

12

Les centrales nucléaires d'EDF



- 1. GÉNÉRALITÉS SUR LES CENTRALES ÉLECTRONUCLÉAIRES 368**
 - 1.1 Présentation générale d'un réacteur à eau sous pression**
 - 1.2 Le cœur, le combustible et sa gestion**
 - 1.3 Le circuit primaire et les circuits secondaires**
 - 1.4 Le circuit de refroidissement du circuit secondaire**
 - 1.5 L'enceinte de confinement**
 - 1.6 Les principaux circuits auxiliaires et de sauvegarde**
 - 1.7 Les autres systèmes importants pour la sûreté**

2. LE CONTRÔLE DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

372

2.1 Les facteurs sociaux, organisationnels et humains

2.2 La conduite du réacteur

- 2.2.1 La conduite en fonctionnement normal : veiller au respect des règles d'exploitation et examiner les modifications documentaires et matérielles
- 2.2.2 La conduite en cas d'incident ou d'accident
- 2.2.3 La conduite en cas d'accident grave

2.3 Le combustible

- 2.3.1 Les évolutions de la gestion du combustible en réacteur
- 2.3.2 La surveillance de l'état du combustible en réacteur

2.4 Les équipements sous pression

- 2.4.1 Le contrôle de la fabrication des équipements sous pression nucléaires (ESPN)
- 2.4.2 Le contrôle des circuits primaire et secondaires principaux
- 2.4.3 La surveillance des zones en alliage à base de nickel
- 2.4.4 La surveillance de la résistance des cuves des réacteurs
- 2.4.5 La surveillance de la maintenance et le remplacement des générateurs de vapeur
- 2.4.6 Le contrôle des autres équipements sous pression des réacteurs

2.5 Les enceintes de confinement

2.6 La protection contre les événements naturels, les incendies et les explosions

- 2.6.1 La prévention des risques liés au séisme
- 2.6.2 L'élaboration des règles de protection contre les inondations
- 2.6.3 La prévention des risques liés à la canicule et à la sécheresse
- 2.6.4 La prise en compte du risque d'incendie
- 2.6.5 La prise en compte des risques d'explosion

2.7 La maintenance et les essais

- 2.7.1 Le contrôle des pratiques de maintenance
- 2.7.2 Le contrôle des programmes d'essais
- 2.7.3 L'emploi de méthodes de contrôle performantes appliquées aux équipements sous pression des circuits primaire et secondaires principaux
- 2.7.4 Le contrôle par l'ASN des arrêts de réacteur

2.8 Le maintien et l'amélioration continue de la sûreté nucléaire

- 2.8.1 La maîtrise des activités sous-traitées
- 2.8.2 La correction des écarts
- 2.8.3 L'examen des événements et du retour d'expérience

2.9 La poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires

- 2.9.1 L'âge des centrales nucléaires
- 2.9.2 Les principaux enjeux de la maîtrise du vieillissement
- 2.9.3 La prise en compte par EDF du vieillissement des équipements
- 2.9.4 Le réexamen périodique

2.10 Le réacteur EPR de Flamanville 3

- 2.10.1 Les étapes jusqu'à la mise en service du réacteur Flamanville 3
- 2.10.2 Le contrôle de la construction, des essais de démarrage et de la préparation au fonctionnement
- 2.10.3 La coopération avec les autorités de sûreté nucléaire étrangères

2.11 Les études sur les réacteurs du futur

2.12 Le droit du travail dans les centrales nucléaires

2.13 La radioprotection des personnels

2.14 L'impact environnemental et sanitaire des centrales nucléaires

- 2.14.1 La révision des prescriptions relatives aux prélèvements et aux rejets
- 2.14.2 Le contrôle de la gestion des déchets
- 2.14.3 Le renforcement de la protection contre les autres risques et nuisances

3. L'ACTUALITÉ DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE LA RADIOPROTECTION 391

3.1 Le retour d'expérience de l'accident de Fukushima

3.2 L'examen de la poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires

3.3 Le contrôle du réacteur EPR Flamanville 3

3.4 Les autres faits marquants en 2015

- 3.4.1 Les faits marquants relatifs au contrôle des équipements sous pression
- 3.4.2 Les faits marquants en matière d'inspection du travail
- 3.4.3 Les faits marquants concernant la radioprotection des personnels
- 3.4.4 Les faits marquants concernant l'impact des centrales nucléaires sur l'environnement et les rejets

4. LES ÉVALUATIONS 399

4.1 L'évaluation des performances globales des centrales nucléaires en fonctionnement

- 4.1.1 L'évaluation de la sûreté nucléaire
- 4.1.2 L'évaluation des dispositions concernant les hommes et les organisations
- 4.1.3 L'évaluation de la santé et de la sécurité, des relations professionnelles et de la qualité de l'emploi dans les centrales nucléaires
- 4.1.4 L'évaluation de la radioprotection
- 4.1.5 La maîtrise des nuisances et de l'impact sur l'environnement
- 4.1.6 L'analyse du retour d'expérience

4.2 L'évaluation de la fabrication des équipements sous pression nucléaires

5. PERSPECTIVES 410

Le contrôle des centrales électronucléaires est une mission historique de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Les réacteurs de production d'électricité sont au cœur de l'industrie nucléaire en France. De nombreuses autres installations décrites dans d'autres chapitres de ce rapport produisent le combustible destiné aux centrales nucléaires ou le retraitent, stockent des déchets provenant des centrales nucléaires ou encore servent à étudier des phénomènes physiques liés à l'exploitation ou à la sûreté de ces réacteurs. Les réacteurs français sont techniquement proches les uns des autres et forment un parc standardisé exploité par EDF. Si cette homogénéité permet à l'exploitant et à l'ASN de disposer d'une solide expérience du fonctionnement des réacteurs électronucléaires français, elle présente aussi un risque accru en cas de détection d'un défaut de conception ou de maintenance sur l'une de ces installations. L'ASN exige donc d'EDF une forte réactivité dans l'analyse du caractère générique de ces défauts et de leurs conséquences pour la protection des personnes et de l'environnement.

L'ASN impose un haut niveau d'exigence dans le contrôle des centrales nucléaires et l'adapte continuellement au regard des nouvelles connaissances. Pour contrôler la sûreté des réacteurs en fonctionnement, en construction et en projet, l'ASN mobilise quotidiennement près de 200 agents au sein de la Direction des centrales nucléaires (DCN), de la Direction des équipements sous pression nucléaires (DEP) ou de ses divisions territoriales et s'appuie sur quelque 200 experts de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

L'ASN développe une approche intégrée du contrôle qui couvre non seulement la conception des nouvelles installations, leur construction, les modifications, la prise en compte du retour d'expérience des événements ou les problèmes de maintenance, mais aussi les domaines des facteurs organisationnels et humains, de la radioprotection, de la protection de l'environnement, de la sécurité des travailleurs et de l'application des lois sociales. Cette vision intégrée permet à l'ASN d'affiner son appréciation et de prendre position chaque année sur l'état de la sûreté nucléaire, de la radioprotection et de l'environnement des centrales nucléaires.

1. GÉNÉRALITÉS SUR LES CENTRALES ÉLECTRONUCLÉAIRES

1.1 Présentation générale d'un réacteur à eau sous pression

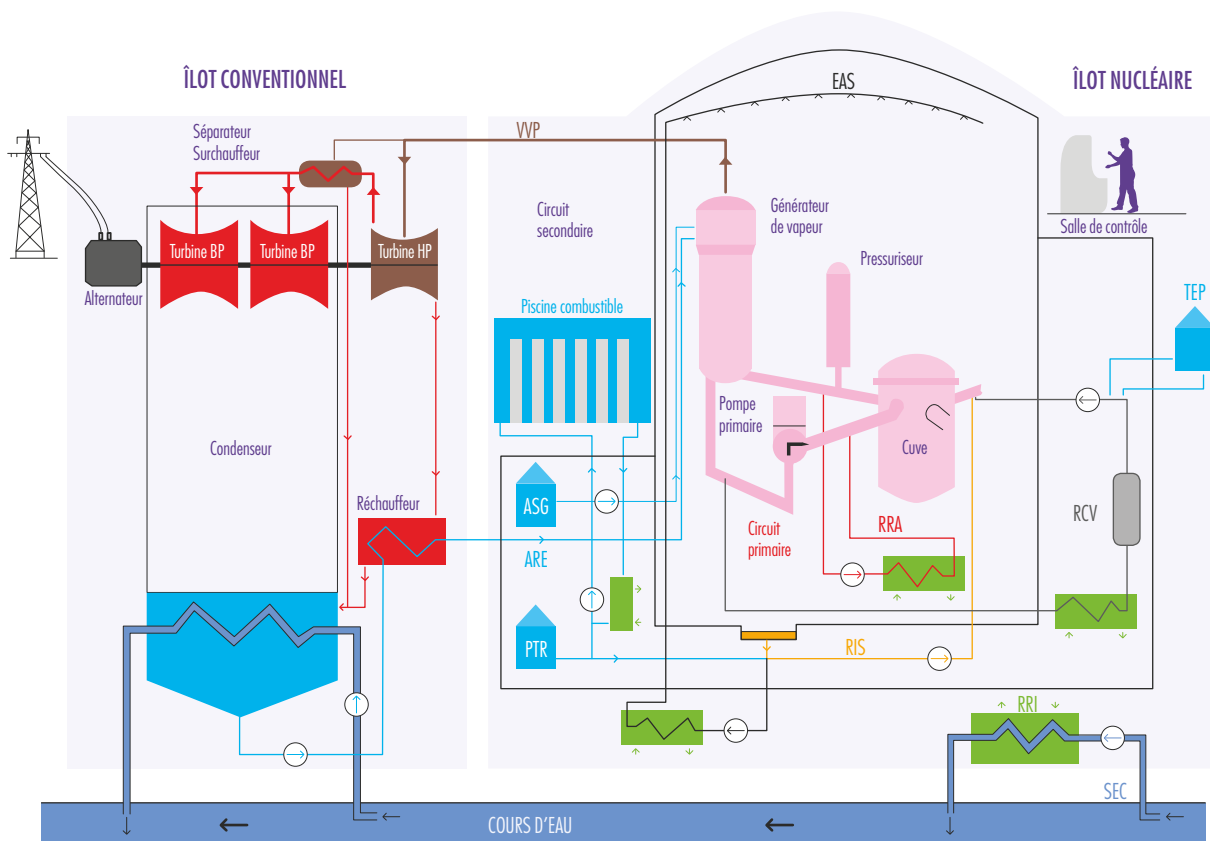
Toute centrale électrique thermique produit, en faisant passer de la chaleur d'une source chaude vers une source froide, de l'énergie mécanique qu'elle transforme en électricité. Les centrales classiques utilisent la chaleur dégagée par la combustion de combustibles fossiles (fioul, charbon, gaz). Les centrales nucléaires utilisent celle qui est dégagée par la fission d'atomes d'uranium ou de plutonium. La chaleur produite permet de vaporiser de l'eau. La vapeur est ensuite détendue dans une turbine qui entraîne un alternateur générant un courant électrique triphasé d'une tension de 400 000 V. La vapeur, après détente, passe dans un condenseur où elle est refroidie au contact de tubes dans lesquels circule de l'eau froide provenant de la mer, d'un cours d'eau (fleuve, rivière) ou d'un circuit de réfrigération atmosphérique.

Chaque réacteur comprend un îlot nucléaire, un îlot conventionnel, des ouvrages de prise et de rejet d'eau et éventuellement un aéroréfrigérant.

L'îlot nucléaire comprend essentiellement la cuve du réacteur, le circuit primaire, les générateurs de vapeur (GV) et des circuits et systèmes assurant le fonctionnement et la sûreté du réacteur : les circuits de contrôle chimique et volumétrique, de refroidissement à l'arrêt, d'injection de sécurité, d'aspersion dans l'enceinte, d'alimentation en eau des GV, les systèmes électriques, de contrôle-commande et de protection du réacteur. À ces éléments sont également associés des circuits et systèmes assurant des fonctions supports : traitement des effluents primaires, récupération du bore, alimentation en eau, ventilation et climatisation, alimentation électrique de sauvegarde (groupes électrogènes à moteur diesel).

L'îlot nucléaire comprend également les systèmes d'évacuation de la vapeur (vanne d'arrêt vapeur – VVP) vers l'îlot conventionnel, ainsi que le bâtiment abritant la piscine d'entreposage du combustible (BK). Ce bâtiment, attaché au bâtiment réacteur, sert pour l'entreposage des assemblages combustibles neufs et usagés (un tiers ou un quart du combustible est remplacé tous les douze à dix-huit mois selon les modes d'exploitation des réacteurs). Le combustible est maintenu immergé dans les alvéoles placées

LE PRINCIPE de fonctionnement d'un réacteur à eau sous pression



dans la piscine. L'eau de celle-ci, mélangée à de l'acide borique, sert, d'une part, à absorber les neutrons émis par les noyaux des éléments fissiles pour éviter d'entretenir une fission nucléaire, d'autre part, d'écran radiologique.

L'îlot conventionnel comprend notamment la turbine, l'alternateur et le condenseur. Certains composants de ces matériels participent à la sûreté du réacteur. Les circuits secondaires appartiennent pour partie à l'îlot nucléaire et pour partie à l'îlot conventionnel.

La démonstration de sûreté des réacteurs à eau sous pression repose sur l'application du principe de défense en profondeur (voir chapitre 2, point 1.2.2).

1.2 Le cœur, le combustible et sa gestion

Le cœur du réacteur est constitué d'assemblages de combustibles qui se présentent sous la forme de « crayons », composés de « pastilles » d'oxyde d'uranium ou d'oxydes d'uranium appauvri et de plutonium (combustible dit MOX) contenues dans des tubes métalliques fermés, appelés « gaines ». Lors de leur fission, les noyaux d'uranium ou de plutonium, dits « fissiles », émettent des neutrons qui

provoquent, à leur tour, d'autres fissions : c'est la réaction en chaîne. Ces fissions nucléaires dégagent une grande quantité d'énergie sous forme de chaleur. L'eau du circuit primaire, qui pénètre dans le cœur par la partie inférieure à une température d'environ 285 °C, s'échauffe en remontant le long des crayons combustibles et ressort par la partie supérieure à une température proche de 320 °C.

Au début d'un cycle de fonctionnement, le cœur présente une réserve d'énergie très importante. Celle-ci diminue progressivement pendant le cycle au fur et à mesure que disparaissent les noyaux fissiles. La réaction en chaîne, et donc la puissance du réacteur, est maîtrisée par :

- l'introduction plus ou moins profonde dans le cœur de dispositifs appelés « grappes de commande », qui contiennent des éléments absorbant les neutrons. Elle permet de démarrer et d'arrêter le réacteur et d'ajuster sa puissance à la puissance électrique que l'on veut produire. La chute des grappes par gravité permet l'arrêt d'urgence du réacteur ;
- l'ajustement de la teneur en bore (élément absorbant les neutrons) de l'eau du circuit primaire pendant le cycle en fonction de l'épuisement progressif du combustible en éléments fissiles.

En fin de cycle, le cœur du réacteur est déchargé afin de renouveler une partie du combustible.

EDF utilise deux types de combustibles dans les réacteurs à eau sous pression :

- des combustibles à base d'oxyde d'uranium (UO_2) enrichi en uranium-235, à 4,5 % au maximum. Ces combustibles sont fabriqués dans plusieurs usines, françaises et étrangères, des fabricants Areva NP et Westinghouse ;
- des combustibles constitués par un mélange d'oxydes d'uranium appauvri et de plutonium (MOX). Le combustible MOX est produit par l'usine Mélox d'Areva NC. La teneur initiale en plutonium est actuellement limitée à 8,65 % (en moyenne par assemblage de combustible) et permet d'obtenir une performance énergétique équivalente à du combustible UO_2 enrichi à 3,7 % en uranium-235. Ce combustible peut être utilisé dans les 28 réacteurs de 900 MWe dont les décrets d'autorisation de création (DAC) prévoient l'utilisation de combustible au plutonium.

Le mode d'utilisation du combustible dans les réacteurs, dénommé « gestion de combustible » est spécifique à chaque palier de réacteurs. Il est caractérisé notamment par :

- la nature du combustible et sa teneur initiale en matière fissile ;
- le taux d'épuisement maximal du combustible lors de son retrait du réacteur, caractérisant la quantité d'énergie extraite par tonne de matière (exprimé en GWj/t) ;
- la durée d'un cycle de fonctionnement du réacteur ;
- le nombre d'assemblages de combustible neuf rechargés à l'issue de chaque arrêt du réacteur pour renouveler le combustible (généralement un tiers ou un quart du total des assemblages) ;
- le mode de fonctionnement du réacteur (à puissance constante ou en faisant varier la puissance pour s'adapter aux besoins) qui détermine les sollicitations subies par le combustible.

1.3 Le circuit primaire et les circuits secondaires

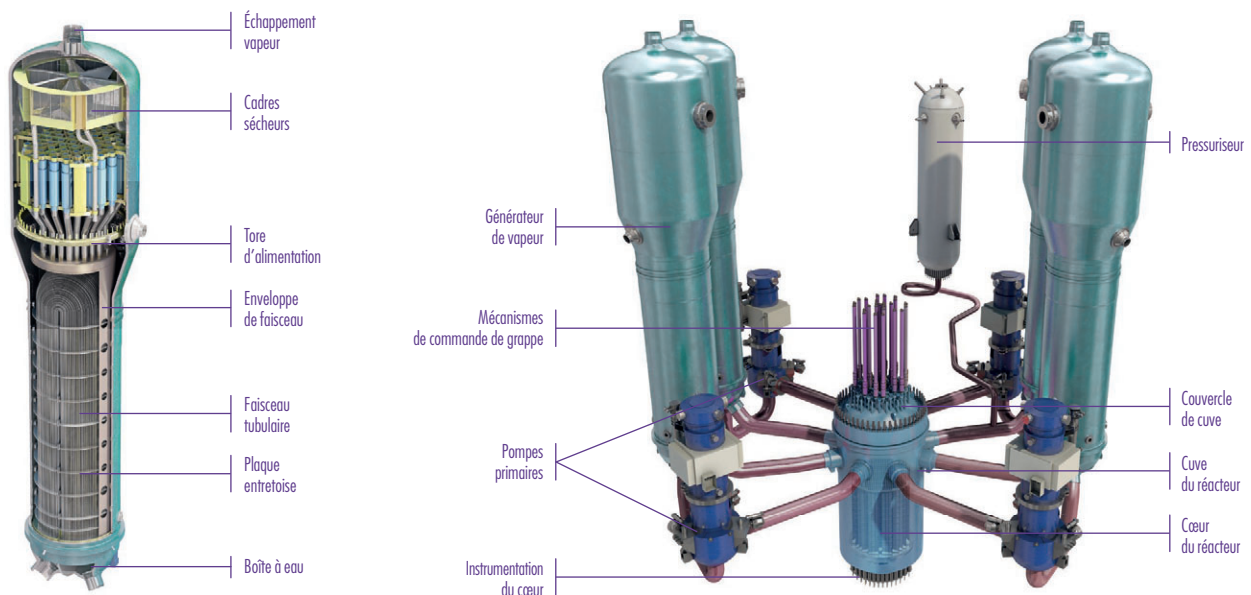
Le circuit primaire et les circuits secondaires permettent de transporter l'énergie dégagée par le cœur sous forme de chaleur jusqu'au groupe turbo-alternateur qui assure la production d'électricité.

