vieillissement vis-à-vis de l'oxydation : la consommation des antioxydants. Aucun impact sur les propriétés macroscopiques des matériaux polymères (allongement à la rupture) et électriques n'est mis en évidence.

EDF a réalisé également ponctuellement des essais de tenue aux conditions accidentelles sur des câbles K1 prélevés sur site auxquels ont été appliqués un vieillissement thermique additionnel représentatif de 20 ans d'exploitation supplémentaires et une dose d'irradiation de 500 kGy (couvrant 60 ans d'exploitation et une irradiation d'accident de 250 kGy). Ces essais ont montré que ces câbles K1 conservent leur fonctionnalité pendant et après un accident thermodynamique.

4.7.2. Action prévue par le pays le cas échéant

EDF continuera à expertiser des câbles K1 prélevés sur site et à améliorer ainsi la compréhension des phénomènes de vieillissement affectant ces câbles et les modèles de prédiction, ceci afin de s'assurer du maintien de leurs performances en conditions accidentelles. Aucune action supplémentaire n'est prévue.

L'ASN considère qu'aucune action complémentaire n'est nécessaire.

4.8. TPR expected level of performance: techniques to detect the degradation of inaccessible cables

Based on international experience, appropriate techniques are used to detect degradation of inaccessible cables.

4.8.1. Mise en œuvre par le pays

Dans le cadre des programmes de maintenance préventive des câbles électriques BT et HTA, EDF utilise les différentes techniques de diagnostic disponibles au niveau international permettant de suivre le vieillissement des câbles sur site (voir NAR §3.1.3). Certaines de ces techniques sont utilisables pour surveiller l'état de vieillissement des câbles inaccessibles :

- Les mesures de tangente delta et de décharges partielles pour les câbles HTA.
- Pour les câbles BT, les mesures de réflectométrie (utilisées pour contrôler l'état des câbles coaxiaux constitutifs des liaisons de mesure du flux neutronique – voir NAR §3.1.3.3), les mesures de résistance d'isolement et les mesures de continuité électrique.

En parallèle, EDF poursuit ses travaux de R&D dans le but d'identifier de nouvelles méthodes de diagnostic et participe à des travaux (NAR § 3.1.3.2) et à des partages d'expérience au niveau international dans le but d'échanger sur l'utilisation des techniques de diagnostic et sur les critères retenus.

4.8.2. Action prévue par le pays le cas échéant

EDF poursuivra ses études visant à identifier de nouvelles techniques de contrôles des câbles en exploitation, incluant celles utilisables sur des câbles inaccessibles, et à effectuer une veille au niveau international sur ces sujets. Aucune action supplémentaire n'est prévue.

L'ASN considère qu'aucune action complémentaire n'est nécessaire.

5. AUTRES CONSTATS GENERIQUES

Cette section est consacrée aux constats génériques issus de la revue thématique par les pairs pour lesquelles la France s'est vu attribuer une bonne pratique ou une bonne performance. Des informations sont fournies pour assurer la diffusion des bonnes pratiques ou performances dans d'autres pays.

Par ailleurs, lorsqu'aucune bonne pratique n'a été attribuée, la position de la France concernant la mise en œuvre de la bonne pratique générique est exposée.

5.1. Programme d'ensemble de maîtrise du vieillissement (OAMPs)

5.1.1. Good practice: External peer review services

External peer review services (e.g. SALTO, OSART-LTO, INSARR-Ageing) are used to provide independent advice and assessment of licensees' ageing management programmes.

5.1.1.1. Allocation par la revue

Une bonne pratique a été attribuée à la France.

5.1.1.2. Position du pays

Durant ces dernières années, EDF a bénéficié de revues externes, lui permettant de disposer d'avis et évaluations indépendants sur son programme de maîtrise du vieillissement :

- Corporate OSART en 2014
- OSART-LTO de GOLFECH en 2016 et BUGEY en 2017

La position d'EDF est de poursuivre cette démarche de revue, en incluant un module LTO aux prochains OSART de l'AIEA (programmés à PALUEL en 2020 et BELLEVILLE en 2021).

EDF a aussi réalisé un benchmark avec plusieurs exploitants américains (Duke et Dominion) concernant l'identification et la sélection des SSC à prendre en compte au titre de la maîtrise du vieillissement, ainsi qu'un benchmark entre son processus de maîtrise du vieillissement et les éléments (AMR, TLAA, AMP) identifiés dans l'IGALL de l'AIEA.

5.1.2. TPR expected level of performance: Data collection, record keeping and international cooperation

Participation in international R&D projects, experience exchange within groups of common reactor design and the use of existing international databases are used to improve the effectiveness of the NPPs OAMP.

5.1.2.1. Allocation par la revue

Une bonne performance a été attribuée à la France.

5.1.2.2. Position du pays et action

EDF est impliqué à divers titres (expert, observateur, contributeur, coordinateur, ...) dans différents groupes de travail internationaux, tant pour les composants mécaniques que pour les structures de génie civil, le contrôle-commande, ou les composants électriques.

La stratégie retenue par EDF est la suivante :

- se tenir informé des recommandations, guides ou documents émis par les autorités de sûreté étrangères,

- participer aux thèmes importants pour EDF (vieillessement, intégrité, marges et conséquences sûreté),
- s'assurer de la cohérence entre les conclusions et recommandations émises par les principaux groupes et les positions prises par EDF,
- comparer les démarches retenues par les principaux pays nucléaires sur la maîtrise du vieillissement des réacteurs, et les justifications associées,
- utiliser des cadres internationaux pour partager des actions de R&D en support à la maîtrise du vieillissement,
- conforter les approches françaises sur des thèmes relatifs à la méthodologie du processus, la durée de fonctionnement, les pratiques d'analyse d'intégrité, l'évaluation des marges, l'exclusion de rupture, les codes et normes (RCCM, RSEM), ...

À ce titre, EDF participe aux travaux de différents groupes de travail internationaux et instances internationales de l'AIEA, de l'ASME, de l'AFCEN, de l'OCDE-NEA, de l'EPRI, de NUGENIA, du MAI, de l'ENIQ, de l'EPERC, de FITNET, du PWROG ou du FROG. L'ASN est également impliquée dans différents groupes de travail du projet IGALL de l'AIEA (composants mécaniques et guides réglementaires) et contribue aux missions SALTO pour la revue des SSC mécaniques. Elle participe également au groupe de travail de l'AEN sur l'intégrité et le vieillissement des composants et des structures (WGIAGE).

5.1.3. TPR expected level of performance: Methodology for scoping the SSCs subject to ageing management

The scope of the OAMP for NPPs is reviewed and, if necessary, updated, in line with the new IAEA Safety Standard after its publication.

5.1.3.1. Allocation par la revue

Une bonne performance a été attribuée à la France.

5.1.3.2. Position du pays et action

Comme indiqué dans le NAR (§2.4.3), le nouveau référentiel de l'AIEA (SSG-48) est intégré dans le référentiel EDF depuis fin 2016 (guide méthodologique).

Depuis 2017, la démarche engagée par EDF prévoit des actions pour élargir le périmètre des SSC considérées à l'horizon des VD4 900, en lien avec le nouveau référentiel de l'AIEA. Ce point a fait l'objet du §2.3.1.4 du NAR :

“Le sous-processus SP1 a pour objet l'identification, parmi l'ensemble des SSC d'un réacteur, des composants pour lesquels un phénomène de vieillissement ou un mode de dégradation dépendant du temps peut engendrer une difficulté à remplir une fonction de sûreté :

- *les SSC importants pour la sûreté (EIPS),*
- *les SSC non EIPS, dont le vieillissement pourrait induire des défaillances susceptibles de remettre en cause les hypothèses d'étude retenues dans la démonstration de sûreté ;*
- *les SSC non EIPS qui, au titre des EPS (Études Probabilistes de Sûreté), contribuent de manière significative à la limitation du risque de fusion du cœur.*

Dans le cadre de la préparation de la VD4-900 et des VD suivantes, le périmètre des SSC est étendu :

- *à l'ensemble des SSC éléments importants pour la protection des intérêts (EIP) ;*
- *aux autres SSC pris en compte au titre des EPS agressions séisme, incendie, et inondation interne. “*

Il est à noter que l'audit de l'OSART-LTO de BUGEY en octobre 2017 a été mené sur la base de ce nouveau référentiel de l'AIEA.

EDF a bien pris en compte le nouveau référentiel de l'AIEA depuis 2016, dès l'émission de sa version projet, notamment sur le périmètre des SSC. Les actions liées à l'adoption de ce nouveau référentiel ont été identifiées et engagées dans le cadre du processus de maîtrise du vieillissement.

5.2. Tuyauteries difficilement accessibles

5.2.1. Good practice: use of results from regular monitoring of the condition of civil structures

In addition to providing information on soil and building settlement, the results from regular monitoring of the condition of civil structures are used as input to the ageing management programme for concealed pipework.

5.2.1.1. Allocation par la revue

Une bonne pratique a été attribuée à la France.

5.2.1.2. Position du pays

Le paramètre « tassement » est pris en compte forfaitairement en tant que donnée d'entrée du logiciel BPWorks (voir §4.1.2.3.1 du NAR) :

“En fonction des caractéristiques de chaque tuyauterie (fluide véhiculé, conditions d'exploitation, données de sol environnant, niveau de la nappe, ...), le logiciel évalue une probabilité de défaillance de chaque tronçon de tuyauterie. “

Pour ce faire, une identification de zones à risque de tassements potentiels est menée.

Concrètement, la démarche suivante est déclinée pour chacun des sites :

- Un inventaire des désordres d'ordre géotechnique ayant affecté le site nucléaire est tout d'abord réalisé. Il s'appuie sur les éléments connus et répertoriés à ce jour. Il ne se limite pas aux ouvrages linéaires enterrés (tuyauteries ou galeries) mais traite de l'ensemble des ouvrages du site. La plupart des désordres inventoriés sont en lien avec des problématiques de tassements différentiels excessifs ;
- Cet inventaire est mis en regard des conditions de fondations connues ou supposées des tuyauteries enterrées, en intégrant les spécificités de ces ouvrages (notamment leur faible profondeur d'enfouissement en général) et les spécificités géotechniques des sites (typiquement : qualité géo-mécanique des remblais ou des sols en place) ;
- Un avis général sur les risques « géotechniques » qui pourraient affecter les tuyauteries enterrées est ensuite proposé. Il permet d'identifier les configurations génériques les plus défavorables, lesquelles doivent être ensuite analysées réseau par réseau, pour cartographier plus précisément les zones sensibles.