Le circuit primaire est composé de boucles de refroidissement (au nombre de trois pour un réacteur de 900 MWe et de quatre pour un réacteur de 1 300 MWe, de 1 450 MWe ou pour un réacteur de 1 650 MWe de type EPR). Le rôle du circuit primaire est d'extraire la chaleur dégagée dans le cœur par circulation d'eau sous pression, dite eau primaire ou réfrigérant primaire. Chaque boucle, raccordée à la cuve du réacteur qui contient le cœur, comprend une pompe de circulation, dite pompe primaire, et un générateur de vapeur (GV). L'eau primaire, chauffée à plus de 300 °C, est maintenue à une pression de 155 bars par le pressuriseur, pour éviter l'ébullition. Le circuit primaire est contenu en totalité dans l'enceinte de confinement.

L'eau du circuit primaire cède la chaleur à l'eau des circuits secondaires dans les GV. Les GV sont des échangeurs qui contiennent, selon le modèle, de 3 500 à 5 600 tubes dans lesquels circule l'eau primaire. Ces tubes baignent dans l'eau du circuit secondaire qui est ainsi portée à ébullition sans entrer en contact avec l'eau primaire.

Chaque circuit secondaire est constitué principalement d'une boucle fermée parcourue par de l'eau sous forme liquide dans une partie et sous forme de vapeur dans l'autre partie. La vapeur, produite dans les GV, subit une détente partielle dans une turbine haute pression, puis traverse des sécheurs surchauffeurs avant d'être admise

UN GÉNÉRATEUR DE VAPEUR et un circuit primaire principal d'un réacteur de 1 300 MWe



pour une détente finale dans les turbines basse pression d'où elle s'échappe vers le condenseur. Condensée, l'eau est ensuite réchauffée et renvoyée vers les GV par des pompes d'extraction relayées par des pompes alimentaires à travers des réchauffeurs.

1.4 Le circuit de refroidissement du circuit secondaire

Le circuit de refroidissement du circuit secondaire a pour fonction de condenser la vapeur sortant de la turbine. Il comporte pour cela un condenseur composé d'un échangeur thermique comportant des milliers de tubes dans lesquels circule l'eau froide provenant du milieu extérieur (mer ou rivière). Au contact de ces tubes, la vapeur se condense et peut être renvoyée sous forme liquide vers les générateurs de vapeur (voir point 1.3). L'eau du circuit de refroidissement échauffée dans le condenseur est ensuite soit rejetée dans le milieu (circuit ouvert), soit, lorsque le débit de la rivière est trop faible ou l'échauffement trop important par rapport à la sensibilité du milieu, refroidie par une tour aéroréfrigérante (circuit fermé ou semi-fermé).

Les circuits de refroidissement sont des milieux favorables au développement de micro-organismes pathogènes. Le remplacement du laiton par du titane ou des aciers inoxydables comme matériau de construction des condenseurs des réacteurs en bord de rivière, pour réduire les rejets métalliques dans le milieu naturel, impose la mise en œuvre de moyens de désinfection, principalement par traitement biocide. Les tours aéroréfrigérantes peuvent contribuer à la dispersion atmosphérique de légionelles dont la prolifération peut être prévenue par un entretien renforcé des ouvrages (détartrage, mise en place d'un traitement biocide...) et une surveillance.

1.5 L'enceinte de confinement

L'enceinte des réacteurs à eau sous pression assure deux fonctions :

- le confinement des substances radioactives susceptibles d'être dispersées en cas d'accident ; à cette fin, les enceintes ont été conçues pour résister aux températures et pressions qui résulteraient de l'accident de perte de réfrigérant primaire le plus sévère et présenter une étanchéité satisfaisante dans ces conditions ;
- la protection du réacteur contre les agressions externes.

Ces enceintes ont été conçues selon deux modèles :

- celles des réacteurs de 900 MWe sont constituées d'une seule paroi en béton précontraint (béton comportant des câbles d'acier tendus de manière à assurer la compression de l'ouvrage). Cette paroi assure la résistance mécanique à la pression ainsi que l'intégrité de la structure vis-à-vis d'une agression externe. L'étanchéité est assurée par un revêtement métallique recouvrant l'ensemble de la face interne de la paroi en béton ;



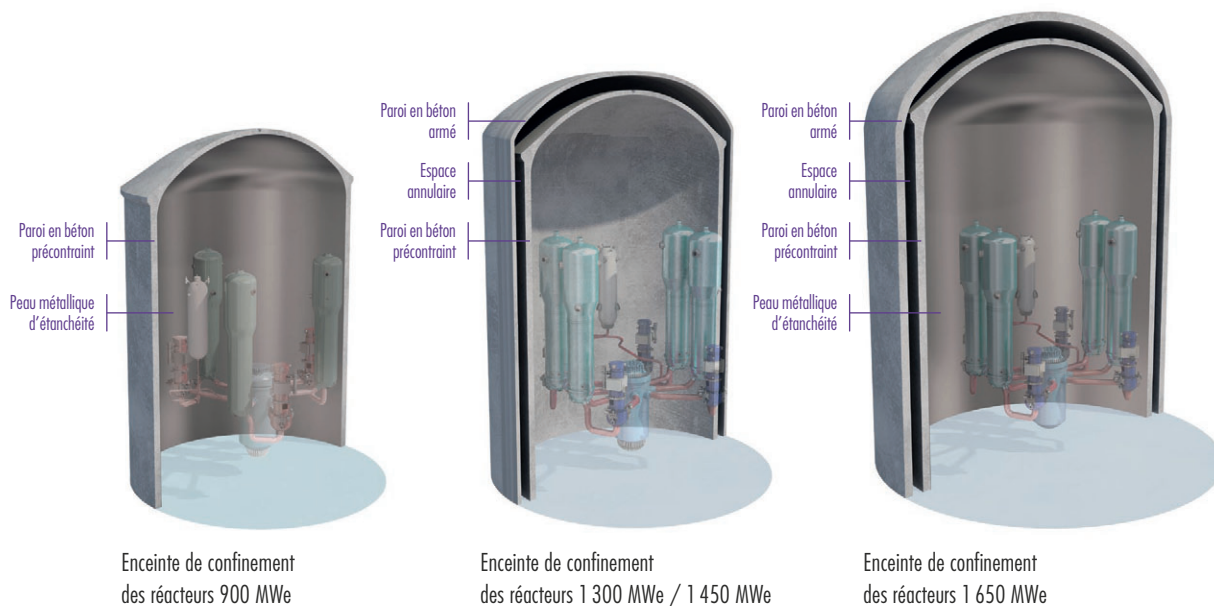
Inspection de l'ASN à la centrale de Dampierre-en-Burly, juillet 2015.

- celles des réacteurs de 1 300 et 1 450 MWe sont constituées de deux parois : la paroi interne en béton précontraint et la paroi externe en béton armé. L'étanchéité est assurée par la paroi interne et par le système de ventilation qui assure la collecte et la filtration avant rejet des fuites résiduelles de la paroi interne. La résistance aux agressions externes est principalement assurée par la paroi externe.

1.6 Les principaux circuits auxiliaires et de sauvegarde

Les circuits auxiliaires assurent en fonctionnement normal, en puissance ou dans les états d'arrêt du réacteur, la maîtrise des réactions nucléaires, l'évacuation de la chaleur du circuit primaire et de la puissance résiduelle du combustible et le confinement des substances radioactives. Il s'agit principalement du système de contrôle chimique et volumétrique du réacteur (RCV) et du système de refroidissement du réacteur à l'arrêt (RRA).

ENCEINTES de confinement des réacteurs



Le rôle des systèmes de sauvegarde est de maîtriser et de limiter les conséquences des incidents et des accidents. Il s'agit principalement des circuits suivants :

- le circuit d'injection de sécurité (RIS), dont le rôle est d'injecter de l'eau dans le circuit primaire en cas de fuite de ce dernier ;
- le circuit d'aspersion dans l'enceinte du bâtiment réacteur (EAS), dont le rôle est de diminuer la pression et la température dans l'enceinte de confinement en cas d'accident de fuite du circuit primaire ;
- le circuit d'eau alimentaire de secours des générateurs de vapeur (ASG), qui intervient pour alimenter en eau les GV en cas de perte du système d'eau alimentaire normal, et ainsi permettre l'évacuation de la chaleur du circuit primaire.

1.7 Les autres systèmes importants pour la sûreté

Les autres principaux systèmes ou circuits importants pour la sûreté et nécessaires au fonctionnement du réacteur sont :

- le circuit de réfrigération intermédiaire (RRI) qui assure le refroidissement d'un certain nombre d'équipements nucléaires ; ce circuit fonctionne en boucle fermée entre, d'une part, les circuits auxiliaires et de sauvegarde, d'autre part, les circuits véhiculant l'eau provenant de la rivière ou la mer (source froide) ;
- le circuit d'eau brute secourue (SEC) qui assure le refroidissement du circuit RRI au moyen de la source froide ;
- le circuit de réfrigération et de purification de l'eau des piscines (PTR) qui permet en particulier d'évacuer la chaleur résiduelle des éléments combustibles entreposés dans la piscine du bâtiment combustible ;

- les systèmes de ventilation, qui assurent le confinement des matières radioactives par la mise en dépression des locaux et la filtration des rejets ;
- les circuits d'eau destinés à la lutte contre l'incendie ;
- le système de contrôle-commande ;
- les systèmes électriques.

2. LE CONTRÔLE DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

2.1 Les facteurs sociaux, organisationnels et humains

La contribution de l'homme et des organisations à la sûreté des centrales nucléaires est déterminante au cours de toutes les étapes du cycle de vie des centrales (conception, construction, mise en service, fonctionnement, démantèlement). L'ASN s'intéresse donc aux conditions qui favorisent ou défavorisent la contribution positive des opérateurs et des collectifs de travail à la sûreté des centrales nucléaires. L'ASN définit les facteurs sociaux, organisationnels et humains (FSOH) comme l'ensemble des éléments des situations de travail et de l'organisation qui vont avoir une influence sur l'activité de travail des opérateurs.

L'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base prévoit que l'exploitant définisse et mette en œuvre un système de management intégré (SMI) permettant d'assurer

que les exigences relatives à la sûreté, la radioprotection et la protection de l'environnement soient systématiquement prises en compte dans toute décision concernant l'installation. Le SMI précise les dispositions prises en matière d'organisation et de ressources de tout ordre, en particulier celles retenues pour maîtriser les activités importantes. Ainsi, l'ASN demande à l'exploitant de mettre en place un SMI qui permette le maintien et l'amélioration continue de la sûreté, à travers, notamment, le développement d'une culture de sûreté. L'arrêté du 7 février 2012 prévoit aussi que le traitement des événements significatifs permette de déterminer à travers la réalisation d'une analyse approfondie les causes organisationnelles et humaines, en sus des causes techniques.

Le contrôle de l'ASN sur les dimensions organisationnelles et humaines s'appuie sur des inspections qui portent sur les actions entreprises par l'exploitant pour intégrer les FSOH dans toutes les phases du cycle de vie d'une centrale nucléaire. Ainsi, l'ASN contrôle les activités d'ingénierie au moment de la conception d'une nouvelle installation ou de la modification d'une installation existante. En particulier, l'ASN s'assure que la démarche de conception mise en œuvre par l'exploitant est « centrée sur l'opérateur humain ». De plus, les inspections effectuées par l'ASN s'intéressent aux activités réalisées pour l'exploitation des centrales existantes, aux conditions d'exercice de ces activités (accessibilité des locaux, ambiance sonore, thermique et lumineuse, etc.) et aux moyens mis à disposition des intervenants (outils, documents opératoires, etc.). Par ailleurs, l'ASN contrôle l'organisation mise en œuvre par EDF pour gérer les compétences et les effectifs nécessaires à la réalisation de ces activités. Il en est de même pour les moyens, les compétences et la méthodologie engagés par EDF pour la mise en œuvre de démarches sur les FSOH. L'ASN contrôle aussi le système de management de la sûreté d'EDF, qui doit apporter un cadre et un support aux décisions et actions qui concernent, directement ou par effet induit, des enjeux de sûreté. Enfin, l'ASN contrôle l'organisation d'EDF pour analyser les événements, la profondeur des analyses menées pour s'assurer de la bonne recherche des causes profondes, ainsi que l'élaboration et la mise en œuvre des suites données à ces analyses.

En plus des inspections, le contrôle de l'ASN s'appuie sur les évaluations faites à sa demande par l'IRSN et le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR). Par exemple, l'avis du GPR a été sollicité en 2013 sur la thématique du management de la sûreté et de la radioprotection lors des arrêts de réacteur et en 2015 sur la maîtrise de la sous-traitance par EDF pour les activités de maintenance réalisées dans les centrales nucléaires d'une part et sur l'examen des moyens organisationnels, humains et techniques pour la conduite du réacteur EPR d'autre part.

2.2 La conduite du réacteur



Assemblage combustible MOX en zone de chargement dans l'installation Mélox, usine de fabrication de combustible MOX.

2.2.1 La conduite en fonctionnement normal :

veiller au respect des règles d'exploitation et examiner les modifications documentaires et matérielles

Les règles générales d'exploitation (RGE) encadrent le fonctionnement des réacteurs électronucléaires. Elles déclinent de manière opérationnelle les hypothèses et conclusions des études de sûreté issues du rapport de sûreté et fixent les limites et conditions d'exploitation de l'installation.

Les évolutions des spécifications techniques d'exploitation

Au sein des RGE, les spécifications techniques d'exploitation (STE) définissent les domaines de fonctionnement normal, identifient les systèmes nécessaires aux fonctions de sûreté mis en œuvre en situation d'incident ou d'accident (voir point 2.2.2) et prescrivent la conduite à tenir en cas de dépassement d'une limite de fonctionnement normal (pressions, températures, flux neutronique, paramètres chimiques et radiochimiques...) ou d'indisponibilité d'un système requis.

Les STE évoluent pour intégrer le retour d'expérience de leur application et prendre en compte les modifications apportées aux installations. L'exploitant peut aussi les amender pour réaliser une intervention dans des conditions différentes de celles initialement prises en compte.

Les modifications des STE font l'objet d'une déclaration à l'ASN avant leur mise en œuvre. Parmi celles-ci, certaines modifications temporaires des STE à faible impact pour la sûreté sont dispensées de cette déclaration dans la mesure où elles peuvent être traitées par le système d'autorisation interne mis en place par EDF et encadré par une décision de l'ASN. Le fonctionnement de ce système est contrôlé par l'ASN, dans les services centraux de l'exploitant comme dans les centrales nucléaires.

Plus largement, en inspection, l'ASN vérifie que l'exploitant respecte les STE et, le cas échéant, les mesures compensatoires associées aux modifications temporaires. Elle contrôle également la cohérence entre les documents d'exploitation normale, tels que les consignes de conduite et les fiches d'alarme, les STE et la formation des acteurs en charge de leur application.

L'examen des modifications apportées aux matériels

Pour améliorer les performances industrielles de son outil de production, traiter les écarts détectés, mettre en place les modifications de conception issues des réexamens périodiques ou de l'analyse du retour d'expérience, EDF modifie régulièrement ses installations. Les modifications de nature à affecter la sûreté nucléaire ou la protection de l'environnement sont déclarées à l'ASN avant leur mise en œuvre et font l'objet d'une instruction avant la prise de position de l'ASN. Les modifications concourant à la résorption d'écarts de conformité ou répondant aux prescriptions de l'ASN, notamment celles issues des évaluations complémentaires de sûreté, font l'objet d'une attention particulière.

L'ASN contrôle les modalités de mise en œuvre des modifications qui ont fait l'objet d'un accord de sa part, notamment lors des arrêts des réacteurs pour rechargement et maintenance.

2.2.2 La conduite en cas d'incident ou d'accident

Le chapitre VI des RGE regroupe l'ensemble des règles de conduite du réacteur en situation d'incident ou d'accident et prescrit la conduite à adopter sur un réacteur dans ces situations. Les modifications du chapitre VI des RGE de nature à affecter la sûreté nucléaire font l'objet d'une déclaration à l'ASN avant leur mise en œuvre.

Le chapitre VI des RGE évolue pour intégrer le retour d'expérience des incidents et accidents et prendre en compte les modifications apportées aux installations, notamment celles issues des réexamens périodiques.

L'ASN contrôle régulièrement les règles de conduite en cas d'incident ou d'accident et leurs modalités de mise en œuvre. Dans ce cadre, l'ASN met en situation les équipes de conduite de l'installation. Elle vérifie ainsi la cohérence entre les consignes de conduite appliquées et les règles du chapitre VI des RGE, les modalités d'application de ces documents et les règles de gestion des matériels spécifiques utilisés en conduite accidentelle.

2.2.3 La conduite en cas d'accident grave

Dans le cas où, à la suite d'un incident ou d'un accident, la conduite du réacteur ne permettrait pas de le ramener dans un état stable et où une succession de défaillances conduirait à une détérioration du cœur, le réacteur entrerait dans une situation dite d'accident grave. Face à de telles situations, peu probables, diverses mesures doivent être prises pour permettre aux opérateurs de sauvegarder le confinement afin de minimiser les conséquences de l'accident (voir chapitre 5, point 1.3.1). Les opérateurs recourent alors aux compétences des équipes de crise constituées au niveau local et au niveau national. Ces équipes s'appuient sur le plan d'urgence interne (PUI) complété notamment du guide d'intervention en accident grave et des guides d'action des équipes de crise.

L'ASN examine périodiquement les stratégies développées par EDF dans ces documents, en particulier dans le cadre des réexamens périodiques des réacteurs.

2.3 Le combustible

2.3.1 Les évolutions de la gestion

du combustible en réacteur

Dans le but d'accroître la disponibilité et les performances des réacteurs en exploitation, EDF recherche et développe, avec les fabricants de combustible nucléaire, des améliorations à apporter aux combustibles et à leur utilisation en réacteur. Cette dernière, dite « gestion de combustible » est décrite au point 1.2.

L'ASN veille à ce que chaque évolution de gestion de combustible fasse l'objet d'une démonstration spécifique de la sûreté des réacteurs concernés, basée sur les caractéristiques propres à la nouvelle gestion. Lorsqu'une évolution du combustible ou de son mode de gestion amène EDF à modifier une méthode d'étude d'accident, celle-ci fait préalablement l'objet d'un examen et ne peut être mise en œuvre sans accord de l'ASN. Lorsque des évolutions importantes sont apportées à la gestion de combustible, leur mise en œuvre est encadrée par une décision du collège de l'ASN.

2.3.2 La surveillance de l'état du combustible

en réacteur

Le comportement du combustible est un élément essentiel de la sûreté du cœur en situation de fonctionnement normal ou accidentel et sa fiabilité est primordiale. Ainsi, l'étanchéité des gaines des crayons de combustible, présents à raison de plusieurs dizaines de milliers dans chaque cœur et qui constituent la première barrière de confinement, fait l'objet d'une attention particulière. En fonctionnement normal, l'étanchéité est suivie par EDF par la mesure permanente de l'activité de radioéléments présents dans le circuit primaire.

L'augmentation de cette activité au-delà de seuils prédéfinis est le signe d'une perte d'étanchéité des assemblages. Lors de l'arrêt, EDF a l'obligation de rechercher et d'identifier les assemblages contenant des crayons non étanches, dont le rechargement n'est pas permis. Si cette activité dans le circuit primaire devient trop élevée, les RGE imposent l'arrêt du réacteur avant la fin de son cycle normal.

L'ASN s'assure qu'EDF recherche et analyse les causes des pertes d'étanchéité observées, en particulier au moyen d'examen des crayons non étanches afin de déterminer l'origine des défaillances et de prévenir leur réapparition. Les actions préventives et correctives peuvent concerner la conception des crayons et des assemblages, leur fabrication ou les conditions d'exploitation des réacteurs. Par ailleurs, les conditions de manutention des assemblages, de chargement et de déchargement du cœur, ainsi que la prévention de la présence de corps étrangers dans les circuits et les piscines font également l'objet de dispositions d'exploitation dont certaines participent à la démonstration de sûreté et dont le respect par EDF est vérifié par l'ASN. L'ASN effectue en outre des inspections afin de contrôler qu'EDF assure une surveillance adéquate de ses fournisseurs de combustible pour garantir que la conception et la fabrication de celui-ci sont réalisées dans le respect des règles fixées. Enfin, l'ASN consulte périodiquement le GPR sur les enseignements tirés du retour d'expérience de l'exploitation du combustible.

2.4 Les équipements sous pression

2.4.1 Le contrôle de la fabrication des équipements sous pression nucléaires (ESPN)

L'ASN évalue la conformité aux exigences réglementaires des ESPN les plus importants pour la sûreté, dits « de niveau N1 ». Cette évaluation de conformité concerne les équipements destinés aux nouvelles installations nucléaires (EPR de Flamanville 3) et les équipements de rechange destinés aux installations nucléaires en exploitation (GV de remplacement notamment). L'ASN peut s'appuyer pour cette mission sur des organismes qu'elle agré. Ces derniers peuvent être mandatés par l'ASN pour réaliser une partie des inspections sur les équipements de niveau N1 et sont chargés de l'évaluation de la conformité aux exigences réglementaires des équipements sous pression nucléaires moins importants pour la sûreté, dits « de niveau N2 ou N3 ». Le contrôle de l'ASN et des organismes agréés s'exerce aux différents stades de la conception et de la fabrication des ESPN. Il se traduit par un examen de la documentation technique de chaque équipement et par des inspections dans les ateliers de fabricants, ainsi que de leurs fournisseurs et sous-traitants. Cinq organismes ou organes d'inspection sont actuellement agréés par l'ASN pour l'évaluation de conformité des ESPN : Apave SA, Asap, Bureau Veritas, AIB Vinçotte International et l'organe d'inspection des utilisateurs d'EDF.

L'ASN et les organismes agréés ont réalisé en 2015 :

- 4 483 inspections pour contrôler la fabrication des ESPN destinés au réacteur EPR de Flamanville 3, ce qui a représenté 10 133 hommes.jours dans les usines des fabricants, ainsi que de leurs fournisseurs et sous-traitants ;
- 1 063 inspections pour contrôler la fabrication de générateurs de vapeur de rechange destinés aux réacteurs électronucléaires en exploitation, ce qui a représenté 3 936 hommes.jours dans les usines des fabricants, ainsi que de leurs fournisseurs et sous-traitants.

La majorité de ces inspections a été réalisée par les organismes agréés, sous la surveillance de l'ASN.

2.4.2 Le contrôle des circuits primaire et secondaires principaux

Les circuits primaire et secondaires principaux (CPP et CSP) des réacteurs fonctionnent à haute température et haute pression et contribuent au confinement des substances radioactives, au refroidissement et au contrôle de la réactivité.

La surveillance de l'exploitation de ces circuits est réglementée par l'arrêté du 10 novembre 1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression cité au point 3.6 du chapitre 3. Dans ce cadre, ces circuits font l'objet d'une surveillance et d'une maintenance périodique par EDF. Cette surveillance fait elle-même l'objet d'un contrôle de la part de l'ASN.

Ces circuits sont soumis à une requalification périodique réalisée tous les dix ans, qui comprend une visite complète des circuits impliquant des examens non destructifs, une épreuve hydraulique sous pression et une vérification du bon état et du bon fonctionnement des accessoires de protection contre les surpressions.

2.4.3 La surveillance des zones en alliage à base de nickel

Plusieurs parties des réacteurs à eau sous pression sont fabriquées en alliage à base de nickel. La résistance de ce type d'alliage à la corrosion généralisée ou par piqûres justifie son emploi. Cependant, dans les conditions de fonctionnement des réacteurs, l'un des alliages retenus, l'Inconel 600, s'est révélé sensible au phénomène de corrosion sous contrainte. Ce phénomène particulier se produit en présence de sollicitations mécaniques importantes. Il peut conduire à l'apparition de fissures, comme observé sur des tubes de GV dès le début des années 1980 ou, plus récemment en 2011, sur une pénétration de fond de cuve du réacteur 1 de Gravelines. Ces fissures conduisent l'exploitant à réparer les zones concernées ou à les isoler du reste du circuit afin d'éviter tout risque.

Sur demande de l'ASN, EDF a adopté une approche globale de surveillance et de maintenance pour les zones concernées. Plusieurs zones du circuit primaire en alliage Inconel 600 font ainsi l'objet d'un contrôle particulier. Pour chacune d'elles, le programme de contrôle en service, défini et mis à jour annuellement par l'exploitant, est soumis à l'ASN qui vérifie que les performances et la fréquence des contrôles mis en place sont satisfaisantes pour détecter les dégradations redoutées.

2.4.4 La surveillance de la résistance des cuves des réacteurs

La cuve est l'un des composants essentiels d'un réacteur à eau sous pression. Pour un réacteur de 900 MWe, sa hauteur est de 14 m, son diamètre de 4 m pour une épaisseur de 20 cm. Sa masse est de 300 tonnes. Elle contient le cœur du réacteur ainsi que son instrumentation. En fonctionnement normal, la cuve est entièrement remplie d'eau, à une pression de 155 bars et à une température de 300 °C.

Le contrôle régulier de l'état de la cuve est essentiel pour les deux raisons suivantes :

- la cuve est un composant dont le remplacement n'est pas envisagé, pour des raisons à la fois de faisabilité technique et de coût ;
- la rupture de cet équipement n'est pas prise en compte dans les études de sûreté. C'est une des raisons pour lesquelles toutes les dispositions doivent être prises dès sa conception afin de garantir sa tenue pendant toute la durée du fonctionnement du réacteur y compris en cas d'accident.



COMPRENDRE

Les principes de la démonstration de tenue en service des cuves

La réglementation en vigueur impose notamment à l'exploitant :

- d'identifier les situations ayant un impact sur l'équipement ;
- de prendre des mesures afin de connaître l'effet du vieillissement sur les propriétés des matériaux ;
- de mettre en œuvre des moyens lui permettant de détecter suffisamment tôt des défauts préjudiciables à l'intégrité de la structure ;
- d'éliminer toute fissure détectée ou, en cas d'impossibilité, d'apporter une justification spécifique appropriée au maintien en l'état d'un tel type de défaut.

En fonctionnement normal, le métal de la cuve se fragilise lentement, sous l'effet des neutrons issus de la réaction de fission du cœur. Cette fragilisation rend en particulier la cuve plus sensible aux chocs thermiques sous pression ou aux montées brutales de pression à froid. Cette sensibilité est par ailleurs accrue en présence de défauts, ce qui est le cas pour quelques cuves qui présentent des défauts dus à la fabrication, sous leur revêtement en acier inoxydable.

L'ASN examine régulièrement les dossiers relatifs aux cuves transmis par EDF afin de s'assurer que la démonstration de tenue en service de celles-ci est suffisamment conservative et respecte la réglementation.

Le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires a été consulté en fin d'année 2015 sur le dossier transmis par EDF qui justifie la tenue en service des cuves des réacteurs de 1 300 MWe.

2.4.5 La surveillance de la maintenance et le remplacement des générateurs de vapeur

Les générateurs de vapeur (GV) sont composés de deux parties, l'une appartenant au circuit primaire et l'autre au circuit secondaire. L'intégrité des principaux éléments constitutifs des générateurs de vapeur est surveillée, tout particulièrement celle du faisceau tubulaire, qui revêt un enjeu important pour la sûreté de l'installation. En effet, une dégradation du faisceau tubulaire (corrosion, usure, fissure...) peut créer une fuite du circuit primaire vers le circuit secondaire. De plus, la rupture d'un des tubes du faisceau (RTGV) conduirait à contourner l'enceinte de confinement du réacteur, qui constitue la troisième barrière de confinement. Les générateurs de vapeur font l'objet d'un programme spécifique de surveillance en exploitation, établi par EDF, révisé périodiquement et examiné par l'ASN. À l'issue des contrôles, les tubes présentant des dégradations trop importantes sont bouchés pour être mis hors-service.

Les nettoyages mécaniques et chimiques des générateurs de vapeur

Les générateurs de vapeur ont tendance à s'encrasser au cours du temps en raison des produits de corrosion issus des échangeurs du circuit secondaire. Ceci se traduit par l'accumulation de boue molle ou dure sur la plaque tubulaire, l'encrassement des parois des tubes et le colmatage des passages foliés des plaques entretoises. Les produits de corrosion forment une couche de magnétite sur les surfaces des internes. Sur les tubes, la couche de dépôts (encrassement) diminue l'échange thermique. Au niveau des passages foliés, les dépôts empêchent la libre circulation du mélange eau-vapeur (colmatage), ce qui crée un risque d'endommagement des tubes et des structures internes et peut dégrader le fonctionnement global du générateur de vapeur.

Pour empêcher ou minimiser de tels effets, diverses solutions sont mises en place et permettent de limiter les dépôts métalliques : nettoyages chimiques préventifs ou nettoyages mécaniques (lançages à l'aide de jets hydrauliques), remplacement du matériau (laiton par acier inoxydable ou alliage de titane, plus résistants à la corrosion) de certains faisceaux tubulaires d'échangeurs du circuit secondaire et augmentation du pH conditionnant le circuit secondaire.

Le remplacement des générateurs de vapeur

Depuis les années 1990, EDF conduit un programme de remplacement des générateurs de vapeur (RGV) constitués des faisceaux tubulaires les plus dégradés, dont en priorité ceux fabriqués en Inconel 600 non traités thermiquement (600 MA) puis ceux fabriqués en Inconel 600 traités thermiquement (600 TT).

La campagne de remplacement des GV dont le faisceau tubulaire est en 600 MA (soit 26 réacteurs) s'est achevée en 2015 avec celui du réacteur 3 de la centrale nucléaire du Blayais. Elle se poursuit par les remplacements des GV dont le faisceau tubulaire est en Inconel traité thermiquement (600 TT). Les opérations de remplacement de ceux du réacteur 2 de la centrale nucléaire de Paluel auront lieu en 2016.

À l'occasion de ces opérations, certains coudes des tuyauteries primaires peuvent également être remplacés. Ces opérations sont nécessaires pour anticiper les effets du vieillissement thermique qui affecte les propriétés mécaniques de ces équipements. Le remplacement des générateurs de vapeur du réacteur 2 de la centrale nucléaire de Paluel devrait ainsi s'accompagner du remplacement de 15 coudes du circuit primaire principal.

La prise en compte du retour d'expérience international

En 2012, une fuite du circuit primaire vers le circuit secondaire s'est produite sur un GV de la centrale de San Onofre (États-Unis). Une usure prématurée liée à des contacts directs entre tubes a conduit à cette fuite. L'ASN s'est assurée qu'EDF avait analysé les phénomènes à l'origine de cette dégradation et avait fourni les éléments justifiant que les GV des centrales nucléaires françaises n'étaient pas significativement concernés par ce mode de dégradation. Une surveillance particulière des tubes potentiellement concernés a toutefois été mise en place.

2.4.6 Le contrôle des autres équipements sous pression des réacteurs

L'ASN est également chargée du contrôle de l'application par EDF de la réglementation applicable aux équipements sous pression non nucléaires exploités dans les centrales nucléaires. À ce titre, l'ASN réalise en particulier des audits et les visites de surveillance des services d'inspection des sites. Ces services sont chargés, sous la responsabilité de l'exploitant, de mettre en œuvre les actions d'inspection assurant la sécurité des équipements sous pression.

2.5 Les enceintes de confinement

Les enceintes de confinement font l'objet de contrôles et d'essais destinés à vérifier leur conformité aux exigences de sûreté. En particulier, leur comportement mécanique

doit garantir une bonne étanchéité du bâtiment réacteur si la pression à l'intérieur de celui-ci venait à dépasser la pression atmosphérique, ce qui peut survenir dans certains types d'accident. C'est pourquoi ces essais comprennent, à la fin de la construction, puis lors des visites décennales, une montée en pression de l'enceinte interne avec une mesure de taux de fuite comme précisé à l'article 8.1.1 de l'arrêté modifié du 7 février 2012.

2.6 La protection contre les événements naturels, les incendies et les explosions

2.6.1 La prévention des risques liés au séisme

Bien que la probabilité d'un séisme important soit faible en France, la prise en compte de ce risque par EDF fait l'objet d'une attention soutenue de la part de l'ASN. Des dispositions parasismiques sont prises dès la conception des installations et sont réexaminées périodiquement au regard de l'évolution des connaissances et de la réglementation, à l'occasion des réexamens périodiques.

Les règles de conception

La règle fondamentale de sûreté (RFS) 2001-01 du 31 mai 2001 définit la méthodologie relative à la détermination du risque sismique pour les INB de surface (à l'exception des installations de stockage à long terme des déchets radioactifs).

Cette RFS est complétée par un guide de l'ASN de 2006 qui définit les méthodes de calcul acceptables pour l'étude du comportement sismique des bâtiments et d'ouvrages particuliers comme les digues, les galeries et canalisations enterrées, les soutènements ou les réservoirs.

La conception des bâtiments et matériels importants pour la sûreté des centrales nucléaires doit ainsi leur permettre de résister à des séismes d'intensité supérieure aux plus forts séismes connus survenus dans la région du site.

Les réévaluations sismiques

Dans le cadre des réexamens périodiques, la réévaluation sismique consiste à vérifier la pertinence du dimensionnement sismique de l'installation en tenant compte du progrès des connaissances relatives à la sismicité de la région du site ou aux méthodes d'évaluation du comportement sismique des éléments de l'installation. Les enseignements tirés du retour d'expérience des séismes internationaux sont également analysés et intégrés dans ce cadre.

Les études menées dans le cadre du réexamen périodique associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe (VD3-900) ont conduit à définir des

renforcements de matériels ou de structures qui sont mis en œuvre à l'occasion des visites décennales.

L'évolution des connaissances a conduit EDF à réévaluer l'aléa sismique dans le cadre du réexamen périodique associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe (VD3-1300). L'ASN considère que l'évaluation des aléas sismiques déterminés par EDF est acceptable, à l'exception de celle concernant Saint-Alban, qui est trop faible au regard de l'état des connaissances. L'ASN a donc demandé à EDF :

- de réévaluer le spectre sismique du site de Saint-Alban pour tenir compte des incertitudes ;
- de définir un programme de travail de vérification de la tenue des matériels et des ouvrages de génie civil et de mettre en œuvre les éventuels renforcements sismiques dans le cadre du réexamen VD3-1300.

Les séismes extrêmes

À la suite de l'accident de Fukushima, l'ASN a prescrit à EDF de définir et mettre en œuvre un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles permettant de maîtriser les fonctions fondamentales de sûreté dans des situations extrêmes comparables, dans le contexte français, à celle survenue le 11 mars 2011 au Japon. Ce « noyau dur » devra notamment être dimensionné pour résister à un séisme d'une ampleur exceptionnelle dépassant les niveaux retenus lors de la conception ou du réexamen périodique des installations. Dans le cadre de la définition de ce niveau de séisme exceptionnel, l'ASN a demandé à EDF de compléter la démarche déterministe de définition de l'aléa sismique par une approche probabiliste, afin de se rapprocher des meilleures pratiques connues au niveau international (voir point 3.1).



Ancrage au sol d'une pompe.

2.6.2 L'élaboration des règles de protection contre les inondations

L'inondation partielle de la centrale nucléaire du Blayais en décembre 1999 a amené les exploitants, sous le contrôle de l'ASN, à réévaluer la sûreté des INB existantes face à ce risque dans des conditions plus sévères qu'auparavant et à effectuer de nombreuses améliorations de la sûreté selon un calendrier proportionné aux enjeux. Conformément aux prescriptions de l'ASN, EDF a achevé les travaux requis sur l'ensemble du parc électronucléaire fin 2014.

En parallèle, pour s'assurer d'une prise en compte plus exhaustive et plus robuste du risque d'inondation, dès la conception des installations, l'ASN a publié en 2013 le guide n° 13 relatif à la protection des INB contre les inondations externes. Pour les installations existantes, l'ASN a demandé à EDF, en 2014, de prendre en compte les recommandations du guide sur l'ensemble de ses réacteurs au cours des dix années à venir et au plus tard lors du dernier réexamen périodique des réacteurs d'un même site.