Au final, la démarche proposée définit site par site un zonage précisant les zones à risques de tassement.

Ainsi, les données relatives au tassement issues de la surveillance des structures de génie civil et utilisées en tant que donnée d'entrée du logiciel BPWorks sont bien prises en compte dans le programme de maîtrise du vieillissement des tuyauteries enterrées.

5.2.2. Good practice: performance checks for new or novel materials

In order to establish the integrity of new or novel materials, sections of pipework are removed after a period of operation and inspected to confirm the properties are as expected.

5.2.2.1. Allocation par la revue

Une bonne pratique n'a pas été attribuée à la France.

5.2.2.2. Position du pays

Il n'y a pas de réseaux classés enterrés en polyéthylène haute densité (PEHD) actuellement sur le parc en exploitation français. La première mise en œuvre de ce type de tuyauterie se fait dans le cadre des travaux post-Fukushima (réseaux de liaison entre la source d'eau ultime et les utilisateurs de l'îlot nucléaire). Ces travaux sont réalisés entre 2018 et 2021, les réacteurs tête de série sont Bugey et Tricastin.

Pour ces réseaux nouvellement installés, la maintenance prévue est la suivante :

- Réalisation d'un essai hydrostatique tous les 10 ans afin de conforter les couples débits/pression,
- Réalisation d'un prélèvement décennal sur une tuyauterie PEHD pour des essais permettant de vérifier que les paramètres chimico-mécaniques restent dans le cadre des prévisions faites par la R&D (vieillesse normale de la tuyauterie).

La mise en place de tronçons enterrés en PEHD par EDF prévoit bien un prélèvement périodique et des essais associés pour vérifier l'état des propriétés d'un tronçon après exploitation.

5.2.3. TPR expected level of performance: inspection of safety-related pipework penetrations

Inspection of safety-related pipework penetrations through concrete structures are part of ageing management programmes, unless it can be demonstrated that there is no active degradation mechanism.

5.2.3.1. Allocation par la revue

Une bonne performance a été attribuée à la France.

5.2.3.2. Position du pays et action

Les traversées d'enceinte sont des points singuliers de l'enceinte de confinement, constituant la 3^{ème} barrière de confinement. A ce titre, elles doivent participer à la tenue à la résistance et à l'étanchéité de l'enceinte.

Plusieurs traversées d'enceinte IPS sont à considérer :

- Les traversées de câbles électriques, pressurisées en permanence à l'azote ou à l'air sec (surveillance par relevé annuel de la pression au manomètre). La surveillance au titre du programme de maintenance préventive prévoit la vérification périodique des manomètres et une visite périodique des traversées (non desserrage et état des connexions électriques). Les barreaux des traversées font l'objet au même titre que les câbles K1 d'un programme de R&D visant à appréhender le vieillissement de leurs isolants (PEEK ou KAPTON). Il en va de même des joints en matériaux polymères des traversées.
- Les traversées de tuyauteries (dites « traversées mécaniques »), les ouvertures d'accès (TAM, SAS), ainsi que les traversées munis de fond plein.

L'étanchéité de l'enceinte de confinement est vérifiée par :

- des épreuves périodiques tous les 10 ans de l'enceinte complète (« Épreuve Enceinte »), qui correspondent à l'essai global de type A (voir NAR §7.1.3.4.2) validant l'étanchéité de l'enceinte et de ses traversées,
- des essais partiels plus fréquents portant sur les organes d'isolement :
 - des traversées mécaniques (autres que celles du CSP et des tuyauteries RIS et EAS coté puisards) : il s'agit de l'essai de type C (voir NAR §7.1.3.4.2).

- des traversées munies de fonds pleins, y compris TAM et SAS : il s'agit de l'essai de type B (voir NAR §7.1.3.4.2).

Les circuits sont testés en air ou en eau, selon qu'ils seraient en air ou en eau en situation accidentelle.

S'agissant des fourreaux de traversées des enceintes à simple paroi (avec liner métallique), un document de maintenance prescrit, avant et après épreuve, un examen visuel des soudures de la peau au droit des traversées principales (TAM, SAS, tuyauteries VVP et ARE) et des traversées incluses dans des cloquages, afin de déceler des dégradations de type corrosion ou fissures visibles.

Le programme d'investigations complémentaires en VD3 900 et VD3 1300 comprend l'examen visuel d'autres soudures de liaison avec les fourreaux de traversées accessibles selon un sondage réparti entre plusieurs réacteurs :

- palier 900 MWe (Fessenheim 1, Bugey 2, Gravelines 1, Tricastin 1) : aucun défaut préjudiciable sur les soudures de liaisons entre les fourreaux des traversées et le liner n'a été relevé, hormis de légers éclats de peinture et des traces de corrosion.
- palier 1300 MWe (Paluel 3, Saint-Alban 1, Cattenom2) : des constats de corrosion sans nocivité ont été relevés sur quelques traversées de l'enceinte de Paluel 3 et de Saint-Alban 1 ; un programme d'inspection et de remise en peinture éventuelle est prévu à moyen terme.

S'agissant des quelques traversées de réserve (traversées « capsées ») du palier 900 MWe, un autre document de maintenance prévoit (en complément du PBMP applicable) l'inspection par l'extrados de l'intérieur de la traversée afin d'en évaluer l'état et la présence d'éventuelle trace de corrosion.

S'agissant des traversées des tuyauteries du CSP (ARE, VVP), le programme de maintenance applicable prévoit :

- l'inspection de certaines soudures de raccordement du flasque aux tuyauteries ARE et VVP, au moyen d'un procédé ultrasonore mis en œuvre dans l'espace entre la tuyauterie et le fourreau de la traversée,
- l'inspection de la paroi interne des tuyauteries ARE du palier 900 MWe, au droit de la traversée, au moyen d'un examen télévisuel et de mesures d'épaisseur par ultrasons mis en œuvre depuis l'intérieur de la tuyauterie (zones réputées inaccessibles à un contrôleur), pour rechercher des dégradations par corrosion-érosion.

Le processus de maîtrise du vieillissement a conduit à identifier 2 FAV spécifiques par palier pour les traversées électriques (vieillissement du joint d'étanchéité des traversées HTA – vieillissement des barreaux et conducteurs électriques des traversées BT).

Les contrôles et la maintenance préventive prévus ou déjà mis en œuvre pour les traversées des enceintes de confinement sont suffisants pour vérifier qu'il n'y a pas de mécanisme de dégradation active pour les traversées classées sûreté traversant des structures en béton. L'ASN souligne l'importance de prendre en compte tous les résultats de contrôles disponibles afin de maîtriser le vieillissement des tuyauteries difficilement accessibles.

5.2.4. TPR expected level of performance: scope of concealed pipework included in AMPs

The scope of concealed pipework included in ageing management includes those performing safety functions, and also non-safety-related pipework whose failure may impact SSCs performing safety functions.

5.2.4.1. Allocation par la revue

Une bonne performance a été attribuée à la France.

5.2.4.2. Position du pays et action

Le classement de sûreté des tuyauteries ainsi que leur proximité vis-à-vis de SSC classés de sûreté font partie des paramètres intégrés au logiciel BPWorks, utilisé pour le programme « tuyauteries enterrées », qui influent sur la quantification du risque attribué à chaque tronçon de tuyauterie, qui sert ensuite à définir le programme d'expertise.

Le programme « tuyauteries enterrées » intègre dans son champ d'application toutes les tuyauteries appartenant aux configurations suivantes, quel que soit leur classement de sûreté :

- enterrées
- en caniveau difficilement accessible (caniveau ensablé, caniveau sous voirie, ...).

Sur la base de cette approche, les tuyauteries non classées sûreté, dont la défaillance pourrait empêcher des SSCs d'assurer leurs fonctions de sûreté, sont incluses dans le programme de maîtrise du vieillissement des tuyauteries difficilement accessibles.

5.3. Cuve du réacteur

5.3.1. Good practice: Hydrogen water chemistry

Hydrogen Water Chemistry (HWC) is used in BWRs which may be sensitive to Intergranular Stress Corrosion Cracking.

5.3.1.1. Allocation par la revue

Le comité de coordination a convenu que la France n'était pas concernée par ce constat.

5.3.1.2. Position du pays

La France n'exploite que des réacteurs à eau sous pression et de ce fait n'est pas concernée.

5.3.2. Good practice: Implementation of a shield

Shielding in the core of PWRs with relatively high fluence is implemented to preventively reduce neutron flux on the RPV wall.

5.3.2.1. Allocation par la revue

Une bonne pratique a été attribuée à la France.

5.3.2.2. Position du pays

Dans la perspective d'extension de durée de fonctionnement des réacteurs nucléaires, EDF a engagé une démarche visant à réduire le flux neutronique au niveau des points les plus irradiés des cuves du palier 900 MWe (les points chauds), et ainsi à limiter le vieillissement sous irradiation de ces zones.

Le principe retenu est d'introduire des grappes absorbantes en hafnium dans les douze assemblages combustibles situés face aux points chauds de la cuve. L'objectif est d'obtenir une réduction de flux neutronique de l'ordre de 45% au niveau des points chauds de la cuve.

Le déploiement de cette mesure est programmé pour l'ensemble des réacteurs 900 MWe à l'occasion de leur 4^{ème} visite décennale, indépendamment des marges spécifiques à chaque cuve vis-à-vis du risque de rupture brutale de la zone irradiée.

Une première mise en œuvre de cette modification a été anticipée dès 2018 sur le réacteur 3 de Tricastin en amont de sa 4^{ème} visite décennale, afin de préparer son déploiement généralisé sur l'ensemble du palier 900 MWe.