À l'issue des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) réalisées après l'accident de la centrale de Fukushima, l'ASN a considéré qu'en matière de protection contre les inondations, les exigences résultant de la réévaluation complète conduite à la suite de l'inondation de la centrale nucléaire du Blayais en 1999 permettaient de conférer aux centrales nucléaires un haut niveau de protection contre le risque d'inondation externe. Toutefois, l'ASN a pris plusieurs décisions en juin 2012 pour demander aux exploitants :

- de renforcer la protection des centrales nucléaires face à certains aléas comme les pluies de forte intensité et les inondations sismo-induites ;
- de définir et de mettre en place un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles permettant de maîtriser les fonctions fondamentales de sûreté dans des situations extrêmes, notamment en cas d'inondation au-delà du référentiel de dimensionnement (voir point 3.1).

2.6.3 La prévention des risques liés à la canicule et à la sécheresse

Au cours des événements caniculaires de ces dernières décennies, certains cours d'eau nécessaires au refroidissement de centrales nucléaires ont connu une réduction de leur débit et un échauffement significatifs.

Par ailleurs, des augmentations notables de température ont été relevées dans certains locaux des centrales nucléaires abritant des équipements sensibles à la chaleur.

EDF a pris en compte ce retour d'expérience et a engagé des études de réévaluation du fonctionnement de ses installations dans des conditions de températures de l'air et de l'eau plus sévères que celles retenues initialement à la conception. En parallèle du développement de ce référentiel de sûreté relatif aux situations dites de « grands

chauds », EDF a engagé le déploiement de modifications prioritaires (telles que l'augmentation de la capacité de certains échangeurs) et mis en place des pratiques d'exploitation qui optimisent la capacité de refroidissement des équipements et améliorent la tenue des matériels sensibles aux températures élevées.

L'ASN a donné son accord en 2012 à la déclinaison du référentiel aux réacteurs de 900 MWe et à l'intégration des modifications qui en découlent. L'ASN a également demandé à EDF de prendre en compte ses remarques formulées lors de cette instruction pour l'élaboration et la déclinaison des référentiels des autres paliers.

Dans le cadre du réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe, EDF a engagé un programme de modification de ses installations visant à se prémunir contre les situations de canicules. Il est notamment prévu d'améliorer la capacité de certains systèmes de refroidissement de matériels requis pour la démonstration de sûreté nucléaire.

EDF a également engagé un programme de veille afin d'anticiper les évolutions du climat qui pourraient remettre en cause les hypothèses retenues dans ses référentiels « grands chauds ».

L'impact sur les rejets thermiques des centrales nucléaires

Les centrales nucléaires sont à l'origine de rejets d'effluents chauds dans les cours d'eau ou dans la mer, soit de manière directe pour les centrales fonctionnant en circuit dit « ouvert », soit après refroidissement de ces effluents par passage dans des aéroréfrigérants permettant une évacuation partielle des calories dans l'atmosphère. Les rejets thermiques des centrales conduisent à une élévation de la température entre l'amont et l'aval du rejet qui peuvent aller, suivant les réacteurs, de quelques dixièmes de degrés à plusieurs degrés. Ces échauffements sont réglementés par des décisions de l'ASN.

Depuis 2006, des modifications ont été intégrées à ces décisions pour définir à l'avance les modalités de fonctionnement des centrales nucléaires dans des conditions climatiques exceptionnelles conduisant à un échauffement significatif des cours d'eau. Ces dispositions particulières ne sont néanmoins applicables que si la sécurité du réseau électrique français est en jeu.

2.6.4 La prise en compte du risque d'incendie

Les centrales nucléaires, comme les autres installations nucléaires de base, sont soumises à une décision réglementaire de l'ASN relative à la maîtrise des risques liés à l'incendie (décision n° 2014-DC-0417 du 28 janvier 2014).

La prise en compte du risque d'incendie dans les centrales nucléaires repose sur le principe de défense en profondeur fondé sur les trois niveaux que sont la conception des installations, la prévention et la lutte contre l'incendie.

Des règles de conception doivent empêcher l'extension d'un incendie et en limiter les conséquences ; elles reposent principalement sur la « sectorisation incendie ». Il s'agit d'un découpage de l'installation en secteurs conçus pour circonscrire le feu dans un périmètre donné et délimités par des éléments (portes, murs et clapets coupe-feu) présentant une durée de résistance au feu spécifiée. Elle a notamment pour objectif d'éviter la transmission d'un incendie à deux matériels assurant de manière redondante une fonction fondamentale de sûreté.

La prévention consiste principalement à :

- veiller à ce que la nature et la quantité de matières combustibles dans les locaux restent en deçà des hypothèses retenues pour la sectorisation ;
- identifier et analyser les risques d'incendie pour prendre les mesures permettant de les éviter. En particulier, pour tous les travaux susceptibles de créer un incendie, un « permis de feu » doit être établi et des dispositions de protection mises en œuvre.

Enfin, la détection des départs de feu et la lutte contre un incendie doivent permettre l'attaque d'un feu et sa maîtrise en vue de son extinction dans des délais compatibles avec la durée de résistance au feu des éléments de sectorisation.

L'ASN contrôle la prise en compte du risque incendie dans les centrales nucléaires en se fondant notamment sur l'analyse des référentiels de sûreté de l'exploitant, le suivi des événements significatifs qu'il déclare et les inspections réalisées sur les sites.

2.6.5 La prise en compte des risques d'explosion

Une explosion peut endommager des éléments essentiels au maintien de la sûreté ou conduire à une rupture du confinement et à la dispersion de matières radioactives dans l'installation, voire dans l'environnement. Des dispositions doivent donc être mises en œuvre par l'exploitant pour protéger les parties sensibles de l'installation contre l'explosion.

L'ASN contrôle ces mesures de prévention et de surveillance et veille particulièrement à la prise en compte du risque d'explosion dans le référentiel et l'organisation d'EDF. L'ASN s'assure également du respect de la réglementation « atmosphères explosives » (ATEX) pour la protection des travailleurs.

2.7 La maintenance et les essais

2.7.1 Le contrôle des pratiques de maintenance

L'ASN considère que la maintenance préventive constitue une ligne de défense essentielle pour maintenir la conformité d'une installation à son référentiel de sûreté.

Afin d'améliorer la fiabilité des équipements participant à la sûreté mais aussi la performance industrielle, EDF recherche régulièrement à optimiser ses activités de maintenance à la lumière des meilleures pratiques de l'industrie et des exploitants étrangers de centrales nucléaires.

Ainsi, EDF a annoncé en 2010 à l'ASN son intention de déployer une nouvelle méthodologie de maintenance développée par les exploitants américains, dénommée AP-913.

La déclinaison de l'AP-913 repose sur la mise en œuvre des six processus suivants :

- l'identification des matériels critiques et la détermination des programmes de maintenance et de suivi associés ;
- la définition des exigences de suivi et de maintenance des matériels ;
- l'analyse des performances des matériels et systèmes ;
- la définition et le pilotage des actions correctives ;
- l'amélioration continue des référentiels et du pilotage de la fiabilité ;
- la gestion du cycle de vie des matériels.



COMPRENDRE

Les éléments importants pour la protection (EIP)

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

Les éléments dits EIP sont le lien explicite entre les fonctions devant être assurées en fonctionnement normal ou à assurer en situation accidentelle et les « éléments » qui permettent de la réaliser (structure, équipement, système, matériel, composant, ou logiciel).

Par exemple, pour assurer une fonction de refroidissement, il faut une pompe (l'EIP) ayant certaines performances en termes de débit, de temps de démarrage, de fiabilité.

Les EIP prennent la suite des éléments importants pour la sûreté définis par l'arrêté de 1984 mais ont un champ plus large. Ils portent aussi sur les « éléments » destinés à la maîtrise des nuisances et inconvénients (protection de l'environnement...).

Quelques exemples d'EIP : bâtiment abritant des substances radioactives, ventilateur assurant une dépression nécessaire au confinement, logiciel utilisé par le système de protection d'un réacteur, certains éléments des stations de traitement antibactérien.

Un EIP peut aussi être un élément contrôlant la bonne réalisation d'une fonction, même si cet élément ne contribue pas directement à la réalisation de cette fonction (balise de mesure de la radioactivité dans une cheminée de rejet...).

Les différentes étapes de cette méthodologie ainsi que les conditions organisationnelles de son déploiement dans les centrales ont été examinées par l'ASN, qui est favorable à sa mise en œuvre.

Le principal intérêt de cette méthode est de viser une amélioration de la fiabilité des matériels par leur suivi en service afin d'améliorer la maintenance préventive et par la mutualisation entre les centrales des pratiques de maintenance. Toutefois, l'ASN considère que des actions volontaristes doivent être engagées auprès des centrales pour permettre la bonne mise en œuvre de cette nouvelle méthode et assurer son efficacité. En particulier, EDF doit encadrer davantage la mise en œuvre de l'AP-913 sur ses différentes centrales et allouer à cette mission les effectifs nécessaires. Par ailleurs, EDF doit s'assurer que l'ensemble des intervenants respectent les méthodes préconisées pour le renseignement des indicateurs de suivi des matériels, la préparation, la réalisation et le compte rendu des visites de terrain et la traçabilité des décisions de maintenance.

2.7.2 Le contrôle des programmes d'essais

Les éléments importants pour la protection des personnes et de l'environnement, identifiés par l'exploitant, font l'objet d'une qualification visant à garantir leur capacité à assurer les fonctions qui leur sont assignées vis-à-vis des sollicitations et conditions d'ambiance associées aux situations dans lesquelles ils sont nécessaires. Les essais périodiques contribuent à la vérification de la pérennité de cette qualification et permettent de s'assurer régulièrement de leur disponibilité dans les conditions où ils sont requis. Les règles associées constituent le chapitre IX des RGE. Ces règles fixent la nature des contrôles techniques, leurs fréquences et les critères associés, dont l'accomplissement permet périodiquement de vérifier le respect des exigences de qualification.

L'ASN s'assure que les contrôles techniques périodiques relatifs aux éléments importants mentionnés ci-dessus sont pertinents et qu'ils font l'objet d'une amélioration continue. Elle vérifie aussi qu'ils sont exécutés conformément aux règles générales d'exploitation.

2.7.3 L'emploi de méthodes de contrôle performantes appliquées aux équipements sous pression

des circuits primaire et secondaires principaux

L'arrêté du 10 novembre 1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression spécifie dans son article 8 que les procédés d'essais non destructifs employés pour le suivi en service des équipements sous pression des circuits primaire et secondaires principaux des réacteurs nucléaires doivent faire l'objet, préalablement à leur première utilisation, d'une qualification prononcée par une entité composée

d'experts internes et externes à EDF dont la compétence et l'indépendance sont vérifiées par le Comité français d'accréditation (Cofrac).

La qualification permet de garantir que la méthode d'examen atteint effectivement les performances prévues et décrites dans un cahier des charges précis.

À ce jour, plus de 90 applications sont qualifiées dans le cadre des programmes d'inspection en service. De nouvelles applications sont en cours de développement et de qualification pour répondre à de nouveaux besoins.

Concernant le réacteur EPR de Flamanville, 39 procédés ont été qualifiés en amont de la visite complète initiale du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux. Seuls quatre procédés, dont le besoin a été identifié tardivement, sont encore en cours de développement.

En raison des risques radiologiques associés à la gamma-graphie, les applications ultrasonores sont privilégiées par rapport aux applications radiographiques, sous réserve de performances de contrôle équivalentes.

2.7.4 Le contrôle par l'ASN des arrêts de réacteur

Les réacteurs doivent être arrêtés périodiquement pour renouveler le combustible qui s'épuise pendant le cycle de fonctionnement. À chaque arrêt, un tiers ou un quart du combustible est renouvelé.

Ces arrêts rendent momentanément accessibles certaines parties de l'installation qui ne le sont pas pendant son fonctionnement. Ils sont donc mis à profit pour vérifier l'état de l'installation en réalisant des opérations de contrôle et de maintenance, ainsi que pour mettre en œuvre les modifications programmées sur l'installation.

Ces arrêts pour renouvellement du combustible peuvent être de plusieurs types :

- arrêt pour simple rechargement (ASR) et arrêt pour visite partielle (VP) : d'une durée de quelques semaines, ces arrêts sont consacrés au renouvellement d'une partie du combustible et à la réalisation d'un programme de vérification et de maintenance, plus important lors d'une VP que lors d'un ASR ;
- arrêt pour visite décennale (VD) : il s'agit d'un arrêt faisant l'objet d'un programme de vérification et de maintenance approfondi. Ce type d'arrêt, qui dure plusieurs mois et intervient tous les dix ans, est également l'occasion pour l'exploitant de procéder à des opérations lourdes telles que la visite complète et l'épreuve hydraulique du circuit primaire, l'épreuve de l'enceinte de confinement ou l'intégration des évolutions de conception décidées dans le cadre des réexamens périodiques.

Ces arrêts sont planifiés et préparés par l'exploitant plusieurs mois à l'avance. L'ASN contrôle les dispositions prises par l'exploitant pour garantir la sûreté et la radioprotection

pendant l'arrêt, ainsi que la sûreté du fonctionnement pour le ou les cycles à venir.

Les principaux points du contrôle réalisé par l'ASN portent :

- en phase de préparation de l'arrêt, sur la conformité du programme d'arrêt du réacteur au référentiel applicable. L'ASN demande le cas échéant des compléments à ce programme ;
- pendant l'arrêt, à l'occasion de points d'information réguliers et d'inspections, sur la mise en œuvre du programme et sur le traitement des aléas rencontrés ;
- en fin d'arrêt, à l'occasion de la présentation par l'exploitant du bilan de l'arrêt du réacteur, sur l'état du réacteur et son aptitude à être remis en service. À l'issue de ce contrôle, l'ASN donne ou non son accord au redémarrage du réacteur ;
- après le redémarrage du réacteur, sur les résultats de l'ensemble des essais réalisés au cours de l'arrêt et en phase de redémarrage.

L'ensemble de ces dispositions est prévu par la décision n° 2014-DC-0444 de l'ASN du 15 juillet 2014 relative aux arrêts et redémarrages des réacteurs à eau sous pression.

2.8 Le maintien et l'amélioration continue de la sûreté nucléaire

2.8.1 La maîtrise des activités sous-traitées

Les opérations de maintenance des réacteurs français sont en grande partie sous-traitées par EDF à des entreprises extérieures, dont l'effectif global représente environ 20 000 personnes. EDF motive le recours à la sous-traitance par le besoin de recourir à des compétences pointues ou rares et par la forte saisonnalité des arrêts de réacteurs et donc le besoin d'absorber les pics de charge.

Le choix par l'exploitant de recourir à la sous-traitance ne doit pas remettre en cause les compétences techniques que l'exploitant nucléaire doit conserver pour exercer sa responsabilité en matière de sûreté et être en mesure de surveiller effectivement la qualité des travaux effectués par les sous-traitants. Une sous-traitance mal maîtrisée est en effet susceptible de conduire à une mauvaise qualité du travail réalisé et d'avoir un impact négatif sur la sûreté de l'installation et la radioprotection des intervenants (les sous-traitants recevant une grande partie de la dose liée aux travaux effectués sur l'ensemble des réacteurs : voir point 4.1.4). De telles conséquences peuvent notamment résulter de l'emploi de personnels insuffisamment compétents, d'une surveillance insuffisante des prestataires par l'exploitant ou de conditions de travail dégradées.

Ainsi, si le choix d'externalisation de certaines activités relève de la stratégie attachée à la politique industrielle d'EDF, les conditions de recours à la sous-traitance doivent

être telles que l'exploitant conserve à tout moment l'entière maîtrise et la responsabilité de la sûreté de ses installations.

Par ailleurs, du fait du nombre important des réacteurs nucléaires exploités par EDF, les choix d'externalisation réalisés par cette entreprise ont un impact structurant sur le tissu industriel spécialisé dans les fournitures et la maintenance nucléaire.

Un système de qualification préalable des prestataires a été mis en place par EDF. Il repose sur une évaluation du savoir-faire technique et de l'organisation des entreprises sous-traitantes. Ses principes sont décrits dans la « charte de progrès et de développement durable », signée entre EDF et ses principaux prestataires. En 2013, la filière nucléaire française a défini un « cahier des charges social » applicable aux prestations de services et de travaux réalisées sur une installation nucléaire. EDF transpose ce cahier des charges social dans ses marchés de sous-traitance pour les réacteurs en fonctionnement depuis juillet 2013.

L'article 124 de la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte dispose, en raison de l'importance particulière de certaines activités pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement, qu'un décret en Conseil d'État peut encadrer ou limiter le recours à des prestataires ou à la sous-traitance pour leur réalisation. De plus, l'article 124 dispose que l'exploitant doit assurer une surveillance des activités importantes pour la protection des intérêts mentionnés au même article L. 593-1 lorsqu'elles sont réalisées par des intervenants extérieurs et veiller à ce que ces intervenants extérieurs disposent des capacités techniques appropriées pour la réalisation des dites activités. Il ne peut déléguer cette surveillance à un prestataire.

L'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base impose à l'exploitant d'exercer une surveillance des activités réalisées par les intervenants extérieurs, afin de vérifier que les opérations qu'ils réalisent respectent les exigences définies et, plus globalement, qu'ils appliquent la politique définie par l'exploitant en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement. L'exploitant doit également veiller à la disponibilité d'un nombre suffisant de prestataires disposant de la compétence requise pour assurer les opérations de maintenance nécessaires au maintien du niveau de sûreté des réacteurs.

L'ASN réalise des inspections sur les conditions dans lesquelles se déroule la sous-traitance chez EDF. L'ASN contrôle, en particulier, la mise en œuvre et le respect par EDF d'une démarche permettant d'assurer la qualité des activités sous-traitées : le choix des entreprises, la surveillance des interventions, la prise en compte du retour d'expérience et l'adaptation des ressources au volume de travail à réaliser. Au titre de ses missions d'inspection du travail, l'ASN veille aussi à la protection des travailleurs, notamment au respect des règles en matière de santé et sécurité, au respect de la durée des temps de travail et

de repos, et vérifie la licéité des contrats de prestations de service en appréciant en particulier l'autonomie des sous-traitants par rapport à leurs donneurs d'ordre pour la réalisation des prestations.

2.8.2 La correction des écarts

Les contrôles engagés à l'initiative d'EDF et les vérifications additionnelles demandées par l'ASN peuvent conduire à la détection d'écarts par rapport aux exigences définies¹, qui doivent alors être traités. Ces écarts peuvent avoir diverses origines : problèmes de conception, défauts de réalisation lors de la construction, maîtrise insuffisante des opérations de maintenance, dégradations dues au vieillissement...



COMPRENDRE

Les exigences définies

L'arrêté du 7 février 2012 modifié dispose qu'une exigence définie est une « exigence assignée à un élément important pour la protection (EIP), afin qu'il remplisse avec les caractéristiques attendues la fonction prévue dans la démonstration mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement ou à une activité importante pour la protection (AIP) afin qu'elle réponde à ses objectifs vis-à-vis de cette démonstration ».

Pour les EIP, ces exigences peuvent notamment porter sur :

- les caractéristiques des matériaux constitutifs ;
- les procédés de fabrication, d'assemblage, de montage et de réparation ;
- les grandeurs physiques et critères caractéristiques de la performance de l'EIP.

Pour les AIP, les exigences peuvent notamment porter sur :

- les compétences nécessaires pour l'accomplissement de l'activité ;
- les habilitations nécessaires, le cas échéant ;
- les contrôles et points d'arrêt ;
- les équipements et matériels requis pour permettre l'exécution de l'activité dans le respect des exigences réglementaires, voire contractuelles, de façon à garantir le respect de la démonstration de sûreté.

Les actions de détection et de correction des écarts, dont l'accomplissement est prescrit par l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, jouent un rôle important pour le maintien du niveau de sûreté des installations.

1. L'arrêté du 7 février 2012 définit la notion d'écart comme le « non-respect d'une exigence définie, ou non-respect d'une exigence fixée par le système de management intégré de l'exploitant susceptible d'affecter les dispositions mentionnées au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement ».

Les vérifications « au fil de l'eau »

La réalisation des programmes d'essais périodiques et de maintenance préventive sur les matériels et les systèmes contribue à identifier les écarts. Les visites de routine sur le terrain constituent également un moyen efficace de découverte de défauts.

Les vérifications lors des arrêts de réacteur

EDF met à profit les arrêts de réacteur nucléaire pour réaliser les travaux de maintenance et des contrôles qui ne peuvent pas être accomplis lorsque le réacteur est en fonctionnement. Ces opérations permettent prioritairement de résorber les écarts déjà connus mais ils conduisent aussi à la détection de nouveaux écarts. Avant chaque redémarrage du réacteur, l'ASN demande à EDF d'identifier les écarts non résorbés, de mettre en œuvre les dispositions compensatoires adaptées et de justifier l'acceptabilité de ces écarts au plan de la protection des personnes et de l'environnement pour le cycle de fonctionnement à venir.

Les vérifications décennales : les examens de conformité

EDF réalise des réexamens périodiques des réacteurs nucléaires tous les dix ans conformément à la réglementation (voir point 2.9.4). EDF compare alors l'état réel des installations aux exigences de sûreté qui leur sont applicables et répertorie les éventuels écarts. Ces vérifications peuvent être complétées par un programme d'investigations complémentaires dont le but est de contrôler des parties de l'installation qui ne bénéficient pas d'un programme de maintenance préventive.

Les modalités d'information de l'ASN et du public

Lorsqu'un écart est détecté, EDF, comme tout exploitant d'INB, est tenu d'en évaluer les impacts sur la sûreté nucléaire, la radioprotection ou la protection de l'environnement. S'il y a lieu, EDF transmet alors à l'ASN une déclaration d'événement significatif. Les événements ainsi déclarés font l'objet, à partir du niveau 1 sur l'échelle INES, d'une information du public sur le site www.asn.fr.

Les exigences de l'ASN en matière de remise en conformité

L'ASN a publié le 6 janvier 2015 le guide n° 21 relatif au traitement des écarts de conformité à une exigence définie pour les équipements importants pour la protection (EIP). Ce guide est applicable à tout écart affectant un EIP qui assure une fonction nécessaire à la démonstration de sûreté nucléaire pour les risques d'accidents radiologiques d'un réacteur à eau sous pression.

Il expose les attentes de l'ASN en matière de résorption des écarts de conformité et présente la démarche attendue de l'exploitant en application du principe de proportionnalité. Celle-ci s'appuie notamment sur une évaluation des conséquences potentielles ou avérées de tout écart identifié

et sur la capacité de l'exploitant à garantir la maîtrise du réacteur en cas d'accident par la mise en œuvre de dispositions compensatoires adaptées.



COMPRENDRE

Le traitement des écarts

L'écart est un non-respect d'une exigence définie ou d'une exigence fixée par le système de management intégré de l'exploitant. Un écart peut ainsi affecter une structure, un système ou un composant de l'installation. Il peut aussi porter sur le respect d'un document d'exploitation ou sur une organisation. La réglementation impose à l'exploitant d'identifier l'ensemble des écarts affectant ses installations et de procéder à leur traitement. Les activités attachées au traitement des écarts sont des activités importantes pour la protection des intérêts (qui sont la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement telles que mentionnées à l'article L. 593-1 du code de l'environnement). Elles sont donc soumises à des exigences de contrôle et de surveillance dont la mise en œuvre est régulièrement contrôlée par l'ASN.

2.8.3 L'examen des événements et du retour d'expérience

Le retour d'expérience constitue une source d'amélioration continue pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement. EDF est tenue de déclarer à l'ASN les événements significatifs survenant dans ses centrales nucléaires selon les critères de déclaration prédéfinis (voir chapitre 4, point 3.4.2). Chaque événement significatif fait l'objet d'un classement par l'ASN sur l'échelle internationale de gravité des événements nucléaires, l'échelle INES, qui compte huit niveaux gradués de 0 à 7.

L'ASN contrôle la manière dont EDF organise et exploite le retour d'expérience des événements significatifs et des événements survenus à l'étranger. Elle examine aux niveaux local et national l'ensemble des événements significatifs déclarés (la synthèse de leur analyse pour l'année 2015 figure au point 4.1.6). Les événements significatifs jugés notables du fait de leur caractère récurrent ou générique font l'objet d'une analyse approfondie avec l'appui de l'IRSN. Lors d'inspections dans les centrales nucléaires, l'ASN contrôle l'organisation des sites et les actions menées en matière de traitement des événements significatifs et de prise en compte du retour d'expérience. Enfin, à la demande de l'ASN, le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires examine périodiquement le retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs à eau sous pression (voir encadré au point 4.1.6).

2.9 La poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires

Si la réglementation encadrant le fonctionnement des centrales nucléaires en France ne fixe pas de limitation dans le temps à leur autorisation d'exploitation, l'article L. 593-18 du code de l'environnement dispose que l'exploitant procède à un réexamen périodique de chaque réacteur tous les dix ans.

2.9.1 L'âge des centrales nucléaires

Les centrales nucléaires actuellement en fonctionnement en France ont été construites sur une période de temps assez courte : 45 réacteurs représentant près de 50 000 MWe, soit les trois quarts de la puissance du parc français, ont été mis en service entre 1980 et 1990 et sept réacteurs, représentant 10 000 MWe supplémentaires, entre 1991 et 2000. En décembre 2015, la moyenne d'âge des réacteurs, calculée à partir des dates de première divergence, se répartit comme suit :

- 34 ans pour les 34 réacteurs de 900 MWe ;
- 28 ans pour les 20 réacteurs de 1 300 MWe ;
- 18 ans pour les quatre réacteurs de 1 450 MWe.

2.9.2 Les principaux enjeux de la maîtrise du vieillissement

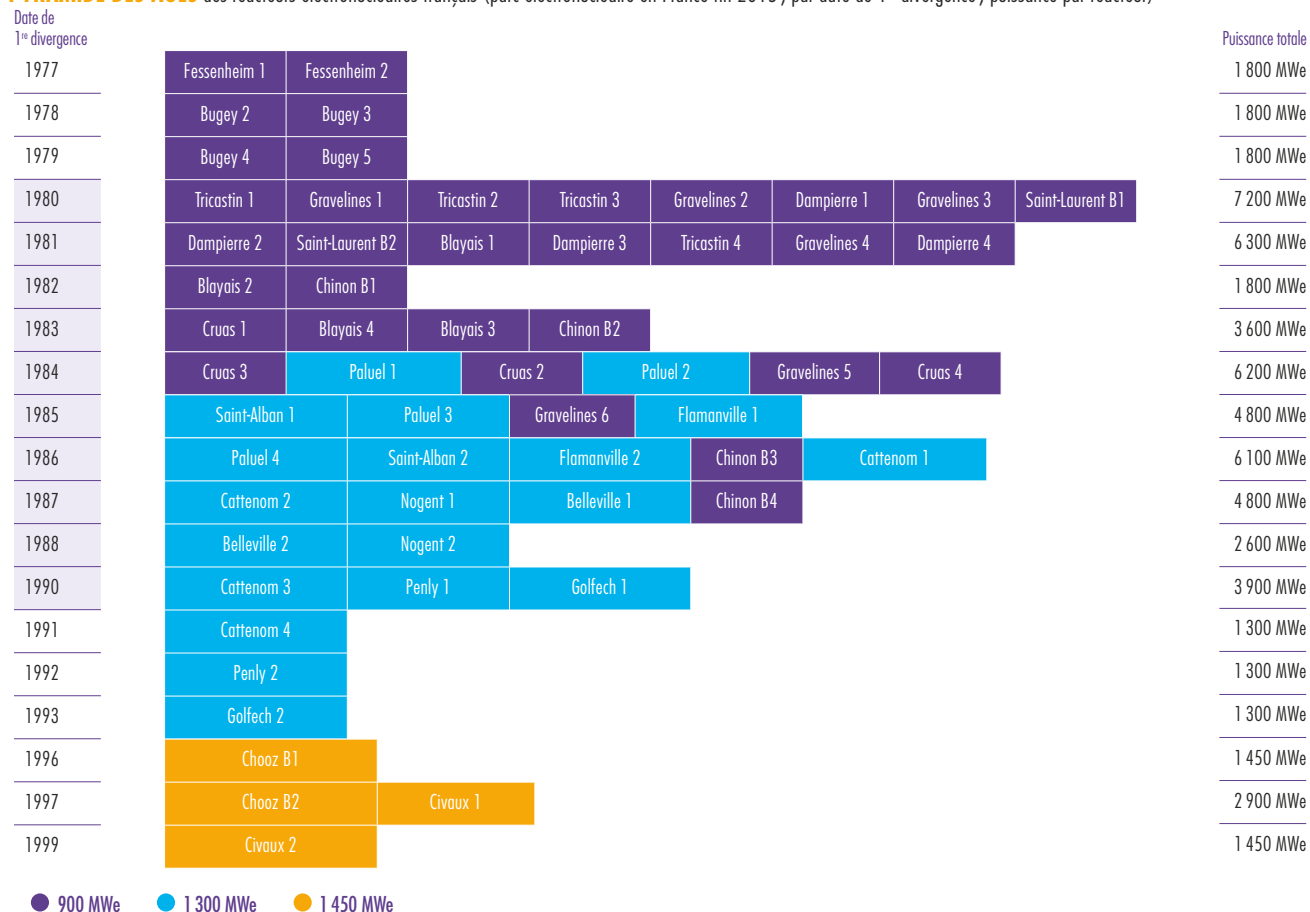
Comme toutes les installations industrielles, les centrales nucléaires sont sujettes au vieillissement. L'ASN s'assure qu'EDF prend en compte, en cohérence avec sa stratégie générale d'exploitation et de maintenance, les phénomènes liés au vieillissement afin de maintenir un niveau de sûreté satisfaisant pendant toute la durée de fonctionnement des installations.

Pour appréhender le vieillissement d'une centrale nucléaire, au-delà du simple délai écoulé depuis sa mise en service, d'autres facteurs doivent être mis en perspective, notamment la présence de phénomènes physiques qui peuvent modifier les caractéristiques des équipements en fonction de leur usage ou de leurs conditions d'utilisation.

Les dégradations des matériels remplaçables

Le vieillissement des équipements résulte de phénomènes tels que le durcissement de certains aciers sous l'effet de l'irradiation ou de la température, le gonflement de certains bétons, le durcissement des polymères, la corrosion

PYRAMIDE DES ÂGES des réacteurs électronucléaires français (parc électronucléaire en France fin 2015 ; par date de 1^{re} divergence ; puissance par réacteur)



Source : ASN.

des métaux... Ces dégradations sont généralement prises en compte dès la conception et la fabrication puis dans un programme de surveillance et de maintenance préventive, voire de réparation ou de remplacement si nécessaire.

La durée de vie des équipements non remplaçables

Les équipements non remplaçables tels que la cuve (voir point 2.4.4) et l'enceinte de confinement (voir point 2.5) font l'objet d'une étroite surveillance afin de vérifier que leur vieillissement est conforme à celui anticipé et que leurs caractéristiques mécaniques restent dans des limites où le bon comportement de ces équipements est garanti.

L'obsolescence des équipements ou de leurs composants

Certains équipements, avant d'être installés dans les centrales nucléaires, ont fait l'objet d'un processus de « qualification » visant à s'assurer de leur capacité à remplir leurs fonctions dans les conditions de sollicitation et d'ambiance correspondant aux situations d'accident pour lesquelles ils sont nécessaires. La disponibilité des pièces de rechange pour ces équipements est fortement conditionnée par l'évolution du tissu industriel des fournisseurs, l'arrêt de la fabrication de certains composants ou la disparition de leur constructeur pouvant conduire à des difficultés d'approvisionnement. En préalable à leur montage, EDF doit vérifier que les nouvelles pièces de rechange différentes des pièces d'origine ne remettent pas en cause la « qualification » des équipements sur lesquels elles seront installées. Compte tenu de la durée incompressible de cette procédure, une forte anticipation est nécessaire de la part d'EDF.

2.9.3 La prise en compte par EDF du vieillissement des équipements

La démarche mise en place par EDF pour s'assurer de la maîtrise du vieillissement de ses installations s'appuie sur trois points :

- anticiper le vieillissement à la conception : à la conception et lors de la fabrication des composants, le choix des matériaux et les dispositions d'installation doivent être adaptés aux conditions d'exploitation prévues et tenir compte des cinétiques de dégradation connues ou supposées ;
- surveiller l'état réel de l'installation : au cours de l'exploitation, d'autres phénomènes de dégradation que ceux prévus à la conception peuvent être découverts. Les programmes de surveillance périodique et de maintenance préventive, les programmes d'investigations complémentaires ou encore l'examen du retour d'expérience (voir points 2.7.1, 2.8.2 et 2.8.3) visent à détecter de manière suffisamment anticipée ces phénomènes ;
- réparer, rénover ou remplacer les équipements : compte tenu des contraintes d'exploitation que de telles opérations de maintenance courante ou exceptionnelle sont susceptibles de créer, surtout lorsqu'elles ne sont

réalisables qu'en période d'arrêt des réacteurs, EDF doit chercher à les anticiper notamment pour tenir compte des délais d'approvisionnement des nouveaux composants, du temps de préparation et de réalisation de l'intervention, des risques d'obsolescence de certains composants et de perte de compétences techniques des intervenants.

EDF a établi une méthodologie de maîtrise du vieillissement pour ses réacteurs au-delà de trente ans de fonctionnement dont l'objectif est de démontrer leur aptitude à poursuivre leur fonctionnement jusqu'à leur quatrième visite décennale dans des conditions de sûreté satisfaisantes, d'une part au vu de l'état des installations lors de leur troisième visite décennale, d'autre part au regard de la connaissance et de la maîtrise des mécanismes et des cinétiques des modes d'endommagement associés au vieillissement.

Cette méthodologie comporte une première phase générique qui vise à se prononcer sur la prise en compte du vieillissement pour un palier de réacteurs identiques, afin de mutualiser les études. Dans un deuxième temps, à l'occasion de la troisième visite décennale (VD3) de chaque réacteur, un dossier de synthèse spécifique à chacun des réacteurs est élaboré afin de démontrer la maîtrise du vieillissement des équipements et l'aptitude à la poursuite du fonctionnement du réacteur pendant la période décennale suivant sa VD3. Établi à partir de l'appropriation du dossier générique, il vise à prendre en compte les éventuelles spécificités de chacun de ces réacteurs.

Dans la perspective envisagée par EDF d'une poursuite du fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans, la maîtrise du vieillissement et la gestion de l'obsolescence des équipements constituent des enjeux majeurs pour la sûreté (voir point 3.2). L'ASN considère que la démarche mise en place par EDF au niveau tant générique que de chaque réacteur est globalement satisfaisante mais doit être complétée sur quelques points :

- identifier les vulnérabilités possibles des processus industriels de remplacement de composants, y compris en cas d'aléa d'exploitation survenant sur les réacteurs et proposer les actions permettant d'améliorer la robustesse de ces processus ;
- apporter une justification robuste de la tenue mécanique des cuves au-delà de leur quatrième visite décennale.

2.9.4 Le réexamen périodique

Conformément aux dispositions de l'article L. 593-18 du code de l'environnement, EDF doit procéder tous les dix ans au réexamen périodique de ses réacteurs, qui comporte les deux volets suivants :

- la vérification de l'état de l'installation et de sa conformité : cette étape vise à vérifier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables. Elle s'appuie sur un ensemble de contrôles et d'essais complémentaires à ceux réalisés au fil de l'eau. Ces vérifications peuvent aussi bien concerner des contrôles

des études initiales de conception, que des contrôles sur le terrain de matériels non concernés par des programmes de maintenance ou encore des essais décennaux comme les épreuves des enceintes de confinement. Les éventuels écarts détectés lors de ces investigations font ensuite l'objet de remises en conformité dans des délais adaptés aux enjeux ;

- la réévaluation de sûreté : cette étape vise à améliorer le niveau de sûreté en tenant compte notamment de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances, des exigences applicables aux installations les plus récentes ainsi que des meilleures pratiques internationales. À l'issue des études de réévaluation ainsi réalisées, EDF identifie les modifications de ses installations qu'il compte déployer pour en renforcer la sûreté.

Le processus de réexamen des réacteurs d'EDF

Afin de tirer bénéfice de la standardisation des réacteurs exploités par EDF, ces deux volets du réexamen font d'abord l'objet d'un programme d'études génériques pour un palier donné (réacteurs de 900 MWe, de 1 300 MWe et de 1 450 MWe). Les résultats de ce programme sont ensuite déclinés sur chacun des réacteurs du palier à l'occasion de leur visite décennale.

Conformément aux dispositions de l'article L. 593-19 du code de l'environnement, à l'issue de la visite décennale, l'exploitant adresse à l'ASN un rapport de conclusions du réexamen périodique. Dans ce rapport, l'exploitant prend position sur la conformité réglementaire de son installation, ainsi que sur les modifications réalisées visant à remédier aux écarts constatés ou à améliorer la sûreté de l'installation. Le rapport de réexamen est composé des éléments prévus à l'article 24 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007.

L'analyse de l'ASN

L'orientation des programmes génériques de vérification de l'état de l'installation et de la réévaluation de la sûreté proposée par l'exploitant fait l'objet d'une prise de position de l'ASN après consultation du GPR et éventuellement du Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GPESPN). Sur cette base, EDF réalise des études de réévaluation de sûreté et définit des modifications.