5.3.3. TPR expected level of performance: Volumetric inspection for nickel base alloy penetration

Periodic volumetric inspection is performed for nickel base alloy penetrations which are susceptible to Primary Water Stress Corrosion Cracking for PWRs to detect cracking at as early a stage as possible.

5.3.3.1. Allocation par la revue

Une bonne performance a été attribuée à la France.

5.3.3.2. Position du pays et action

Depuis 2012, sur l'ensemble des cuves du Parc EDF, les pénétrations de fond de cuve en alliage base nickel sensible à la corrosion sous contrainte en milieu primaire (alliage 600 ou équivalent) font l'objet d'examen volumétriques par ultrasons à périodicité décennale. Cet examen permet de détecter des fissures amorcées depuis la paroi interne ou externe.

5.3.4. TPR expected level of performance: Non-destructive examination in the base material of beltline region

Comprehensive NDE is performed in the base material of the beltline region in order to detect defects.

5.3.4.1. Allocation par la revue

Une bonne performance a été attribuée à la France.

5.3.4.2. Position du pays et action

Le métal de base de la zone de cœur fait l'objet d'un examen par ultrasons automatisés à chaque visite décennale. La zone examinée concerne les vingt-cinq premiers millimètres de la paroi de la cuve, pour recherche de défaut de fabrication de type Défaut Sous Revêtement (DSR). Cet examen périodique est réalisé sur l'ensemble des cuves du Parc EDF, quelles que soient leurs conditions de fabrication.

En complément, dans le cadre d'instruction de problématiques spécifiques, des examens ponctuels peuvent être réalisés. Par exemple, des examens sur plusieurs cuves représentatives des cuves du Parc EDF ont été réalisés pour rechercher des Défauts Dus à l'Hydrogène (DDH). Ces examens n'ont mis en évidence aucun défaut de ce type.

5.3.5. TPR expected level of performance: Environmental effect of the coolant

Fatigue analyses have to take into account the environmental effect of the coolant.

5.3.5.1. Allocation par la revue

Une bonne performance a été attribuée à la France.

5.3.5.2. Position du pays et action

La démarche générale de prise en compte les effets d'environnement en fatigue consiste à sélectionner pour chaque type de composant des zones précurseurs, dites « sentinelles », en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises et en tenant compte de l'impact potentiel de l'environnement primaire sur la sensibilité de la zone à la fatigue.

Cette démarche a été appliquée aux parties résistantes à la pression de la cuve en contact avec le fluide primaire, et a conduit à identifier, comme unique zone éligible à la démarche, les adaptateurs périphériques de couvercle de cuve comme zone sentinelle qui fait donc l'objet d'une étude en fatigue spécifique prenant en compte les effets d'environnement dans le cadre du réexamen.

5.3.6. TPR expected level of performance: Suitable and sufficient irradiation specimens

For new reactors, suitable and sufficient irradiation specimens and archive materials are provided to support the reactor through its full operational life.

5.3.6.1. Allocation par la revue

Une bonne performance a été attribuée à la France.

5.3.6.2. Position du pays et action

Comme indiqué dans le rapport d'auto-évaluation de la France (NAR §5.1.3.1.1) :

“Les principes de ce programme de suivi sont similaires sur les différents paliers du parc EDF, du palier 900 MWe à l'EPR. Chaque cuve dispose à l'origine de six capsules au moins, quatre étant introduites lors du démarrage du réacteur et les suivantes étant introduites en exploitation (capsules de réserve). Les capsules sont extraites à intervalles réguliers afin d'être enveloppe de l'irradiation des cuves aux échéances des visites décennales.”

Pour Flamanville 3 (FA3 EPR), le calendrier d'insertion et de retrait des capsules prévu dans le cadre du programme de surveillance de l'irradiation (PSI) comporte six capsules d'irradiation, chacune correspondant à un fonctionnement additionnel de dix ans. Ces six capsules sont suffisantes pour permettre la surveillance du matériel de la cuve de FA3 EPR sur la durée de vie de conception (60 ans).

Chaque capsule d'irradiation comprend les échantillons de matériaux suivants :

Matériel	épreuves (type / nombre) par capsule d'irradiation		
	Charpy V (épreuves de résilience)	Epreuves CT (ténacité)	épreuves de traction
virole supérieure de cœur	18	10	6
virole inférieure de cœur	18	10	6
métal d'apport	18	10	6
zone affectée thermiquement des viroles de coeur	18	/	/

En complément de ces six capsules déjà fabriquées, les matériaux suivants sont stockés par l'exploitant pour une utilisation future. Ces matériaux permettent de disposer de deux capsules supplémentaires, identiques aux six premières :

- Matériau d'archivage des viroles de cœur inférieure et supérieure, permettant l'usage d'épreuves supplémentaires (Résilience, Ténacité et Traction) ;
- Echantillons métalliques soudés fabriqués à partir d'un coupon de soudure prévu pour le PSI (Résilience, Ténacité et Traction) ; - Echantillons de zone affectée thermiquement (ZAT) fabriqués à partir d'un coupon de soudure prévu pour le PSI (Résilience).

Des échantillons de métal de base, de joint soudé et de ZAT, quasi-équivalents au contenu d'une capsule complète, sont également stockés dans les ateliers du fabricant. Ces échantillons demeurent la propriété de l'exploitant.

De plus, tous les échantillons (testés ou non) sont conservés par l'exploitant pendant toute la durée de vie de la centrale. Ces échantillons restent disponibles pour la constitution d'éprouvettes de résilience, si nécessaire, afin de compléter le programme de surveillance de l'irradiation. Cela représente une quantité importante de matériaux archivés puisqu'il comprend également des échantillons fabriqués pour les essais initiaux du programme de surveillance en service sur le matériau non irradié :

Matériel	éprouvettes (type / nombre) par capsule d'irradiation		
	Charpy V (éprouvettes de résilience)	Compact Tension (fracture toughness tests)	Charpy V (éprouvettes de résilience)
virole supérieure de cœur	6 x 18	12	10
virole inférieure de cœur	6 x 18	12	10
métal d'apport	24	12	10
zone affectée thermiquement des viroles de coeur	24	/	/

Ces matériaux archivés peuvent être utilisés pour la reconstruction d'éprouvettes de résilience :

- Métal de base (à partir d'éprouvettes de résilience en métal de base)
- Zone affectée thermiquement (à partir d'éprouvettes de résilience prélevées dans la ZAT)

Des programmes de R&D sont également en cours pour développer l'utilisation d'éprouvettes de petites tailles (mini-Charpy, mini-CT) afin d'optimiser l'utilisation du matériel d'archives pour des recherches ultérieures sur le comportement des matériaux.

Les matériaux disponibles pour le programme de surveillance de l'irradiation de l'EPR de Flamanville 3 sont considérés comme suffisants pour assurer la surveillance du matériel pendant toute la durée de vie de la centrale, avec une marge importante :

- Le programme d'inspection en service comprend six capsules d'irradiation, conformément à la durée de vie prévue (60 ans),
- Les matériaux archivés, équivalent à deux capsules d'irradiation complètes, sont entreposés par le l'exploitant (plus le matériel restant entreposé par le fabricant) en vue d'une utilisation future possible dans le programme d'inspection en service,
- Les échantillons de matériaux sont stockés pendant la durée de vie du réacteur, ce qui permet d'augmenter le contenu du programme d'inspection en service par la reconstruction d'échantillons si nécessaire.

5.4. Enceinte de confinement en béton

5.4.1. Good practice: Monitoring of concrete structures

Complementary instrumentation is used to better predict the mechanical behaviour of the containment and to compensate for loss of sensors throughout the life of the plant.

5.4.1.1. Allocation par la revue

Une bonne pratique a été attribuée à la France.

5.4.1.2. Position du pays

Comme indiqué dans le rapport d'auto-évaluation de la France (NAR §7.1.3.2.1.1), le comportement mécanique de l'enceinte de confinement est suivi régulièrement en fonctionnement et lors des épreuves au moyen d'une auscultation permettant d'en mesurer les déformations et les déplacements d'ensemble. L'enceinte est équipée à la construction d'une instrumentation répartie dans le radier, le gousset, le fût et le dôme. Une instrumentation d'essai complémentaire peut être ajoutée temporairement pour la réalisation d'une épreuve.

À la naissance du parc, le système d'auscultation des enceintes répondait à un besoin d'auscultation important pour vérifier les hypothèses de conception et s'assurer de la bonne réalisation. Aujourd'hui, le besoin d'auscultation est moindre, les cinétiques de déplacement s'amortissant en cohérence avec les phénomènes de déformations différées du béton précontraint. L'exploitation de ce système produit un retour d'expérience significatif (plus de 3 épreuves par réacteur) alimentant une base abondante (58 réacteurs et 25 ans d'exploitation) et qui peut s'avérer précieux : en particulier, les données fournies par les extensomètres à corde vibrante noyés dans l'ouvrage sont de nature à mettre en évidence des phénomènes, tels que des pathologies de gonflement du béton, y compris dans des structures peu ou pas accessibles, notamment les radiers de fondation des enceintes.

Le besoin actuel d'auscultation est plus orienté vers l'assurance de la maîtrise du vieillissement en tenant compte des défaillances avérées et du risque de défaillances futures de l'instrumentation. Le Dispositif d'Auscultation Optimal (DAO) permet de répondre à ce besoin. Les principes du DAO répondent à la définition des moyens d'auscultation de la paroi précontrainte des enceintes nécessaires et suffisants pour :

- Surveiller l'ouvrage,
- Réaliser les études justificatives requises pendant toute la phase d'exploitation industrielle à venir,
- Garantir le respect des exigences fonctionnelles requises pour le système d'auscultation des enceintes.

Ainsi, le DAO se compose :

- de l'instrumentation d'origine dite pérennisée, c'est à dire remplacée si défaillante (repères topographiques, les pendules et fils invar, certains thermocouples, certains extensomètres)
- d'une instrumentation supplémentaire (fils invars verticaux temporaires en épreuve, extensomètres de parement (cf. Figure ci-dessous))

La mise en place du DAO est progressive, au rythme des arrêts de réacteur et des besoins identifiés.

Enfin, EDF expérimente également de nouvelles technologies de capteurs de parement sur la maquette VeRCors, notamment pour acquérir des mesures réparties par fibres optiques. Ces technologies, si leur fiabilité est démontrée, pourront offrir une alternative aux capteurs de parement actuellement installés sur les enceintes.

5.4.2. Good practice: Assessment of inaccessible and/or limited access structures

A proactive and comprehensive methodology is implemented to inspect, monitor and assess inaccessible structures or structures with limited access.

5.4.2.1. Allocation par la revue

Une bonne pratique a été attribuée à la France.

5.4.2.2. Position du pays

Les différentes parties (radier, fût et dôme) des enceintes de confinement du parc électronucléaire français sont équipées de dispositifs d'auscultation. Ces dispositifs peuvent permettre d'identifier certains phénomènes, tels que des pathologies de gonflement du béton, y compris dans des structures peu ou pas accessibles, notamment les radiers de fondation des enceintes. L'exploitation des mesures fournies par ces dispositifs permet de pallier en partie l'absence actuelle de méthodes d'END applicables à ces structures.

Comme mentionné dans le NAR, EDF est très investie dans le développement d'END pour l'inspection des zones inaccessibles et prend part notamment au projet de recherche français ENDE (Evaluation Non Destructive des Enceintes, 2014-2018 prolongé jusqu'en 2020), centré sur l'exploration des techniques non destructives pour caractériser l'état de contrainte et de fissuration du béton en lien avec l'étanchéité d'une enceinte de confinement. Ce projet associant notamment 6 laboratoires académiques permet de balayer largement les techniques de mesure possibles.

Pour EDF, l'objectif est de développer des solutions d'Examens Non Destructifs pour évaluer les grandeurs d'intérêt comme par exemple la teneur en eau, l'évolution de la précontrainte dans le béton, l'endommagement du béton, les dimensions et l'ouverture d'une fissure sous sollicitation évolutive, pour compléter les inspections visuelles des ouvrages et être capable d'affiner les modèles de prédiction du comportement mécanique et de l'étanchéité des enceintes.

Cette finalité recoupant une partie des objectifs du projet VeRCoRs, la maquette a donc été mise à disposition des partenaires du projet ENDE pour réaliser des campagnes de mesures hors épreuve et en épreuve. À ce stade, on peut retenir les points d'intérêts suivants :

- Les analyses de ces campagnes de mesure ont confirmé l'intérêt des techniques ultrasonores non linéaires croisées avec les techniques électromagnétiques pour évaluer la contrainte du béton. Une thèse ciblée sur ces techniques va être lancée fin 2019.
- Les expérimentations menées à grande échelle sur VeRCoRs ont permis des avancées notables sur la caractérisation de la fissuration fermée par mesures ultrasonores linéaires (ondes de surface), l'industrialisation de la technique est en cours.
- La variabilité spatiale des propriétés du béton a également été investiguée lors d'une campagne multi-technique réalisée en 2019 sur la maquette VeRCoRs. Les résultats sont en cours d'analyse.
- La mesure de la teneur en eau par capteurs noyés est acquise. Cette grandeur étant le marqueur principal du vieillissement du béton, les investigations se poursuivent pour la mesurer avec d'autres méthodes type END.

Ces démarches devraient permettre de sélectionner les techniques les plus appropriées pour accéder aux caractéristiques d'intérêt. À terme, ces actions visent à aboutir à des techniques d'END industrielles validées et fiables, susceptibles d'être déployées de manière ciblée sur les enceintes de confinement en complément des inspections visuelles et du suivi par l'auscultation.

5.4.3. TPR expected level of performance: Monitoring of pre-stressing forces

Pre-stressing forces are monitored on a periodic basis to ensure the containment fulfils its safety function.

5.4.3.1. Allocation par la revue

Une bonne performance a été attribuée à la France.

5.4.3.2. Position du pays et action

Sur les 58 réacteurs d'EDF, la précontrainte de l'enceinte de confinement est assurée par des câbles de précontrainte injectés au coulis de ciment. Cela a pour conséquence de ne pas pouvoir ni retendre ni remplacer les câbles de précontrainte au cours de la vie de l'enceinte.

Les phénomènes de retrait et de fluage du béton et la relaxation des câbles de précontrainte conduisent à une diminution de la précontrainte de l'enceinte de confinement au cours du temps. Le fluage du béton sous charge maintenue, couplé au retrait du béton, dépend de la composition du béton et ne peut donc pas être retardé ou neutralisé. La relaxation des câbles de précontrainte ne peut pas, elle non plus, être retardée ou neutralisée, ces câbles étant injectés dans un coulis de ciment.

Il n'y a pas de moyen permettant de pallier les pertes de précontrainte des câbles. Une surveillance est donc nécessaire. En fonctionnement, elle est assurée par la mesure périodique des déformations du béton selon une fréquence adaptée à la cinétique du phénomène. Les relevés du système d'auscultation sont effectués par EDF tous les 3 mois à minima. La plupart des sites disposent de télémessure et les relevés peuvent être plus fréquents en cas de nécessité. L'effort de précontrainte est également surveillé lors des épreuves de l'enceinte réalisées à pleine pression par la mesure des déformations instantanées du béton.

En complément, sur le premier réacteur de chaque site, 4 câbles de précontrainte verticaux ont été injectés à la graisse de telle sorte qu'ils sont libres de se déformer (s'allonger ou se raccourcir) et de transmettre l'effet de cette déformation à une cellule dynamométrique placée en extrémité de câble. La tension des câbles de précontrainte peut donc être suivie au moyen des dynamomètres installés sur les câbles verticaux de précontrainte injectés à la graisse. Néanmoins, ces mesures ne sont pas exploitées dans les études prédictives du comportement des enceintes.

Une mesure de perte de tension par pesage des câbles (lift-off) injectés à la graisse a été réalisée sur certains réacteurs. Cette méthode, qui peut constituer une méthode palliative en cas de mauvais fonctionnement des dynamomètres, reste néanmoins difficile à mettre en œuvre sur un réacteur en exploitation. Le retour d'expérience indique par ailleurs qu'une telle opération peut conduire à une perturbation significative et durable de la série de mesures (discontinuité de type hystérésis liée à l'opération). Compte-tenu du fait que ces mesures ne sont pas utilisées dans les études d'évaluation du comportement mécanique des enceintes à long terme, les mesures par lift-off ne sont pas déployées.

6. ÉTAT DE LA RÉGLEMENTATION ET DE LA MISE EN ŒUVRE DE PROGRAMMES DE MAÎTRISE DU VIEILLISSEMENT POUR D'AUTRES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES PRÉSENTANT DES RISQUES SIGNIFICATIFS

L'ENSREG a demandé aux pays participants de compléter, sur une base volontaire, cette section dédiée aux programmes de maîtrise du vieillissement des autres installations nucléaires à enjeux.

Pour répondre à cette demande, l'ASN a décidé de traiter le programme de maîtrise du vieillissement des installations de catégorie-1, en exploitation (les réacteurs nucléaires de puissance et les réacteurs de recherche d'une puissance supérieure à 1 MWth relèvent déjà du TPR), la 1ère catégorie correspondant aux installations présentant les risques et inconvénients les plus importants.

6.1. Recommandation du comité⁸

The Board recommends that countries explore the regulation and implementation of Ageing Management Programmes of other risk significant nuclear installations while developing and implementing National Action Plans to ensure they exist and are effective.

6.2. Position du pays et action (installations du cycle, installations en démantèlement, installations recevant des déchets, etc.)

6.2.1. Périmètre des installations nucléaires

La France compte plus d'une centaine d'installations nucléaires de base (INB) de nature très diverses, présentant des enjeux de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement très différents : réacteurs nucléaires de recherche ou de production d'électricité, centres d'entreposage ou de stockage de déchets radioactifs, usines de fabrication ou de traitement de combustibles, laboratoires, irradiateurs industriels... Afin de renforcer l'efficacité de son contrôle en veillant à ce qu'il soit proportionné aux enjeux et à l'importance des risques ou inconvénients que présentent les installations, l'ASN a adopté une démarche de classification des installations nucléaires en septembre 2015⁹, avec la définition de 3 catégories, la première catégorie correspondant aux installations présentant des risques et inconvénients les plus importants¹⁰. La liste des INB et leur catégorie associée est mise à jour annuelle par décision de l'ASN.

Les installations de catégorie-1, non incluses dans le périmètre de la TPR, sont les suivantes :

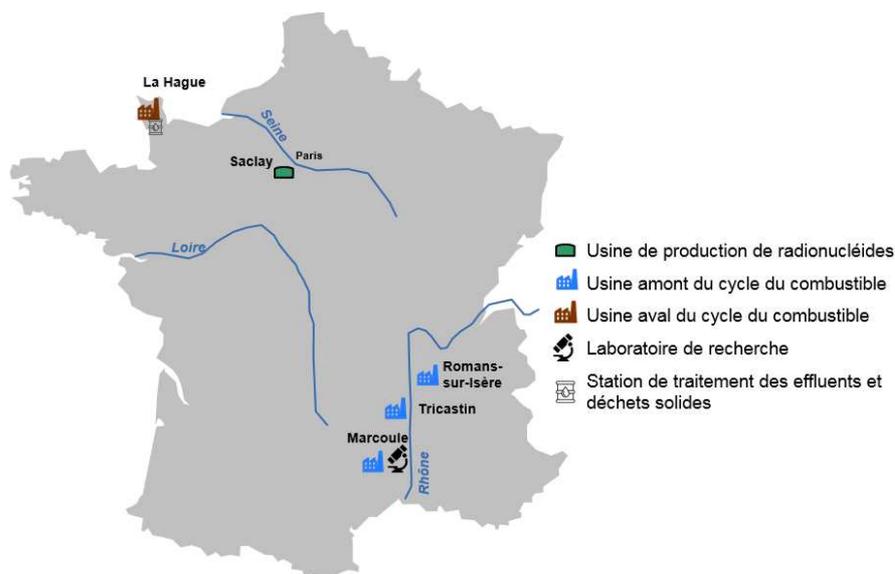
⁸ http://www.ensreg.eu/sites/default/files/attachments/hlg_p2018-37_160_1st_topical_peer_review_report_2.pdf

⁹ Décision n° 2015-DC-0523 du 29 septembre 2015 établissant une classification des INB au regard des risques et inconvénients qu'elles présentent pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement

¹⁰ L'ensemble des réacteurs électronucléaires en fonctionnement sont classés INB de catégorie 1.