À la suite d'une consultation du GPR à la fin de la phase générique du réexamen périodique, l'ASN se prononce sur les résultats des études de réévaluation et sur les modifications permettant les améliorations de sûreté envisagées par EDF.

L'ASN communique au ministre chargé de la sûreté nucléaire son analyse du rapport de conclusions du réexamen de chaque réacteur, mentionné à l'article L. 593-19 du code de l'environnement, et peut édicter de nouvelles prescriptions pour encadrer la poursuite de son fonctionnement.

2.10 Le réacteur EPR de Flamanville 3

Le réacteur EPR est un réacteur à eau sous pression qui s'appuie sur une conception en évolution par rapport à celle des réacteurs actuellement en fonctionnement en France, lui permettant ainsi de répondre à des objectifs de sûreté renforcés.

Après une période d'une dizaine d'années sans construction de réacteur nucléaire en France, EDF a déposé en mai 2006, auprès des ministres chargés de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, une demande d'autorisation de création d'un réacteur de type EPR, appelé Flamanville 3, d'une puissance de 1 650 MWe, sur le site de Flamanville, déjà équipé de deux réacteurs d'une puissance de 1 300 MWe.

Le Gouvernement en a autorisé la création par le décret n° 2007-534 du 10 avril 2007, après un avis favorable rendu par l'ASN à l'issue de l'instruction réalisée avec ses appuis techniques.

Après la délivrance de ce décret d'autorisation de création et du permis de construire, la construction du réacteur 3 de Flamanville a débuté au mois de septembre 2007. Les premiers coulages du béton pour les bâtiments de l'îlot nucléaire ont eu lieu en décembre 2007. Depuis, les travaux de génie civil (gros œuvre) se sont poursuivis et sont désormais quasiment terminés. En 2015, EDF a achevé la mise en précontrainte de l'enceinte interne et la réalisation du génie civil de l'enceinte externe. La mise en place des composants (réservoirs, canalisations, pompes, câbles et armoires électriques et de contrôle-commande...) est désormais largement avancée. En 2015, les derniers composants constitutifs du circuit primaire ont été installés et les soudures des tuyauteries de ce circuit ont été en partie réalisées.

D'après EDF, le chargement du combustible et le démarrage du réacteur de Flamanville 3 sont prévus fin 2018.

2.10.1 Les étapes jusqu'à la mise en service du réacteur Flamanville 3

En application du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 (voir chapitre 3, point 3.1.3), l'introduction du combustible nucléaire dans le périmètre de l'installation et la mise en service de cette dernière sont soumises à l'autorisation de l'ASN. La mise en service partielle correspond à la réception du combustible nucléaire dans le périmètre de l'installation nucléaire de base et, pour un réacteur nucléaire, la mise en service de l'installation correspond à l'introduction du combustible nucléaire dans la cuve du réacteur.

Conformément à l'article 20 de ce même décret et à l'article 3 du décret d'autorisation de création de Flamanville 3, l'exploitant doit adresser à l'ASN, au plus tard 12 mois avant la date prévue pour la mise en service, et au plus

tard six mois avant l'introduction du combustible dans le périmètre de l'INB, un dossier comprenant le rapport de sûreté, les règles générales d'exploitation, une étude sur la gestion des déchets de l'installation, le plan d'urgence interne, le plan de démantèlement et une mise à jour de l'étude d'impact de l'installation. Ces demandes ont été transmises par EDF à l'ASN en mars 2015 (voir point 3.3) et ont fait l'objet d'observations et demandes de compléments par l'ASN formulées par lettres des 12 juin et 13 juillet 2015 (disponibles sur www.asn.fr).

En parallèle avec l'instruction des demandes d'autorisations de mise en service et de mise en service partielle, l'ASN assure également le contrôle de la construction, des tout premiers essais de démarrage de l'installation et de la préparation des équipes en charge du fonctionnement de l'installation après sa mise en service.

Enfin, l'ASN procède à l'évaluation de la conformité des équipements sous pression nucléaires les plus importants pour la sûreté aux exigences fixées par la réglementation. En outre, conformément à l'article 9 de l'arrêté du 10 novembre 1999 relatif à la surveillance de l'exploitation des circuits primaire et secondaires des REP, EDF a débuté la réalisation de la « visite complète initiale » afin de s'assurer, avant le chargement du combustible, notamment, de la faisabilité de la maintenance prévue lors de l'exploitation. L'ASN contrôle la réalisation d'essais non destructifs effectués à ce titre sur le site de Flamanville.

2.10.2 Le contrôle de la construction, des essais de démarrage et de la préparation au fonctionnement

Les enjeux du contrôle de la construction, des essais de démarrage et de la préparation au fonctionnement de Flamanville 3 sont multiples pour l'ASN. Il s'agit :

- de contrôler la qualité d'exécution des activités de fabrication des équipements et de réalisation de l'installation de manière proportionnée aux enjeux de sûreté, de radioprotection et de protection de l'environnement, afin de pouvoir se prononcer sur l'aptitude de l'installation à répondre aux exigences définies ;
- de capitaliser l'expérience acquise par chacun des acteurs au cours de la construction de ce nouveau réacteur ;
- de s'assurer que le programme des essais de démarrage est satisfaisant, correctement mis en œuvre et que les résultats attendus sont obtenus ;
- de veiller à la bonne préparation des équipes en charge du fonctionnement de l'installation après sa mise en service.

Pour cela, l'ASN a fixé des prescriptions relatives à la conception, à la construction et aux essais de démarrage de Flamanville 3 et à l'exploitation des deux réacteurs de Flamanville 1 et 2 à proximité du chantier. S'agissant d'un réacteur électronucléaire, l'ASN est également chargée de l'inspection du travail sur le chantier de la construction. Enfin, l'ASN assure le contrôle de la fabrication des équipements sous pression nucléaires qui feront partie des circuits primaire et secondaires de la chaudière nucléaire.



Levée des générateurs de vapeur.

Les principales actions de l'ASN en la matière en 2015 sont décrites au point 3.3.

2.10.3 La coopération avec les autorités de sûreté nucléaire étrangères

De manière à partager l'expérience avec d'autres autorités de sûreté nucléaire, l'ASN multiplie les échanges techniques autour du contrôle de la conception, de la construction et de l'exploitation des nouveaux réacteurs avec ses homologues étrangères.

Les relations bilatérales

L'ASN entretient des relations privilégiées avec les autorités de sûreté nucléaire étrangères afin de bénéficier des expériences passées ou en cours liées aux procédures d'autorisation et au contrôle de la construction de nouveaux réacteurs. Ces relations ont débuté dès 2004 avec l'autorité de sûreté nucléaire finlandaise (STUK, *Säteilyturvakeskus*) dans la perspective de construction de réacteurs de type EPR sur les sites d'Olkiluoto (Finlande) et Flamanville (France). Depuis, une coopération renforcée existe entre STUK et l'ASN. En 2015, une réunion technique d'avancement des deux projets s'est tenue en France et une visite du chantier de Flamanville 3 a été organisée.

En 2015, l'ASN et l'autorité de sûreté nucléaire chinoise (NNSA, *National Nuclear Safety Administration*) se sont rencontrées

en Chine, où deux réacteurs de type EPR sont en cours de construction. Au cours de cette rencontre, les avancements respectifs de l'instruction des autorisations de demande de mise en service ont été présentés et des perspectives de coopération entre les deux pays ont aussi été identifiées pour les années à venir, notamment pour ce qui concerne le suivi des résultats des essais de démarrage ou celui des suites de l'instruction de l'anomalie affectant le couvercle et la cuve de Flamanville 3. Par ailleurs, l'ASN a rencontré la NNSA en France spécifiquement sur ce dernier sujet.

En 2015, l'ASN a accueilli des experts de l'autorité de sûreté nucléaire britannique (ONR, *Office for Nuclear Regulation*) afin d'échanger sur le contrôle de la fabrication des équipements sous pression nucléaires destinés aux réacteurs EPR de Flamanville et de Hinkley Point C (Royaume-Uni).

Ces trois autorités de sûreté, STUK, NNSA et ONR, ont été invitées par l'ASN pour assister aux échanges du groupe permanent d'experts sur l'anomalie affectant la cuve du réacteur EPR de Flamanville.

Une coopération multinationale

Certaines structures internationales, telles que l'AEN ou l'association WENRA des responsables d'autorités de sûreté de l'Europe de l'Ouest, offrent également l'occasion d'échanger sur les pratiques et les enseignements du contrôle de la construction d'un réacteur.

L'ASN est membre du *Multinational Design Evaluation Programme* (MDEP) dédié à l'évaluation de la conception des nouveaux réacteurs (voir chapitre 7, point 3.3). Dans ce cadre, l'ASN a notamment participé en 2015 aux travaux du groupe de travail dédié à la conception détaillée de l'EPR. Avec l'appui de l'IRSN, l'ASN a participé aux travaux relatifs aux accidents graves, au contrôle-commande, aux études probabilistes de sûreté et à la modélisation des accidents et des transitoires. Le groupe plénier s'est également réuni deux fois. L'ASN participe également aux travaux du *Vendors Inspection Cooperation Working Group* de MDEP qui s'est réuni deux fois en 2015, en Chine et à l'ASN. Dans ce cadre, l'ASN a plus particulièrement contribué à la définition d'une liste de bonnes pratiques d'inspection de fournisseurs de matériels destinés aux centrales nucléaires et à la préparation d'une inspection multinationale, prévue en 2016.

Par ailleurs, l'ASN participe également aux travaux du *Working group on regulation of new reactors* qui est un groupe technique du *Committee on Nuclear Regulatory Activities* (CNRA) de l'Agence de l'énergie nucléaire (AEN, voir chapitre 7, point 3.2). Les travaux correspondants ont notamment abouti à la création d'une base de données enregistrant les anomalies et écarts observés au cours des dernières constructions. L'ASN contribue à alimenter cette base de données avec des écarts relevés sur Flamanville 2.

Pour l'ASN, ces échanges internationaux sont un des moteurs de l'harmonisation des exigences de sûreté et des pratiques de contrôle.

2.11 Les études sur les réacteurs du futur

Le CEA mène depuis 2000, en partenariat avec EDF et Areva, des réflexions sur les réacteurs de quatrième génération, notamment dans le cadre de coopérations internationales au sein du forum international génération IV (« *Generation IV International Forum* » – GIF). Les six filières faisant l'objet de travaux au sein de ce forum sont les suivantes :

- RNR-Na ou SFR : réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium ;
- RNR-G ou GFR : réacteurs à neutrons rapides refroidis au gaz ;
- HTR/VHTR : réacteurs à neutrons thermiques, à haute (850 °C) ou très haute (1 000 °C) température, refroidis au gaz ;
- LFR : réacteurs à neutrons rapides refroidis au plomb ;
- MSR : réacteurs à neutrons thermiques à sels fondus ;
- SCWR : réacteurs à neutrons thermiques à eau supercritique.

Pour leurs promoteurs, le principal enjeu des réacteurs de quatrième génération est d'assurer un développement durable de l'énergie nucléaire en améliorant l'utilisation des ressources naturelles, en réduisant la production de déchets radioactifs, en améliorant la sûreté (réduction du risque de fusion du cœur et amélioration de la protection de la population) et en offrant une meilleure résistance face aux risques en matière de sécurité, de prolifération ou de terrorisme. Pour leurs promoteurs, le déploiement industriel des réacteurs de quatrième génération est envisagé en France au plus tôt au milieu du XXI^e siècle. Il nécessite en préalable la réalisation d'un prototype dont l'échéance de mise en exploitation est fixée à 2020 par la loi du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs (voir chapitre 16, point 1.1).

Dans cette perspective à la fois de moyen et de long terme, l'ASN souhaite suivre, à un stade très en amont de la procédure réglementaire, le développement de la quatrième génération de réacteurs par les industriels français et les perspectives de sûreté associées, à l'instar de ce qui a été réalisé pour le développement de l'EPR, afin de se mettre en position de définir, le moment venu, les objectifs de sûreté à atteindre pour ces futurs réacteurs. Pour l'ASN, la quatrième génération de réacteurs devra répondre à des objectifs de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement renforcés. En particulier, l'ASN considère que les réacteurs de quatrième génération devront présenter un niveau de sûreté significativement supérieur à celui des réacteurs de troisième génération représentés en France par l'EPR.

L'ASN souligne l'importance qu'elle accorde à la justification du point de vue de la sûreté du choix d'une filière par rapport aux autres retenues par le GIF. Dans ce contexte et sur la base des documents transmis par le CEA, Areva et EDF en 2009 et 2010 à sa demande, l'ASN

a sollicité l'avis du GPR, ainsi que des groupes permanents en charge des usines (GPU) et des déchets (GPD), sur le panorama des différentes technologies de réacteurs envisagées pour la quatrième génération de réacteurs, vis-à-vis, d'une part, des perspectives de renforcement des objectifs de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement, d'autre part, des possibilités de séparation et de transmutation des éléments radioactifs à vie longue mentionnées par la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. Les groupes permanents ont rendu un avis en avril 2014 sur ces sujets. L'ASN prendra position en 2016 sur les objectifs et orientations de la quatrième génération de réacteurs.

En parallèle, le CEA s'est engagé dans les études d'un prototype de réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium (RNR-Na): le projet Astrid (*Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration*). Mi-2012, le CEA a transmis à l'ASN le dossier d'orientations de sûreté (DOrS) du prototype Astrid. Le dossier d'orientations de sûreté a fait l'objet d'une prise de position de l'ASN en avril 2014 (voir chapitre 14).

2.12 Le droit du travail dans les centrales nucléaires

L'ASN exerce les missions d'inspection du travail dans les dix-neuf centrales nucléaires de production d'électricité en fonctionnement, les sept réacteurs en démantèlement et le réacteur EPR en construction à Flamanville. L'effectif travaillant dans une centrale nucléaire varie de 800 à 2 000 personnels d'EDF et prestataires permanents, auxquels s'ajoute un nombre important de prestataires et sous-traitants participant à la maintenance lors des arrêts de réacteurs.

La santé, la sécurité, les conditions de travail et la qualité de l'emploi des salariés d'EDF ou des sous-traitants bénéficient ainsi, de même que la sûreté des installations, d'un contrôle par l'ASN.

L'inspection du travail a pour mission de veiller à l'application de l'ensemble du code du travail par les employeurs, qu'il s'agisse d'EDF ou des entreprises prestataires. Son contrôle s'applique dans les domaines de la santé, de la sécurité et des conditions de travail des salariés: exposition aux rayonnements ionisants, aux risques classiques dans toute activité industrielle (risques liés aux installations électriques, aux équipements sous pression, aux produits chimiques, aux risques d'explosion et d'asphyxie, aux travaux en hauteur ou à la manutention de charges lourdes), mais également en matière de durée du travail, de fonctionnement des instances représentatives du personnel, de conditions de recours à la sous-traitance, etc.

Depuis 2009, les liens entre les actions menées au titre de l'inspection du travail et les autres activités de contrôle des

centrales nucléaires se consolident pour contribuer à la vision intégrée du contrôle recherchée par l'ASN. C'est le cas en particulier pour la radioprotection, la sous-traitance ou les facteurs organisationnels et humains (FOH).

Au 31 décembre 2015, l'ASN dispose pour les missions d'inspection du travail de :

- douze inspecteurs du travail dont deux à temps plein et trois en cours de formation, affectés dans ses divisions territoriales, au plus près des sites ;
- un directeur du travail au niveau central, chargé d'animer et coordonner le réseau des inspecteurs du travail et d'assurer l'interface avec le ministère chargé du travail. La convention avec la Direction générale du travail du ministère chargé du travail, renouvelée en 2015, est déclinée en région par des conventions entre les divisions de l'ASN et les Directions régionales des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (Direccte).

2.13 La radioprotection des personnels

L'exposition aux rayonnements ionisants dans un réacteur électronucléaire provient de l'activation des produits de corrosion (majoritairement) et des produits de fission du combustible. Tous les types de rayonnements sont présents (neutrons, α , β et γ), avec un risque d'exposition externe et interne. Dans la pratique, plus de 90 % des doses proviennent des expositions externes aux rayonnements β et γ . Les expositions sont principalement liées aux opérations de maintenance lors des arrêts de réacteurs.

L'ASN contrôle le respect de la réglementation relative à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés aux rayonnements ionisants dans les centrales nucléaires. À ce titre, l'ASN s'intéresse à l'ensemble des travailleurs évoluant sur les sites, tant le personnel EDF que les prestataires.

Ce contrôle est réalisé lors d'inspections (spécifiquement sur le thème de la radioprotection, une à deux fois par an et par site, lors des arrêts des réacteurs, à la suite d'incidents ou plus ponctuellement dans les services centraux et centres d'ingénierie d'EDF) et à l'occasion de l'instruction de dossiers relatifs à la radioprotection des travailleurs (événements significatifs, dossiers de conception, de maintenance ou de modification, documents d'application de la réglementation élaborés par EDF...), avec, le cas échéant, l'appui de l'expertise technique de l'IRSN.

Enfin, des réunions périodiques ont lieu entre l'ASN, l'IRSN et EDF afin de contrôler l'avancement des projets techniques ou organisationnels ou de confronter l'analyse de l'ASN à celle de l'exploitant notamment au travers de bilans annuels et d'identifier des voies de progrès possibles.

2.14 L'impact environnemental et sanitaire des centrales nucléaires

2.14.1 La révision des prescriptions relatives aux prélèvements et aux rejets

Le code de l'environnement donne compétence à l'ASN pour définir les prescriptions relatives aux prélèvements d'eau et aux rejets d'effluents des installations nucléaires de base (voir chapitre 4, point 4.1.1).

À l'occasion des renouvellements ou de modifications de ces prescriptions, l'ASN fixe les valeurs limites d'émission, de prélèvement d'eau et de rejet d'effluents sur la base des meilleures techniques disponibles dans des conditions techniquement et économiquement acceptables en prenant en considération les caractéristiques de l'installation, son implantation et les conditions locales de l'environnement.

L'ASN fixe également les règles applicables à la gestion et à la surveillance des rejets d'effluents, aux prélèvements d'eau, à la surveillance de l'environnement et à l'information du public et des autorités (voir chapitre 4, point 4.1).

Pour fixer ces règles, l'ASN se fonde sur le retour d'expérience de l'ensemble des réacteurs, tout en prenant en compte les évolutions de l'exploitation (changement du conditionnement des circuits, traitement antitartre, traitements biocides...) et de la réglementation de niveau supérieur.