Tableau 3 : INB de catégorie 1 en date de septembre 2019 (hors installations comprises dans le périmètre de la TPR)

N° d'INB	Nom	Exploitant	Secteur d'activités	Activités	Site d'implantation
29	UPRA	CIS bio international	Usine	Production de radioéléments artificiels	Site de Saclay
151	MELOX	Orano	Amont du cycle du combustible	Fabrication de combustible pour les réacteurs de puissance à base de plutonium de retraitement (MOX)	Site de Marcoule
148	ATALANTE	CEA	Recherche	Laboratoire de recherche	Site de Marcoule
63	Romans	Framatome	Amont du cycle du combustible	Fabrication de combustibles pour les réacteurs de recherche	Site de Romans-sur-Isère
98	Romans	Framatome	Amont du cycle du combustible	Fabrication de combustible pour les réacteurs de puissance	Site de Romans-sur-Isère
105	COMURHEX	Orano	Amont du cycle du combustible	Transformation de substances radioactives	Site de Tricastin
155	TU5	Orano	Amont du cycle du combustible	Transformation de substances radioactives	Site de Tricastin
168	George Besse II	Orano	Amont du cycle du combustible	Transformation de substances radioactives	Site de Tricastin
116	UP3-A	Orano	Aval du cycle du combustible	Traitement des combustibles irradiés	Site de La Hague
117	UP2-800	Orano	Aval du cycle du combustible	Traitement des combustibles irradiés	Site de La Hague
118	STE3	Orano	Aval du cycle du combustible	Traitement des effluents liquides et déchets solides	Site de La Hague



6.2.2. Maîtrise du vieillissement des INB de catégorie 1 (hors périmètre initial TPR)

6.2.2.1. INB n° 29 (UPRA) – CIS bio international, site de Saclay

La mise en œuvre d'une démarche de maîtrise du vieillissement des EIP a été initiée dans le cadre du réexamen périodique dont les conclusions ont été transmises en 2018. Cette démarche concerne les équipements classés EIP, ainsi que les systèmes de rétention du site. Elle consiste à identifier pour chaque type d'EIP :

- les mécanismes de vieillissement auxquels ils peuvent être soumis,
- les conséquences d'une défaillance,
- les dispositions prises par l'installation pour maîtriser les mécanismes de vieillissement.

L'identification des conséquences d'une défaillance permet de proportionner aux enjeux les mesures prises pour maîtriser la dégradation des équipements.

Les EIP sont classés par famille (25 familles), puis par type (environ 85 types). Pour chaque type d'EIP, les éléments suivants sont analysés (analyse générale) :

- existence d'un risque d'obsolescence (oui/non),
- existence d'un risque de vieillissement (oui/non).

Dans le cas d'une réponse positive à cette dernière puce, une analyse est menée afin de déterminer l'origine de ce vieillissement pour chaque type d'EIP (produits chimiques, irradiation, contamination, contraintes mécaniques, contraintes électriques, contraintes thermiques, autres).

À la suite de cette analyse générale, lorsque cela est nécessaire (identification d'un risque de vieillissement), des analyses du programme de surveillance et de maintenance et de l'obsolescence sont réalisées (analyse détaillée). Au travers de ces analyses détaillées du vieillissement, CIS BIO se positionne sur :

- la suffisance des CEP réalisés,
- la suffisance des maintenances préventives périodiques,

La prise de décision vis-à-vis de la suffisance des CEP et des maintenances préventives s'appuie sur :

- l'existence et la pertinence d'une surveillance en continu des conséquences du vieillissement de l'EIP concerné ;
- la facilité de remplacement de l'équipement en cas de détection d'une défaillance.

À l'issue de cette analyse détaillée, réalisée dans le cadre du réexamen périodique, CIS BIO détermine si il y a la nécessité ou non de réaliser des investigations complémentaires *in situ* afin d'établir un état des lieux.

Dans le cadre du réexamen, CIS bio international a jugé nécessaire la réalisation d'investigations complémentaires (principalement à des inspections visuelles) pour une vingtaine de types d'EIP, permettant de réaliser un état des lieux du vieillissement de ces EIP. Un document de synthèse qui trace l'analyse du vieillissement est rédigé pour chaque type d'EIP. En parallèle, afin de répondre à une prescription de l'ASN formulée à l'issue du dernier réexamen périodique, un programme de surveillance et de maintenance du génie civil est en place¹¹.

L'ASN souligne le travail engagé et la méthodologie développée en matière de maîtrise du vieillissement, afin notamment d'établir un état des lieux pour les types d'EIP pour lesquels les CEP et maintenances préventives ne permettaient pas de suivre l'évolution des dégradations liées au vieillissement. Cette méthodologie fait l'objet d'un examen par l'ASN. L'ASN sera aussi attentive à la position de CIS bio international face aux résultats des investigations complémentaires et sur la nécessité de mettre en place des programmes de surveillance. À l'issue de l'instruction du réexamen périodique, l'ASN demandera à CIS bio international de compléter, le cas échéant, sa méthodologie et de formaliser son programme de maîtrise du vieillissement. L'ASN considère que ce programme de maîtrise du vieillissement de l'installation doit être mise en œuvre de manière continue, et pas seulement durant les réexamens périodiques et ne devrait pas se limiter aux programmes de surveillance et de maintenance.

6.2.2.2. INB n° 151 (MELOX) – Orano, site de Marcoule

La maîtrise du vieillissement concerne les SSC ayant une fonction importante pour la protection (EIP), ainsi que les équipements nécessaires au fonctionnement de l'installation.

La méthodologie d'analyse du vieillissement, définie dans le cadre du dernier réexamen périodique (transmis en 2011) consiste, à identifier les SSC en fonctionnement pouvant être sujets à des phénomènes de dégradation de leurs performances. Cette sélection est réalisée sur la base, en particulier, du REX du dernier réexamen périodique, du REX d'exploitation et des CEP.

Pour ces SSC, la détection et le suivi du vieillissement se font au travers :

- du suivi de l'évolution des mesures de surveillance des paramètres de fonctionnement,
- du suivi de la récurrence d'apparition de défauts de fonctionnement et/ou de pannes,
- d'investigations spécifiques basées sur l'expertise,
- d'appréciations visuelles permettant d'évaluer l'état général,
- de calculs de résistance et d'endurance permettant de déterminer les limites d'utilisation d'éléments mécaniques.

Le choix des paramètres de détection est adapté aux spécificités de chaque SSC étudié : composant actif ou passif, mécanismes d'endommagement, possibilités de mesure, représentativité d'une technique d'investigation... .En cas de détection de vieillissement d'un SSC, le traitement appliqué est le suivant : soit le maintien en condition opérationnelle de l'existant (MCO), soit le remplacement (à

¹¹ L'examen de conformité réalisé lors du dernier réexamen périodique avait relevé la présence d'une fissuration plus importante que celle attendue

l'identique ou avec intégration d'amélioration). Le MCO est l'option privilégiée pour traiter les problèmes liés au vieillissement.

Une phase préalable de diagnostic permet, après analyse de faisabilité (intégrant notamment la disponibilité de pièces de rechange et les contraintes d'intervention), de décider de la réalisation d'un simple réglage ou en cas de composants ou sous-ensembles défectueux : une remise en état, ou un échange à l'identique suivant les spécifications d'origine. Deux exemples concrets d'application sont présentés :

- Écrans neutrophages : les écrans neutrophages sont des EIP qui assurent la maîtrise du risque de criticité par empoisonnement solide. La justification de la sous-criticité des entreposages mettant en œuvre ces écrans est démontrée sous réserve que les épaisseurs de ces écrans et les concentrations en atomes de bore (capture des neutrons) et en atomes d'hydrogène (thermalisation des neutrons), sont supérieures aux valeurs retenues dans les notes de calcul.
 - Une analyse des mécanismes d'endommagement et de vieillissement a été conduite dans le cadre du 1^{er} réexamen périodique (transmis en 2011). Cette analyse a conclu que le vieillissement dans le temps pourrait remettre en cause l'homogénéité des écrans, dégradant ainsi les performances attendues.
 - Un contrôle de témoins représentatifs des écrans de l'installation, consistant en la mesure de l'atténuation d'un flux de neutrons en différents points de l'échantillon, a été mis en place. Ce contrôle permet de garantir que l'homogénéité du matériau, donc les performances attendues des écrans, est conservée. Ce contrôle est renouvelé périodiquement (lors de chaque réexamen).
- Fours de frittage : les fours de frittage sont des équipements de la ligne de procédés nécessaires à la fabrication du MOX. Ces fours sont également des EIP vis-à-vis du confinement statique, de la maîtrise du risque de criticité et du risque d'explosion.

Certains composants des fours sont sensibles au vieillissement notamment les briquetages internes qui permettent d'isoler la paroi extérieure en métal de la température élevée régnant à l'intérieur du four. Une partie de ces briquetages, la sole, permet également la circulation des produits à l'intérieur du four. La dégradation de ces briquetages entraîne des dysfonctionnements rendant indisponibles l'équipement.

Le remplacement à titre préventif du briquetage est une donnée connue des fabricants et utilisateurs de four. Le REX d'exploitation de l'usine a permis de consolider un programme de surveillance reposant sur les moyens de détection suivants :

- suivi de l'évolution des paramètres de fonctionnement : la durée d'utilisation totale est une des cibles de déclenchement du remplacement du briquetage d'un four,
- suivi de la récurrence des pannes : la fréquence des dysfonctionnements liés à la circulation des produits sont surveillés et peuvent être un déclencheur d'une réfection d'un four,
- des inspections visuelles (à l'aide de caméra) réalisées lors des opérations de nettoyage du canal de circulation des matières,

L'expertise des joints d'étanchéité effectuée après remplacement des tronçons de fours a conduit à dédouaner cet équipement au titre du vieillissement.

Le traitement du vieillissement du briquetage repose sur 2 axes :

- le maintien en condition opérationnel par des réparations locales du briquetage opérées à l'issue des inspections visuelles ou d'un traitement du dysfonctionnement,
- le remplacement complet des tronçons de four (paroi métallique équipée de son briquetage) par des tronçons neufs. Le remplacement des tronçons est une opération complexe et longue de plusieurs semaines qui fait l'objet de modes opératoires et d'outillage spécifiques ainsi que d'un processus de requalification défini de la sûreté et de la qualité des produits fabriqués.

Cette méthodologie d'analyse du vieillissement sera à nouveau déployée dans le cadre du prochain réexamen périodique (2021). Les actions identifiées pour tenir compte du vieillissement seront pérennisées dans les modes opératoires à l'issue de ce réexamen.

L'ASN note qu'actuellement la maîtrise du vieillissement repose sur différents processus opérationnels (CEP, analyse du REX) et ne couvre pas tous les EIP. L'ASN analysera le programme de contrôles et de prise en compte du vieillissement des EIP proposé par Orano dans le cadre du prochain réexamen périodique (2021). À l'issue de son instruction, l'ASN demandera à l'exploitant, le cas échéant, de compléter son programme de maîtrise du vieillissement. Celui-ci devra dépasser le seul cadre des réexamens périodiques et devra intégrer l'identification et l'analyse des mécanismes de vieillissement présents.

6.2.2.3. INB n° 148 (ATALANTE) – CEA, site de Marcoule

La maîtrise du vieillissement concerne les matériels et les équipements pouvant mettre en cause la sûreté de l'installation (soit EIP au titre de la sûreté). La démarche mise en œuvre, initiée à l'issue du dernier réexamen périodique (2007) pour la maîtrise du vieillissement s'articule autour de trois thèmes :

- un suivi des équipements par la réalisation de contrôles et essais réglementaires (CER) et des CEP sur les EIP : ces contrôles permettent donc de suivre le vieillissement des équipements, de détecter une défaillance appelant une remise à niveau du matériel et éventuellement de programmer une opération de jouvence,
- l'anticipation des pannes ou obsolescences par le recours à une maintenance préventive : l'exploitant définit les opérations de maintenance préventive organisées parallèlement aux CER et CEP, en tenant compte des préconisations d'entretien des constructeurs et du REX sur les équipements concernés. Grâce au suivi de ces opérations et à l'analyse des comptes rendus d'intervention, le maintien des performances des matériels et équipements est amélioré et leur vieillissement est mieux détecté, permettant ainsi d'anticiper leur remise à niveau ou leur remplacement par des matériels ou équipements de nouvelle génération.
- l'utilisation du REX de l'installation ou des autres installations du CEA pour anticiper des travaux de jouvence à réaliser sur des matériels ou des équipements. Le REX s'appuie essentiellement sur :
 - l'analyse des dysfonctionnements propres à l'installation,
 - l'analyse d'indicateurs tels que la consommation ou le taux de disponibilité,
 - le constat d'une amélioration de fonctionnement telle que l'évolution d'une pratique ou d'un équipement,
 - les informations provenant d'une autre installation du CEA,
 - les données identifiées et transmises par le constructeur de matériel.

Ces éléments de REX sont transmis puis pris en compte par la ou les personnes en charge du ou des matériels et équipements concernés, afin d'adapter la gestion préventive des pannes et d'optimiser

leur fonctionnement nominal. Les actions les plus significatives font l'objet d'une synthèse qui est intégrée dans le bilan annuel de la sûreté.

Pour réaliser les opérations de remplacement ou d'évolution de matériel d'ampleur importante, il est mis en place un plan moyen long terme (PMLT) pluriannuel permettant de planifier les actions nécessaires pour maintenir ou améliorer les performances de l'installation, et d'anticiper les coûts associés à leur réalisation.

Des actions complémentaires vis-à-vis de la maîtrise du vieillissement ont été récemment réalisées et portent sur :

- une revue des EIP (sur la base de la liste mise à jour lors du réexamen de sûreté) visant à identifier les EIP dont la maîtrise du vieillissement ne serait pas assurée par la déclinaison de la démarche décrivant la prise en compte du vieillissement,
- l'identification pour les EIP concernés, d'activités de contrôle complémentaire à mettre en place en fonction des mécanismes de vieillissement auxquels sont soumis les équipements.

Il a ainsi identifié une dizaine d'EIP pour lesquels la prise en compte du vieillissement pourrait être améliorée. Les activités de contrôle complémentaire envisagées s'articulent principalement autour de la mise en place d'un suivi régulier de l'installation, portant notamment sur :

- l'état de la 3^{ème} barrière de confinement statique (structures internes des voiles en béton armé, joints inter-bâtiment, toitures, terrasses et façades extérieures soumises aux contraintes climatiques),
- l'état des trémies rebouchées au sein des 2^{èmes} barrières de confinement statique,
- l'état des tuyauteries et des cuves constituant la 1^{ère} barrière de confinement statique, pouvant être impactées par des éventuels phénomènes de corrosion,
- l'état des parois des caissons blindés et boîtes blindées soumises à une ambiance chimique et irradiante,
- l'état des gaines de ventilation,
- l'état des clapets coupe-feu.

Ces diagnostics ont permis d'identifier les mécanismes de vieillissement en jeu et de définir un état des lieux du vieillissement de ces EIP. L'ensemble des actions préconisées par ces diagnostics a été repris dans un plan d'action priorisant les actions curatives, correctives et préventives à mettre en œuvre en fonction de leur impact sur la maîtrise des risques. Au regard des conclusions de ces diagnostics, le CEA a défini, lorsque nécessaire un programme de suivi régulier de l'installation.

L'ASN observe que la démarche générale décrite par le CEA vise en premier lieu à s'assurer du bon fonctionnement des EIP via les CER et CEP et à prendre en compte les risques liés à l'obsolescence. Elle devra être complétée par une identification des mécanismes de vieillissement en jeu avec la définition, en cohérence du programme de suivi, pour consolider le programme de maîtrise du vieillissement actuel.

En revanche, l'ASN estime que les actions complémentaires réalisées récemment par le CEA, pour les EIP dont le suivi normal ne permet pas de contrôler l'évolution du vieillissement, constituent une première approche de la prise en compte du vieillissement de l'installation. Dans le cadre du réexamen, l'ASN demandera au CEA de compléter sa démarche de maîtrise du vieillissement afin de s'assurer de l'exhaustivité des mécanismes de dégradation identifiés et de l'adéquation des contrôles prévus. Les programmes de suivi réguliers de l'installation définis par le CEA, qui permettent de suivre l'évolution du vieillissement des EIP concernés, devront être formalisés dans un document opérationnel.

6.2.2.4. INB n^{os} 63 et 98 – Framatome, site de Romans-sur-Isère

La mise en place d'un programme de maîtrise du vieillissement avec la réalisation d'investigations étendues et spécifiques a été initiée dans le cadre et à l'issue des derniers réexamens périodiques (dont les conclusions ont été transmises respectivement en 2015 et 2013 pour les INB n^{os} 63 et 98 pour lesquels l'ASN a pris position à l'issue de leur instruction). Le périmètre comprend les EIP identifiés comme pouvant être sujet au vieillissement dans le RDS (voir méthodologie décrite ci-après). En outre, une démarche spécifique relative au génie civil est en cours de déploiement. Il est à noter qu'il existe un guide technique décrivant la démarche de prise en compte du vieillissement des EIP, qui est référencé dans le SMI. Les mécanismes de vieillissement sont décrits dans le RDS, les mesures de surveillance (CEP) sont appelées par les RGE et le périmètre de ces essais, ainsi que les actions de maintenance préventive, sont précisées dans les gammes opératoires.

D'une manière générale, la détection et le suivi des phénomènes de vieillissement se font au travers :

- du suivi des mesures de surveillance de paramètres de fonctionnement destinés à révéler l'apparition de phénomènes de dégradation,
- du suivi de la récurrence dans les événements anormaux d'apparition de défauts de fonctionnement ou de pannes significatifs d'une perte de fiabilité,
- d'investigations spécifiques, basées sur l'expertise, à partir d'une analyse transverse portant sur les différents phénomènes de vieillissement.

La méthodologie appliquée par Framatome est la suivante :

1. identification des phénomènes de vieillissement pouvant affecter les équipements et les installations (étude et description dans le RDS),
2. identification des équipements et structures pouvant être affectés par ces phénomènes de vieillissement (identification dans le RDS),
3. définition de mesures de surveillance afin de vérifier la progression des phénomènes de vieillissement et définition des mesures de prévention. Ces mesures sont en règle générale intégrées au CEP et aux actions de maintenance. Il est à noter que les CEP ne vérifient alors pas uniquement le bon fonctionnement d'un équipement, mais également l'usure de celui-ci.

L'application de la démarche décrite ci-dessus est la suivante :

1. identification des phénomènes de vieillissement.

Framatome a identifié 5 phénomènes de vieillissement qui peuvent affecter les équipements de ces installations :

- la corrosion : les équipements où des produits chimiques corrosifs sont mis en œuvre dans les procédés de fabrication, peuvent être soumis au vieillissement par corrosion (ex : acide fluorhydrique),
- la fatigue : les équipements soumis à des vibrations peuvent être le siège de vieillissement de type fatigue,
- l'abrasion : les équipements qui participent au transport de la poudre d'oxyde d'uranium peuvent être soumis au phénomène de vieillissement par abrasion,
- les contraintes thermiques : les équipements subissant des cycles thermiques ou des variations thermiques importantes peuvent être le siège de vieillissement (ex : fours de conversion),
- les agressions climatiques : les équipements situés à l'extérieur peuvent être soumis à du vieillissement lié aux agressions climatiques, telles que les températures extrêmes, les précipitations pluvieuses ou de neige. C'est le cas du génie civil.