À NOTER

L'impact radiologique des rejets

L'impact radiologique calculé des rejets maximaux figurant dans les dossiers d'EDF sur le groupe de population le plus exposé reste toujours très en deçà de la limite dosimétrique admissible pour le public (1 mSv/an).

La dose efficace annuelle délivrée au groupe de référence de la population (groupe soumis à l'impact radiologique maximal) est ainsi estimée entre quelques microsieverts et quelques dizaines de microsieverts par an, selon le site considéré. Cette exposition représente moins de 0,1 % de la dose totale moyenne à laquelle la population française est exposée (voir chapitre 1).

2.14.2 Le contrôle de la gestion des déchets

La gestion des déchets radioactifs produits par les centrales nucléaires s'inscrit dans le cadre général de la gestion des déchets produits par toute INB, présenté au chapitre 16. Pour l'ensemble des déchets, radioactifs ou non, l'ASN examine le référentiel de l'exploitant tel que demandé par

la réglementation, comme décrit au point 3.5.1 du chapitre 3. Ce document comprend notamment un récapitulatif des déchets produits, de leurs quantités et de leurs modalités de gestion, le « zonage déchets », et la description des solutions d'élimination existantes.

Chaque site envoie annuellement à l'ASN les détails de sa production de déchets et des filières d'élimination, une comparaison avec les années précédentes, un bilan des écarts constatés et de l'organisation du site, les faits marquants survenus et les perspectives futures. Conformément à la réglementation, EDF procède à une gestion à la source des déchets en distinguant notamment les déchets issus de zones nucléaires des autres. La stratégie de gestion des déchets d'EDF est en cours d'instruction par l'ASN (voir chapitre 16). L'exploitant et l'ASN tiennent des réunions régulières, en vue d'échanger sur les affaires liées aux déchets et sur la gestion de ceux-ci, notamment au travers de bilans annuels.

Ces éléments, ainsi que des inspections au cours desquelles les inspecteurs passent en revue l'organisation du site en matière de gestion des déchets, constituent la base utilisée par l'ASN pour contrôler la gestion des déchets produits par les centrales nucléaires d'EDF et le respect de la réglementation.

2.14.3 Le renforcement de la protection contre les autres risques et nuisances

Certains circuits de refroidissement des centrales nucléaires constituent des milieux favorables au développement des légionelles et des amibes (voir point 1.4). L'ASN impose donc des niveaux maximaux de concentration en légionelles pour les circuits de refroidissement équipés de tours aéroréfrigérantes et de concentration en amibes *Naegleria fowleri* en aval du rejet dans l'environnement, ainsi que des exigences en matière de surveillance des installations.

L'ASN suit avec attention, au travers des dossiers instruits et de ses contrôles sur le terrain, l'avancement des dispositions préventives ou curatives mises en œuvre par EDF pour réduire le risque de prolifération de ces micro-organismes et les résultats associés à ces actions, y compris les rejets chimiques induits par les traitements biocides.

Un projet de décision relative à la prévention des risques microbiologiques liés aux installations de refroidissement du circuit secondaire des réacteurs électronucléaires est en cours de préparation pour faire évoluer cette réglementation de manière cohérente avec celle des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Il a été soumis à la consultation du public sur le site Internet de l'ASN du 2 mars au 4 mai 2015. Ce projet de décision devra être présenté, en 2016, au Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques (CSPRT) (voir chapitre 2, point 2.4.3) et sera soumis à une homologation ministérielle.

Enfin, les actions engagées par EDF pour permettre le fonctionnement des groupes frigorifiques avec des fluides frigorigènes ayant un plus faible potentiel de réchauffement global sont bien avancées. La gestion des groupes frigorifiques ne permet cependant pas à ce jour d'éliminer le risque de rejets incidentels de ces fluides dans l'atmosphère.

3. L'ACTUALITÉ DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE LA RADIOPROTECTION

3.1 Le retour d'expérience de l'accident de Fukushima

À la suite de l'accident de Fukushima, l'ASN a pris un ensemble de décisions en date du 5 mai 2011 demandant aux exploitants d'installations nucléaires importantes de procéder à des ECS, au regard de cet accident.

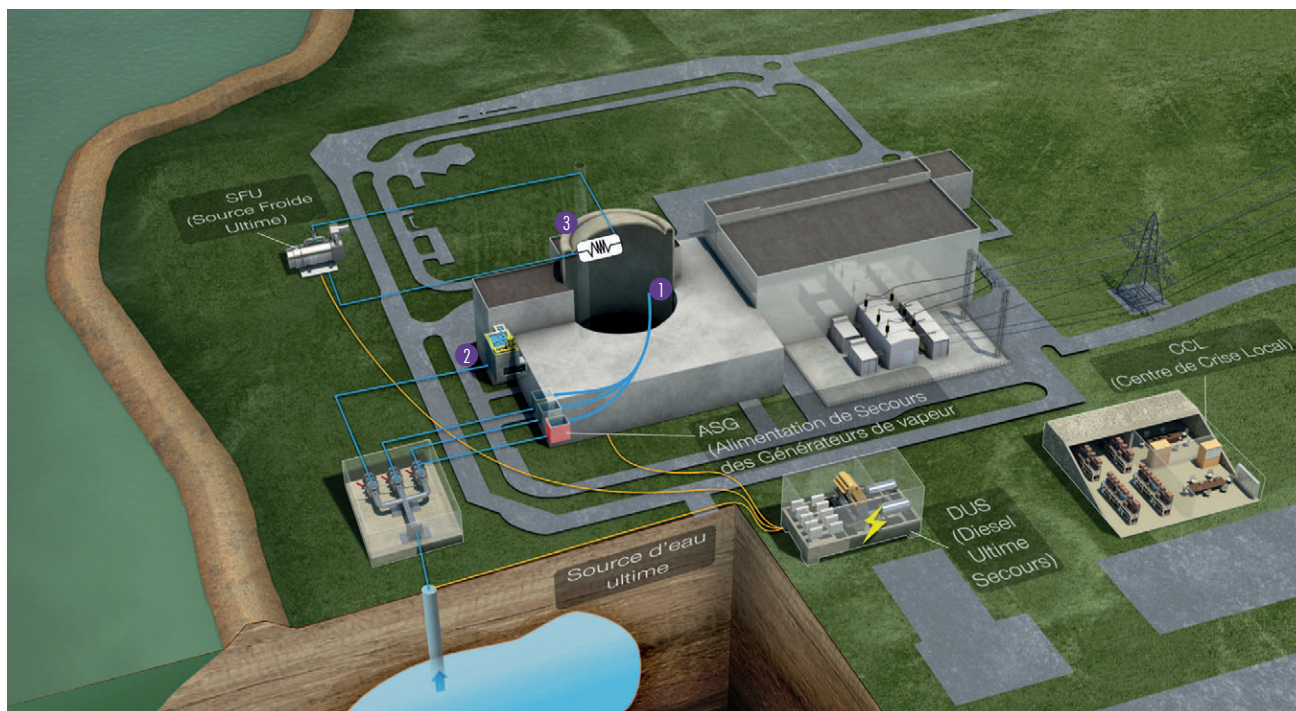
Le résultat de ces ECS a été présenté aux groupes permanents réacteurs et laboratoires et usines réunis les 8, 9, 10 novembre 2011 et a fait l'objet d'une position

de l'ASN le 3 janvier 2012. Cette position a elle-même fait l'objet d'un examen dans le cadre des stress tests européens, qui se sont achevés en avril 2012.

Sur la base de l'avis du groupe permanent et des conclusions des *stress tests* européens, l'ASN a pris un ensemble de décisions en date du 26 juin 2012 demandant à EDF de mettre en place :

- un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles visant, en cas d'agression externe extrême, à :
 - prévenir un accident avec fusion du combustible ou en limiter la progression ;
 - limiter les rejets radioactifs massifs ;
 - permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une situation d'urgence ;
- un centre de crise local, permettant de gérer une situation d'urgence sur l'ensemble du site nucléaire en cas d'agression externe extrême ;
- une force d'action rapide nucléaire (FARN) permettant, sur la base de moyens mobiles extérieurs au site, d'intervenir sur un site nucléaire en situation pré-accidentelle ou accidentelle ;
- un ensemble d'actions correctives ou d'améliorations, notamment l'acquisition de moyens de communication et de protection radiologique complémentaires, la mise en place d'instrumentations complémentaires, la prise en compte de risques d'agression internes et externes de manière étendue, le renforcement de la prise en compte des situations d'urgence.

LE PRINCIPE du « noyau dur »



- ① refroidissement du réacteur
- ② refroidissement de la piscine
- ③ refroidissement du bâtiment réacteur

EDF a respecté l'ensemble des échéances réglementaires et ses engagements.

Toutefois, l'ASN a complété ses demandes par un ensemble de décisions en date du 21 janvier 2014 visant à préciser certaines dispositions de conception du « noyau dur ».

Les demandes de l'ASN s'inscrivent dans un processus d'amélioration continue de la sûreté et visent à faire face à des situations très au-delà des situations habituellement retenues pour ce type d'installation. Elles portent sur des mesures de prévention et de limitations des conséquences d'un accident pour l'ensemble des installations d'un site, au-delà de leurs conditions de conception initiales. Elles requièrent à la fois des moyens fixes complémentaires et des moyens mobiles externes. Ces demandes se distinguent, dans le contexte international, par l'ampleur des dispositions retenues à la suite de l'accident de Fukushima.

Compte tenu de la nature des travaux demandés, il est nécessaire que l'exploitant procède à des études de conception, de construction et d'installation de nouveaux équipements qui nécessitent, d'une part, des délais, d'autre part, une planification pour optimiser leur mise en place dans chacune des centrales. En effet, dans la mesure où ces travaux importants se déroulent sur des sites nucléaires en exploitation, il est aussi nécessaire de veiller à ce que leur réalisation ne dégrade pas la sûreté des centrales.

Pour prendre en compte les contraintes liées à l'ingénierie de ces grands travaux mais aussi au besoin d'apporter au plus tôt les améliorations consécutives à l'accident de Fukushima, leur mise en place est prévue en trois phases :

Phase 1 (2012-2015)

Mise en place de dispositions temporaires ou mobiles visant à renforcer la prise en compte des situations principales de perte totale de la source froide ou de perte des alimentations électriques.

À la fin 2015, EDF avait déployé les dispositions prévues.

Phase 2 (2015-2020)

Mise en œuvre des moyens définitifs de conception et d'organisation robustes vis-à-vis d'agressions extrêmes visant à faire face aux situations principales de perte totale de la source froide ou de perte des alimentations électriques au-delà des référentiels de sûreté en vigueur. Les mesures les plus importantes sont :

- la mise en place d'un diesel d'ultime secours de grande capacité nécessitant la construction d'un bâtiment dédié ;
- la mise en place d'une source d'eau ultime ;
- la mise en place d'un dispositif d'appoint d'eau ultime pour chaque réacteur et chaque piscine d'entreposage du combustible ;
- le renforcement de la tenue sismique du filtre de l'évent de l'enceinte de confinement ;

- la construction sur chaque site d'un centre de crise local capable de résister à des agressions externes extrêmes (fonctionnellement autonome en situation de crise).

EDF a déjà engagé la majorité des études nécessaires pour la mise en place de ces matériels. Toutefois les discussions sont toujours en cours sur l'échéancier de mise en place de ces dispositions pour chacun des réacteurs d'EDF et l'ASN prendra position sur ce sujet en 2016.

Phase 3 (à partir de 2019)

Cette phase viendra compléter la phase 2 notamment pour permettre la prise en compte d'autres scénarios d'accidents potentiels. Les mesures les plus importantes sont :

- l'évacuation de la puissance résiduelle par les GV au moyen d'un circuit d'alimentation de secours ultime et indépendant, alimenté par la source d'eau ultime ;
- l'ajout d'une nouvelle pompe d'appoint au circuit primaire ;
- l'achèvement des raccordements par des circuits fixes de l'alimentation de secours des GV, du réservoir d'eau de refroidissement PTR et de la piscine de désactivation du combustible ;
- la mise en place d'un système de contrôle commande ultime et de l'instrumentation définitive du « noyau dur » ;
- la mise en place d'un système ultime de refroidissement de l'enceinte ne nécessitant pas l'ouverture de l'évent filtré de l'enceinte de confinement en cas d'accident grave ;
- la mise en place d'une solution de noyage du puits de cuve pour prévenir la traversée du radier par le corium.

Ces deux derniers points nécessitent encore des études de faisabilité de la part d'EDF. Les discussions sur l'échéancier de mise en place des dispositions de la phase 3 pour chacun des réacteurs d'EDF sont en cours et l'ASN prendra position sur ce sujet en 2016.

3.2 L'examen de la poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires

L'exploitant d'une installation nucléaire doit procéder à un réexamen périodique de son installation tous les dix ans (voir point 2.9.4).

Les réacteurs du palier 900 MWe

Le réexamen périodique associé aux troisièmes visites décennales

En juillet 2009, l'ASN a pris position sur les aspects génériques de la poursuite du fonctionnement des réacteurs de 900 MWe au-delà de trente ans. L'ASN n'a pas identifié d'élément générique mettant en cause la capacité d'EDF à maîtriser la sûreté des réacteurs de 900 MWe jusqu'au prochain réexamen périodique. L'ASN considère que le nouveau référentiel de sûreté présenté dans le rapport de sûreté générique des réacteurs de 900 MWe

et les modifications de l'installation envisagées par EDF sont de nature à maintenir et à améliorer le niveau de sûreté global de ces réacteurs.

Cette appréciation générique ne tenant pas compte d'éventuelles spécificités individuelles, l'ASN se prononce sur l'aptitude à la poursuite du fonctionnement de chaque réacteur, en s'appuyant notamment sur les résultats des contrôles réalisés dans le cadre de l'examen de conformité du réacteur lors de la troisième visite décennale et sur l'évaluation du rapport de réexamen périodique du réacteur remis par EDF.

En 2015, quatre réacteurs ont intégré les améliorations issues du réexamen périodique dans le cadre de leur troisième visite décennale, portant à 27 sur 34 le nombre de réacteurs du palier 900 MWe ayant effectué leur troisième visite décennale.

L'ASN a par ailleurs transmis en 2015 à la ministre chargée de la sûreté nucléaire son analyse des rapports de conclusions du réexamen des réacteurs 2 et 3 du Tricastin. Sur la base de cette analyse, l'ASN n'a pas identifié d'élément mettant en cause la capacité d'EDF à maîtriser la sûreté de ces deux réacteurs de 900 MWe jusqu'au prochain réexamen périodique. En application de l'article L. 593-19 du code de l'environnement, l'ASN a édicté à cette occasion des prescriptions complémentaires visant à renforcer la sûreté de ces réacteurs.

Le réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales

La poursuite de fonctionnement des réacteurs nucléaires au-delà de leur quatrième visite décennale revêt une importance particulière à plusieurs titres :

- la période de quarante années d'exploitation correspond aux hypothèses initiales de dimensionnement d'un certain nombre de matériels, notamment en ce qui concerne leur aptitude à fonctionner en condition accidentelle (qualification). Les études portant sur la conformité des installations et la maîtrise du vieillissement des matériels doivent donc être réexaminées en prenant en compte les mécanismes de dégradation réellement constatés et les stratégies de maintenance et de remplacement mises en œuvre par l'exploitant ;
- ce réexamen périodique est ensuite l'occasion de terminer l'intégration sur les réacteurs de 900 MWe des modifications prescrites à l'issue des ECS réalisées à la suite de l'accident de la centrale de Fukushima-Daiichi. Il s'agit des travaux de la phase 3 (voir point 3.1 sur Fukushima) ;
- enfin, le souhait d'EDF exprimé en 2010 de prolonger significativement la durée de fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans a été examiné par l'ASN. À cet horizon, les réacteurs du palier 900 MWe coexisteront avec des réacteurs de type EPR ou équivalent dont la conception répond à des exigences de sûreté significativement renforcées. La réévaluation de leur sûreté doit donc être réalisée au regard de ces nouvelles exigences de sûreté, de l'état de l'art en matière de technologies nucléaires et de la durée de fonctionnement visée par EDF.

Après avoir pris connaissance des demandes de l'ASN formulées en juin 2013 sur les orientations du programme générique d'études conduit par EDF en vue d'étendre la durée de fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans, EDF a élaboré et transmis en octobre 2013 son dossier d'orientations du réexamen périodique associé aux quatrièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe (DOR VD4 900). À la suite de demandes de compléments de la part de l'ASN en mars 2014, EDF a mis à jour son dossier.

L'ASN a examiné ce dossier avec l'appui de l'IRSN. Elle a sollicité en avril 2015 l'avis du GPR sur les orientations des études génériques envisagées par EDF sur les différents thèmes retenus dans le DOR VD4 900.

À la suite de la réunion du GPR, EDF a complété en juin 2015 son programme générique d'études par plusieurs actions et a précisé certaines de ses propositions.

L'ASN se prononcera en 2016 sur l'orientation des études génériques à mener pour préparer les quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs nucléaires, après avoir consulté le public sur les projets de demandes de compléments à adresser à EDF concernant son programme d'études et de vérifications.

Les réacteurs du palier 1 300 MWe

Le réexamen périodique associé aux deuxièmes visites décennales

L'ASN s'est prononcée favorablement en 2006 sur les aspects génériques de la poursuite de fonctionnement des réacteurs de 1 300 MWe jusqu'à leur troisième visite décennale, sous réserve de la réalisation effective des modifications décidées dans le cadre de ce réexamen.

Les 20 réacteurs de 1 300 MWe ont à ce jour tous effectué leur deuxième visite décennale et ont intégré les améliorations issues du réexamen périodique.

En application de l'article L. 593-19 du code de l'environnement, l'ASN a transmis sa position sur les deux réacteurs de Saint-Alban, les réacteurs 2 et 3 de Cattenom, les deux réacteurs de Nogent et le réacteur 1 de Penly et édicté à cette occasion des prescriptions complémentaires visant à renforcer la sûreté de ces réacteurs. Elle prépare actuellement sa position sur la poursuite du fonctionnement des autres réacteurs de 1 300 MWe.

Le réexamen périodique associé aux troisièmes visites décennales

L'ASN s'est prononcée début 2015 sur les aspects génériques de la poursuite du fonctionnement des réacteurs de 1 300 MWe au-delà de trente années de fonctionnement. L'ASN considère que les actions engagées ou prévues par EDF pour apprécier l'état de ses réacteurs de 1 300 MWe et maîtriser leur vieillissement jusqu'au réexamen périodique associé à leur quatrième visite décennale sont acceptables. L'ASN estime également que les modifications identifiées par EDF à l'issue de

cette phase d'études contribueront à améliorer significativement la sûreté de ces installations. Ces améliorations portent notamment sur le renforcement de la protection des installations contre les agressions, sur la réduction des rejets de substances radioactives en cas d'accident avec ou sans fusion du cœur et sur la prévention du risque de dénoyage des assemblages de combustible entreposés dans la piscine de désactivation ou en cours de manutention.