2. identification des locaux et équipements concernés.

Les équipements et locaux concernés par chacun des mécanismes de vieillissement, sont :

- pour la corrosion : principalement la station de condensation de l'acide fluorhydrique et l'atelier de recyclage qui mettent en œuvre des réactifs chimiques comme l'acide nitrique,
- pour la fatigue : principalement l'atelier laminés, dans les enceintes contenant des équipements de concassage, broyage ou tamisage,
- pour l'abrasion : principalement les réseaux de transfert pneumatique et les trémies de réception de la poudre d'oxyde d'uranium entre les ateliers conversion et pastillage, notamment au niveau des parties coudées du réseau de transfert pneumatique,
- pour les contraintes thermiques : principalement les fours de conversion du bâtiment C1 et les fours de frittage et d'oxydation de l'atelier pastillage,
- pour les agressions climatiques : principalement le génie civil.

3. définition de mesures de surveillance, de prévention et de maintenance.

- pour la corrosion :
 - mesure de prévention : choix des matériaux et revêtements particuliers et présence d'une unité de traitement sur le réseau ventilation afin de capter les oxydes d'azotes susceptibles d'endommager les filtres,
 - mesure de surveillance : contrôle périodique visuel annuel.
- pour la fatigue :
 - mesure de surveillance : contrôle périodique de l'étanchéité (test en pression).
- pour l'abrasion :
 - mesure de prévention : choix des matériaux et double enveloppe au niveau des parties coudées,
 - mesure de surveillance : contrôle périodique de l'étanchéité (test en pression), contrôle et/ou remplacement périodique des parties droites et coudées des transferts pneumatiques, contrôle périodique visuel de l'état de la plaque de frappe des trémies de réception.
- pour les contraintes thermiques :
 - mesure de prévention : choix des matériaux et équipements,
 - mesure de surveillance : contrôle périodique de l'état d'usure.
- pour les agressions climatiques :
 - mesure de prévention : renforcement des équipements et bâtiments vis-à-vis des agressions climatiques,
 - mesure de surveillance : plans de surveillance en place à la suite des réexamens périodiques INB nos 63 et 98, ils sont basés sur les pathologies potentielles des différentes parties d'ouvrages de génie civil.

Les critères de remplacement et les actions de maintenance préventives sont décrits dans les gammes opératoires des essais périodiques.

L'ASN considère que la méthodologie déployée par Framatome pour la maîtrise du vieillissement de son installation est satisfaisante. Le programme de maîtrise du vieillissement est formalisé dans le système de gestion intégrée.

6.2.2.5. INB n°s 105, 155 et 168 (COMURHEX, TU5, George Besse II) – Orano, site de Tricastin

Le site du Tricastin comprend plusieurs INB qui appartenait jusqu'en 2018 à des exploitants différents et ne bénéficiaient jusqu'à maintenant pas d'un même suivi en matière de maîtrise du vieillissement des EIP. En conséquence, des actions sont en cours visant à homogénéiser les pratiques. Les réexamens périodiques des installations¹² ont permis de renforcer la méthodologie et de mener des investigations et actions spécifiques des installations en matière de suivi et maîtrise du vieillissement.

La maîtrise du vieillissement concerne l'ensemble des EIP. Elle est assurée par la maîtrise de la conformité des installations à leur référentiel de sûreté et aux exigences qui leur ont été définies tout au long de la vie de l'installation. Cette démarche est encadrée par une directive spécifique (directive sur la vérification de la conformité des installations). Les objectifs sont :

- la définition d'un processus de vérification de la conformité des EIP, en corrélation avec la conformité initiale et l'environnement de l'EIP,
- la définition d'une stratégie de vérification de la conformité (définition des contrôles).

Ainsi, actuellement la maîtrise du vieillissement est intégrée aux CEP qui font partie du processus de maintenance des installations du SMI.

La démarche qui est en cours de déploiement par Orano repose sur l'élaboration et le maintien à jour d'une stratégie de vérification formalisée. Cette stratégie est adaptée, à l'importance des risques associés à chaque EIP (adaptés aux enjeux), et à leur cinétique de vieillissement. La méthodologie s'appuie notamment sur les processus de veille réglementaire et de gestion documentaire, de maintenance préventive et corrective et de gestion des modifications.

Le processus d'élaboration de la stratégie de vérification de la conformité, est le suivant (en cours) :

- étude du dossier descriptif de l'installation/équipement concerné (dossier de qualification etc...),
- formalisation d'une fiche de vérification rassemblant l'ensemble des critères opérationnels associés aux opérations de vérification de la conformité de l'équipement. Cette fiche peut être spécifique à un EIP ou être générique pour une famille d'EIP. Elle rassemble notamment l'ensemble des contrôles et essais définis,
- révision de la stratégie de vérification quand nécessaire et notamment dans le cadre des réexamens périodiques.

Pour certaines installations ciblées, un programme de surveillance et de CEP sera mis en place pour contrôler le vieillissement dans le cadre de la maintenance.

Les examens de conformité menés dans le cadre des réexamens périodiques constituent une étape importante dans la maîtrise du vieillissement des EIP. Ces examens de conformité portent sur l'ensemble des EIP. Toutefois, en fonction des équipements et de la reproductivité des installations, l'analyse porte sur chaque EIP ou sur un échantillonnage représentatif des constituants de l'EIP.

L'examen de conformité se déroule en quatre étapes principales :

- Étape n°1 : identification des exigences initiales de conception et des critères opérationnels relatifs aux exigences définies (ED). Les ED sont spécifiées par les critères opérationnels (exigences explicites et disposant de critères d'acceptation vérifiables).

¹² Les conclusions ont été transmises respectivement en 2017 et 2014 pour les INB n°s 105 et 155. L'INB n° 168 a été mise en service en 2011, le premier réexamen périodique est prévu pour 2021.

- Étape n°2 : analyse documentaire. Cette étape consiste en la recherche et l'analyse, d'une part des dossiers de conception et de réalisation, d'autre part des documents d'exploitation supports à la conduite, aux opérations de maintenance, aux contrôles et essais périodiques, ainsi qu'à l'approvisionnement des EIP. L'évolution des plans de maintenance préventive en fonction du retour d'expérience d'exploitation et pour tenir compte, en particulier, des signaux faibles (adaptation des fréquences, nouveaux contrôles...) est analysée à ce stade. Cette étape permet la constitution du plan d'examen de conformité (actions de contrôle à réaliser, élaboration des fiches de visite sur site).
- Étape n°3 : Réalisation des contrôles et visites *in situ* et analyse de vieillissement. Les visites et contrôles *in situ* ont pour objectif de détecter et localiser d'éventuelles détériorations sur les ouvrages et équipements survenus au cours de leur exploitation. Le vieillissement des équipements est principalement analysé au travers : d'appréciations visuelles, des contrôles non destructifs, d'investigations spécifiques *in situ*, du retour d'expérience d'exploitation et de la maintenance des installations.
- Étape n°4 : synthèse et définition des plans d'actions de mise en conformité. À l'issue de l'examen, il est statué sur la conformité de chaque constituant d'EIP, sur la base de l'analyse des preuves de conformité aux ED, des visites et contrôles *in situ*, le cas échéant. Les écarts identifiés au cours de l'examen de conformité sont traités au plus tôt et de façon prioritaire. Le plan d'actions de mise en conformité de l'installation et le calendrier associé sont présentés dans le dossier de réexamen périodique.

En outre, au regard du retour d'expérience du réexamen périodique de TU5, Orano Tricastin intègre, dans le cadre des prochains réexamens, une démarche de complétude des programmes de surveillance des équipements, afin d'identifier au plus tôt les mécanismes potentiels de vieillissement des installations et de mieux répartir la charge des contrôles tout au long des années. Les modes de détection actuels (basés principalement sur des mesures d'épaisseur) pourraient ainsi être complétés par d'autres critères, tels que le comptage du nombre de cycles de fonctionnement par exemple.

L'ASN note que le vieillissement est rattaché à la directive de maîtrise de la conformité des installations qui ne constitue pas un programme de maîtrise du vieillissement. En effet, les CEP visent généralement à s'assurer du bon fonctionnement d'un EIP. Toutefois, la démarche de prise en compte du vieillissement est renforcée dans le cadre des réexamens périodiques. De ce fait, l'ASN considère que cette démarche devra intégrer l'identification des mécanismes de vieillissement, et la définition de mesures de suivi, de contrôle et de maintenance préventive pour chaque EIP ou famille d'EIP. Le cas échéant, l'ASN demandera à Orano de compléter sa démarche.

6.2.2.6. INB n°s 116, 117 et 118 (UP3-A, UP2-800 et STE3) – Orano, site de La Hague

La maîtrise du vieillissement des installations de l'établissement de La Hague fait l'objet d'une démarche homogène pour l'ensemble des INB présentes¹³ sur le site. Les actions et investigations en matière de maîtrise du vieillissement ont été engagées dans le cadre des réexamens périodiques¹⁴.

La maîtrise du vieillissement constitue une activité importante pour la protection (AIP). Orano dispose de plusieurs notes techniques relatives au vieillissement, notamment la méthodologie de réalisation des examens de conformité et de vieillissement dans le cadre des réexamens périodiques et leurs évolutions.

¹³ En plus des 3 INB concernées dans le présent rapport (en fonctionnement), l'établissement de La Hague compte 4 autres installations qui sont actuellement en démantèlement et sont classées comme INB de catégorie 1 (INB n°s 33, 38 et 80) et 2 (INB n° 47).

¹⁴ Les conclusions ont été transmises en 2010 pour l'INB n° 116 et 2017 pour les INB n°s 117 et 118

L'établissement de la Hague avec l'ensemble de ces installations comprend environ 50 000 EIP. Les différents EIP sont analysés en vue de les hiérarchiser suivant trois rangs correspondant à une graduation des exigences associées. Dans le cadre de son programme de maîtrise du vieillissement, Orano a segmenté ces EIP de rangs 1 et 2 en environ 500 familles répondant à des fonctions / risques de sûreté similaires et à des types d'équipements.

Pour chaque famille,

- des exigences définies sont associées et les mécanismes de vieillissement potentiels sont déterminés,
- un ou des témoins représentatifs du vieillissement sont identifiés au vu des risques redoutés, des technologies et des rangs d'EIP.

Chaque témoin fait l'objet :

- d'une vérification d'applicabilité des ED et de conformité de l'EIP aux exigences applicables,
- d'une étude de maîtrise du vieillissement,
- d'une visite *in situ* chaque fois que possible.

La méthodologie prévoit 2 cas principaux de traitement de la conformité des EIP selon qu'ils sont remplaçables, ou non prévus d'être remplacés (au regard des conditions techniques).

1. EIP remplaçables

Les EIP remplaçables comprennent des volumétries relativement importantes d'équipements.

La méthodologie se décline comme suit :

- sélection des témoins : une analyse est conduite en fonction des typologies d'équipements, du REX de fonctionnement des EIP en privilégiant ceux ayant un taux de défaillance plus important, de l'environnement de fonctionnement et de sa sollicitation (salle réactif, pulsation / vibration,). Une répartition par rang et atelier est également effectuée. Cette approche vise à couvrir les différents risques de vieillissement identifiés et d'avoir des témoins représentatifs,
- analyse des exigences, et vérification de leur respect,
- analyse du vieillissement de l'EIP, intégrant une visite *in situ* et d'éventuels contrôles non destructifs complémentaires.

2. EIP non prévu d'être remplacés

- sélection des témoins : une analyse des risques est effectuée en intégrant :
 - les flux : les températures, acidités, présence d'ions favorisant des mécanismes d'agression,
 - les matériaux des équipements,
 - les taux de charge en particules des fluides,
 - les cyclages de fonctionnement (fatigue), en pression ou température,
 - le rang des EIP.
- analyse des exigences, et vérification de leur respect,
- analyse du vieillissement sous les angles corrosion, usure, fatigue, déformation. Cette analyse s'appuie sur :
 - un suivi historique de paramètre de conduite (acidité, température,....),
 - l'analyse de la conception,
 - l'analyse des modifications,
 - l'analyse des modalités de surveillance,
 - l'analyse du REX sur des équipements similaires.

- les visites *in situ* et les contrôles non destructifs nécessaires sont déclenchés au vue de l'analyse du vieillissement. En cas d'impossibilité d'accès, la visite peut être menée sur un équipement présentant des facteurs de dégradation similaires,
- dans certains cas, lorsque des investigations sont impossibles, ou lorsque l'analyse est complexe (ex : liner piscine), des études plus poussées sont conduites sous forme de notes de durabilité. L'objet de ces notes est d'identifier précisément les mécanismes de vieillissement et le niveau de leur maîtrise à l'aide de retours d'expérience, de résultats connus dans la bibliographie, d'analyses de spécialistes, etc...

À la suite des étapes précédentes, il est procédé à :

- l'établissement d'un plan d'action corrective pour traiter les éventuelles non-conformités relevées. Le traitement des actions correctives est priorisé dans le temps en fonction du rang et de la nature de l'action. Cela inclut des actions de réparation ou de remplacement pour des EIP remplaçables,
- une analyse de transposabilité des plans d'actions retenus et qui pourraient s'avérer pertinents pour les EIP représentés par l'EIP témoin,
- la définition ou l'évolution de plans de surveillance réalisés sur des EIP témoins répartis par fonctions (ex : ventilation, refroidissement,..) ou par technologie (soupapes, vannes, ..). L'ensemble des EIP seront couverts par un plan de surveillance à terme.

Le suivi du vieillissement réalisé dans le cadre du premier réexamen périodique de l'INB n° 116 a notamment mis en évidence, une corrosion plus importante que prévue des évaporateurs concentrateurs de produits de fission des INB n°s 116 et 117. Ces équipements sont installés dans des cellules individuelles en béton d'1,2 m d'épaisseur minimum, dans un milieu très irradiant et difficilement accessible. La conception de ces cellules ne permet pas l'introduction de sonde permettant la mesure d'épaisseur des parois des évaporateurs. Aussi, Orano a dû réaliser des trous d'endoscope dans les parois des cellules contenant les évaporateurs, afin de permettre l'introduction d'une perche manipulée à distance munis d'une sonde à ultrason permettant d'effectuer des mesures d'épaisseurs. La détection de ce phénomène a conduit l'exploitant à modifier les conditions d'exploitation de ces évaporateurs, de mettre en place un suivi poussé de ces équipements (contrôles annuels de mesures d'épaisseurs et tests en pression) et de mettre en place des dispositions supplémentaires en cas de percement d'un évaporateur.

Le mode actuel de traitement du vieillissement est cadencé au fil des échéances des réexamens périodiques. Fort du retour d'expériences des réexamens périodiques successifs, Orano a décidé de déployer courant 2020/2021 un processus de suivi en continu de la conformité vieillissement des EIP. Ce processus permettra également de revisiter périodiquement les critères de sélection des témoins, notamment pour les EIP remplaçables et conduire, le cas échéant à des évolutions de témoins et/ou des évolutions des dispositions de surveillance. Orano renforcera également les recommandations de maintenance essentiellement pour des EIP remplaçables.

L'ASN souligne la démarche méthodologique ambitieuse et rigoureuse du suivi du vieillissement mise en place dans le cadre des réexamens périodiques des installations de La Hague. L'ASN considère ainsi globalement satisfaisante la méthode retenue par Orano pour le suivi du vieillissement de ses installations. Les inspecteurs de l'ASN ont cependant mis en évidence, lors d'inspections, que la déclinaison de la démarche sur site nécessitait d'être améliorée. L'ASN poursuivra son contrôle, notamment par des inspections, afin de s'assurer de la déclinaison rigoureuse de la démarche.

7. TABLEAU : SYNTHÈSE DES ACTIONS

Ce tableau contient les actions prévues issues de l'auto-évaluation et de la revue par les pairs ainsi que les échéances associées et le suivi par l'autorité de sûreté.

Installation	Thématique	Constat	Actions prévues	Échéances	Suivi par l'autorité de sûreté
Cabri (réacteur de recherche)	OAMP	<i>A systematic and comprehensive OAMP is implemented for research reactors, in accordance with the graded approach to risk, the applicable national requirements, international safety standards and best practices. A systematic and comprehensive OAMP is implemented for research reactors, in accordance with the graded approach to risk, the applicable national requirements, international safety standards and best practices.</i>	Mise en œuvre d'une nouvelle méthodologie pour la maîtrise du vieillissement des EIPs basée sur le guide AIEA SSG-10	Mi- 2020	Examen de la mise en œuvre de cette méthode sur les SSC - bloc réacteur et enceinte de confinement dans le cadre du réexamen de sûreté
RJH (réacteur de recherche)		Constat issu de l'auto-évaluation et de la revue par les pairs	Programme de maîtrise du vieillissement transmis dans le cadre du dossier de mise en service en réponse à une prescription de l'ASN	Mise en service du RJH	Examen du programme de maîtrise du vieillissement dans la cadre de l'analyse du dossier de mise en service
Parc en exploitation	OAMP	<i>Les spécificités du site et de chaque réacteur pourraient être mieux prises en compte dans le programme local de maîtrise du vieillissement (PLMV) et le DAPE réacteur</i> Constat issu de l'auto-évaluation	Plan d'action pour améliorer la qualité et l'ergonomie des DAPE réacteur et PMLV (guide élaboré par les services centraux et soutien aux sites)	Début 2020	Inspections sur site pour évaluer l'efficacité du plan d'action
Parc en exploitation et EPR	OAMP	<i>During long construction periods or extended shutdown of NPPs, relevant ageing mechanisms are identified and appropriate measures are implemented to control any incipient ageing or other effects.</i> Constat issu de la revue par les pairs	Pour les arrêts notablement prolongés, révision de la doctrine nationale concernant la préservation des équipements	Fin 2020	Evaluation de la doctrine au regard du futur guide AIEA et du retour d'expérience

Installation	Thématique	Constat	Actions prévues	Échéances	Suivi par l'autorité de sûreté
			Pour EPR FA3, des mesures adaptées sont déjà mises en œuvre		Evaluation des mesures mises en œuvre pour la préservation des équipements dans la cadre de la modification du décret d'autorisation de création liée au dépassement du délai mentionné dans le décret actuel
Palier 900 MWe	Tuyauteries difficilement accessibles	<p><i>Dans la perspective de la poursuite du fonctionnement de ses réacteurs au-delà de 40 ans, en complément à ses dispositions de surveillance, EDF a engagé un programme de maîtrise de vieillissement des tuyauteries enterrées ou difficilement accessibles. Dans ce cadre, EDF réalise des inspections sur les sites de Tricastin, Fessenheim et Bugey, avec l'objectif de définir un programme générique de contrôles et pouvoir conclure en VD4 sur le maintien en service ou le besoin de rénovation de ces tuyauteries. L'instruction est en cours et les conclusions sont attendues en 2018.</i></p> <p>Constat issu de l'auto-évaluation</p>	<p>Réalisation du programme sur les 3 sites confirmant the la suffisance de l'approche</p> <p>Inspections supplémentaires sur Tricastin 1 prévues pour les tuyauteries enterrées présentant des enjeux liés à l'environnement</p>	Divergence post-VD4 (fin 2019)	Examen des résultats du programme "tuyauteries enterrées"
Palier 900 MWe	Tuyauteries difficilement accessibles	<p><i>Opportunistic inspection of concealed pipework is undertaken whenever the pipework becomes accessible for other purposes</i></p> <p>Constat issu de la revue par les pairs</p>	Nouvelle organisation entre les niveaux national et local	Fin 2020	Vérification de son efficacité lors d'inspections sur site