Le réacteur 2 de Paluel est le premier réacteur du palier 1 300 MWe à effectuer sa troisième visite décennale, qui a débuté en 2015.

Les réacteurs du palier 1 450 MWe

Le réexamen périodique associé aux premières visites décennales

Les études génériques et les modifications associées aux premiers réexamens périodiques des réacteurs de 1 450 MWe ont fait l'objet d'une position de l'ASN en 2012, qui demandait notamment des compléments à EDF pour démontrer le caractère suffisant, soit des études menées, soit des modifications apportées aux installations lors de leur première visite décennale, afin de répondre totalement aux objectifs fixés dans le cadre du réexamen périodique.

Les premières visites décennales se sont déroulées entre 2009 et 2012.

Les réponses d'EDF et les rapports de conclusions des réexamens périodiques des quatre réacteurs de 1 450 MWe sont en cours d'analyse et l'ASN envisage de transmettre sa position sur la poursuite de leur fonctionnement à la ministre chargée de la sûreté nucléaire en 2016.

Le réexamen périodique associé aux deuxièmes visites décennales

EDF a transmis en 2011 ses propositions d'orientations du programme générique d'études du réexamen périodique associé aux deuxièmes visites décennales des réacteurs de 1 450 MWe. Après consultation du GPR en 2012, EDF a complété son programme générique d'études par plusieurs actions et a affiné certaines de ses propositions. L'ASN s'est prononcée en février 2015 sur les orientations du réexamen associé aux deuxièmes visites décennales des réacteurs de 1 450 MWe. L'ASN considère notamment que les objectifs de sûreté à retenir pour le réexamen VD2 N4 devront être définis au regard des objectifs applicables aux nouveaux réacteurs et a demandé à EDF d'étudier dans les meilleurs délais les dispositions susceptibles de répondre à cette exigence, dans l'objectif de les mettre en œuvre dès les deuxièmes visites décennales des réacteurs du palier N4.

Les deuxièmes visites décennales des réacteurs du palier 1 450 MWe sont programmées à partir de 2018 pour le réacteur de Chooz B2 et s'échelonnent jusqu'en 2022.

3.3 Le contrôle du réacteur EPR Flamanville 3

Le contrôle des activités d'ingénierie de Flamanville 3

L'ASN a réalisé en 2015 trois inspections dans les services d'ingénierie d'EDF en charge des études de conception détaillée de Flamanville 3, de la rédaction des dossiers de demande d'autorisation de mise en service partielle de Flamanville 3, de la définition des essais de démarrage à réaliser ou de la surveillance des fabrications chez les fournisseurs.

L'instruction de la demande d'autorisation de mise en service et de la demande d'autorisation de mise en service partielle de Flamanville 3

Le 19 mars 2015, l'ASN a reçu la demande d'autorisation de mise en service de Flamanville 3. L'ASN a mené avec l'IRSN, son appui technique, un examen préliminaire de cette demande pour vérifier si elle comportait les pièces exigées par la réglementation et si elle présentait les informations permettant une instruction technique complète. À l'issue de cet examen préliminaire, l'ASN a confirmé que l'ensemble des pièces exigées par la réglementation étaient formellement présentes mais a estimé que des informations supplémentaires devaient être apportées pour que l'ASN puisse statuer sur l'éventuelle autorisation de mise en service de Flamanville 3. Les compléments demandés concernent notamment la conformité de l'installation telle que réalisée au dossier déposé, le dimensionnement des systèmes ou les études d'accident.

L'ASN a cependant engagé l'instruction technique du dossier sur les sujets sur lesquels peu d'éléments manquaient. Certains sujets, tels que la justification de la corrélation de flux thermique critique, ont donné lieu à des demandes de l'ASN. Deux réunions du GPR ont ainsi été consacrées à Flamanville 3 en 2015 : l'une sur les moyens techniques, organisationnels et humains définis pour la conduite du réacteur en fonctionnement normal et en fonctionnement accidentel ; l'autre sur la gestion des accidents graves, leurs conséquences radiologiques et les études probabilistes de sûreté de niveau 2. L'ASN formulera prochainement les demandes résultant de ces réunions.

Par ailleurs, le 19 mars 2015, l'ASN a reçu la demande d'autorisation de mise en service partielle de Flamanville 3 nécessaire pour recevoir du combustible dans le périmètre de l'installation et réaliser certains tests. Un examen préliminaire de ce dossier a aussi été réalisé par l'ASN, qui a conclu que certains compléments étaient nécessaires, notamment pour l'évaluation des risques et nuisances qui pourraient résulter des essais utilisant des gaz traceurs radioactifs pour vérifier le bon fonctionnement de certains équipements de traitement des effluents.

Le contrôle des activités de construction sur le site de Flamanville 3

Sur le chantier de Flamanville 3, l'ASN a réalisé en 2015 vingt inspections consacrées au contrôle de la construction, de la réalisation des premiers essais de démarrage et de la préparation des équipes qui seront en charge de l'exploitation du réacteur. Celles-ci ont porté en particulier sur les thèmes techniques suivants :

- le génie civil, dont les activités relatives à la mise en précontrainte de l'enceinte interne du bâtiment réacteur, à la construction de l'anneau limonier situé en fond de piscine autour de la cuve du réacteur et celles relatives à la construction du futur centre de crise local ;
- les activités de montage mécanique, concernant notamment le circuit primaire principal du réacteur, la partie hydraulique et le moteur d'une pompe primaire, les circuits de sauvegarde du réacteur, le système de mesure du flux neutronique dans la cuve du réacteur ainsi que les équipements nécessaires au fonctionnement des groupes électrogènes de secours ;
- les activités de montage des systèmes électriques, dont les opérations de tirage de câbles dans les bâtiments ;
- les premiers essais de démarrage et l'organisation associée, en particulier pour les équipements localisés dans la station de pompage du réacteur et les équipements de ventilation des locaux ;
- les contrôles non destructifs des soudures notamment à l'occasion de la visite complète initiale du circuit primaire et la radioprotection des travailleurs ;
- l'organisation de l'équipe d'exploitation du futur réacteur Flamanville 3 pour l'élaboration de la documentation d'exploitation, la préparation à l'accueil du combustible et la prise en compte des facteurs organisationnels et humains ;
- l'impact environnemental du chantier ;
- la réception et l'installation des équipements sous pression non nucléaires.

Dans ses activités de contrôle du chantier, l'ASN a porté en 2015 une attention particulière aux sujets suivants :

- le maintien d'une stratégie de conservation des équipements et des structures présents sur le chantier jusqu'à la mise en service de Flamanville 3. En raison des reports annoncés par EDF pour la mise en service du réacteur, l'ASN veille à ce qu'EDF continue à apporter une attention particulière à la définition et au respect d'exigences associées à la conservation des équipements déjà installés et des structures construites. L'ASN examine régulièrement ce point lors de ses inspections en veillant notamment à la prise en compte des risques associés aux co-activités liées à l'intervention simultanée de plusieurs corps de métier dans les bâtiments ;
- le traitement par EDF d'écarts survenus lors des opérations de précontrainte. La mise en précontrainte conditionne le respect des exigences liées à la tenue de l'enceinte interne en situation accidentelle. Les opérations de mise en précontrainte ont donné lieu à des écarts concernant la mise en tension des câbles et le remplissage des gaines en coulis. L'ASN a été attentive à la mise en œuvre du plan d'action défini par EDF pour traiter ces écarts et empêcher leur renouvellement ;

- la poursuite des activités de montage du circuit primaire principal et le traitement de plusieurs écarts de réalisation. Ce circuit contient le cœur du réacteur et revêt à ce titre une importance de premier plan pour la sûreté. Pour ce qui concerne les activités d'EDF, l'ASN a examiné la surveillance exercée par EDF sur les intervenants extérieurs participant au montage du circuit primaire, et notamment son fabricant Areva NP. À ce titre, l'ASN veille notamment au respect des exigences de propreté des chantiers et à la gestion adéquate par EDF des co-activités à proximité des équipements ;
- la préparation et la réalisation des premiers essais de démarrage des équipements de ventilation et la prise en compte du retour d'expérience pour la poursuite des essais en station de pompage. Les essais de démarrage doivent contribuer à la démonstration que les structures, systèmes et composants du réacteur respectent les exigences qui leur sont assignées ;
- la préparation à l'exploitation du réacteur Flamanville 3 par l'entité d'EDF qui en sera chargée après sa construction. Cette entité est actuellement composée de plus de 400 agents. En vue de la mise en service du réacteur, EDF poursuit un processus permettant de transférer progressivement la responsabilité du fonctionnement des structures, systèmes et composants depuis l'entité en charge des activités de construction et des opérations de démarrage du réacteur vers l'entité en charge de son exploitation future. Les étapes de ce processus permettent aux futurs personnels d'exploitation de parfaire leurs compétences, de se familiariser avec les équipements du réacteur, d'élaborer la documentation d'exploitation et de développer les outils adéquats. À travers son contrôle, l'ASN vérifie si les futures équipes d'exploitation tirent profit du retour d'expérience et des meilleures pratiques mises en œuvre dans les centrales nucléaires d'EDF et si elles s'approprient au mieux le fonctionnement des matériels pendant la construction du réacteur et les essais de démarrage des systèmes.

L'inspection du travail sur le chantier de construction du réacteur Flamanville 3

Les actions menées par les inspecteurs du travail de l'ASN en 2015 ont consisté en :

- la réalisation de contrôles de sécurité sur le chantier ;
- la réponse à des sollicitations directes de la part de salariés ;
- la réalisation d'enquêtes consécutives à la survenue d'accidents du travail.

En 2015, les inspecteurs du travail de l'ASN ont également poursuivi leur action concernant les procédures judiciaires relatives à la lutte contre le travail illégal qui étaient en cours d'instruction.

Le contrôle de la fabrication des équipements sous pression nucléaires du réacteur Flamanville 3

Au cours de l'année 2015, l'ASN a poursuivi l'évaluation de la conformité des équipements sous pression

nucléaires (ESPN) des circuits primaire et secondaires principaux. Les fabrications sont terminées pour les gros équipements et sont engagées pour les robinets, vannes et clapets.

En 2010 et 2011, plusieurs non-conformités ont été détectées par Areva NP lors de la fabrication du couvercle de la cuve. Il s'agissait notamment de nombreux défauts dans les soudures des adaptateurs de cuve. Ces écarts ont nécessité qu'Areva NP procède à des réparations de grande ampleur qui ont débuté en 2013. Ces opérations de réparation se sont poursuivies en 2014 et en 2015 sous la surveillance renforcée de l'ASN. Les demandes de l'ASN ont conduit Areva NP à développer au cours de l'année 2013 une méthode plus performante de contrôle par ultrasons des soudures des adaptateurs de cuve. Celle-ci a été mise en œuvre en 2015. La réparation du couvercle de cuve s'est achevée en 2015.

Par ailleurs, fin 2014, Areva NP a informé l'ASN que des essais réalisés sur un couvercle représentatif de celui destiné à Flamanville 3 ont montré la présence d'une zone présentant une concentration importante

en carbone conduisant à des propriétés mécaniques plus faibles qu'attendues. Des mesures ont confirmé la présence de cette anomalie dans le couvercle et le fond de la cuve du réacteur EPR de Flamanville. À la suite de ces résultats, Areva NP a transmis à l'ASN un dossier présentant la démarche envisagée pour justifier du caractère suffisant des propriétés mécaniques du matériau, démarche qui s'appuie notamment sur un nouveau programme d'essais.

Sur le site de Flamanville, la construction de la chaudière nucléaire du réacteur EPR se réalise par séquences de montage successives pour lesquelles l'ASN, en liaison avec les organismes agréés pour l'évaluation de la conformité des équipements sous pression nucléaires, s'assure du respect des prérequis à ces opérations. Ces prérequis portent notamment sur la prise en compte des risques inhérents aux montages, sur les contrôles à effectuer sur site et sur l'organisation mise en place par EDF et Areva NP pour limiter les risques associés aux activités exercées à proximité par d'autres entreprises et assurer la propreté des aires de travail et des équipements assemblés.



COMPRENDRE

La cuve de l'EPR de Flamanville 3

L'ASN a rendu publique le 7 avril 2015 une information relative à une anomalie de la composition de l'acier au centre du couvercle et du fond de la cuve de l'EPR de Flamanville 3. Cette anomalie est liée à la présence d'une forte concentration en carbone qui conduit à des propriétés mécaniques moins bonnes qu'attendues.

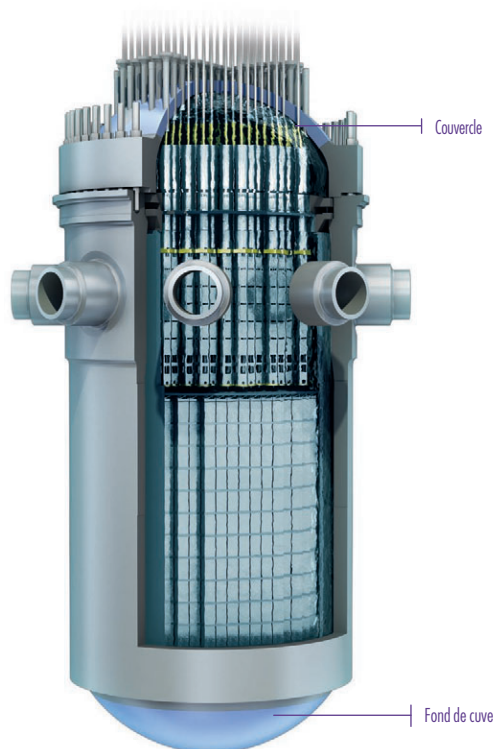
Areva a transmis à l'ASN un dossier présentant la démarche qu'elle envisage pour justifier le caractère suffisant des propriétés mécaniques du matériau utilisé dans la fabrication du couvercle et du fond de la cuve du futur réacteur EPR de Flamanville. Cette démarche s'appuiera notamment sur les résultats à venir d'un nouveau programme d'essais mécaniques et chimiques.

Après une instruction de ce dossier réalisée conjointement avec l'IRSN, l'ASN a réuni le 30 septembre 2015 le Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GPESPN). Des représentants du HCTISN, de l'Ancli et des autorités de sûreté étrangères concernées par la construction d'un réacteur EPR ont assisté à cette séance en tant qu'observateurs. Le GPESPN a remis à l'ASN un avis et ses recommandations.

Sur cette base, l'ASN a pris position le 12 décembre 2015 sur la démarche de justification des propriétés mécaniques du couvercle et du fond de la cuve de l'EPR de Flamanville 3 proposée par Areva.

Sous réserve de la prise en compte de ses observations et de ses demandes, l'ASN considère acceptable, dans son principe, la démarche proposée par Areva et ne formule pas d'objection au lancement du nouveau programme d'essais prévu.

Les résultats de ce nouveau programme d'essais seront un élément essentiel pour la prise de décision de l'ASN sur l'aptitude au service du couvercle et du fond de la cuve de l'EPR de Flamanville 3. Ce programme d'essais se déroulera sur plusieurs mois en 2016.



L'ASN et les organismes agréés procèdent dans ce cadre à l'examen de la documentation technique relative aux opérations de montage ainsi qu'à des actions de surveillance des opérations de montage ou de fabrication des équipements sous pression nucléaires qui sont réalisées sur site. L'ASN et les organismes agréés exigent d'Areva NP qu'il tire le retour d'expérience d'une séquence de montage avant d'engager la suivante. Cela a notamment été le cas après la découverte fin 2014 et en 2015 de défauts dans plusieurs soudures du circuit primaire. Ces défauts sont survenus lors des opérations de raccordement des générateurs de vapeur au circuit primaire d'une part et lors du soudage d'un tronçon de la ligne d'expansion du pressuriseur (LEP) d'autre part. Dans le premier cas, des investigations sont toujours en cours, sur l'origine des défauts de soudage détectés et les mesures correctives à mettre en place. Dans le deuxième cas, la soudure affectée a été réparée et le soudage des autres tronçons de la LEP s'est poursuivi. L'ASN a réalisé en 2015 trois inspections d'Areva NP portant sur le montage de la chaudière nucléaire et quatre inspections des organismes ou organes d'inspection agréés par l'ASN pour exercer une surveillance de ces activités. Par ailleurs ces organismes et organes d'inspection ont eux-mêmes conduit plusieurs centaines d'inspections en 2015.

Les opérations de montage de la chaudière nucléaire seront progressivement étendues, après vérification par l'ASN de la prise en compte de l'expérience acquise lors des activités réalisées.

3.4 Les autres faits marquants en 2015

3.4.1 Les faits marquants relatifs

au contrôle des équipements sous pression

Le remplacement des générateurs de vapeur destinés au réacteur 3 de la centrale nucléaire du Blayais

Fin 2014, après examen de la conception et de la fabrication des nouveaux générateurs de vapeur destinés au réacteur 3 de la centrale nucléaire du Blayais, l'ASN a constaté qu'Areva NP n'avait pas apporté toutes les justifications de sûreté requises.

L'ASN a donc demandé le 24 novembre 2014 à Areva NP et à EDF d'apporter des justifications de sûreté complémentaires. Celles-ci constituaient des préalables au montage puis à la mise en service de ces générateurs de vapeur.

Areva a depuis lors fourni des compléments permettant de lever ces préalables. L'ASN a ainsi établi, le 24 juillet 2015, les procès-verbaux d'évaluation de la conformité des trois générateurs de vapeur de remplacement du réacteur 3 de la centrale nucléaire du Blayais, permettant ainsi leur mise en service par EDF.

3.4.2 Les faits marquants en matière

d'inspection du travail

Le contrôle de la réglementation en matière de santé et de sécurité au travail

En matière de santé et de sécurité au travail, les contrôles de l'ASN en 2015 ont notamment porté sur les champs suivants :

- le suivi des activités de chantiers avec une attention particulière aux activités de levage et aux risques liés à la co-activité et aux travaux en hauteur ;
- l'utilisation de produits chimiques cancérigènes, mutagènes ou ayant un impact sur la reproduction, l'amiante ou encore les activités de soudage ;
- les dispositions de protection contre l'incendie, dans une approche intégrée et coordonnée des exigences pour la sûreté et des exigences du code du travail ;
- le retour d'expérience des opérations de remplacement de générateurs de vapeur du point de vue de la sécurité des travailleurs ;
- l'évaluation des risques et la prévention en préparation des opérations nécessitant une entrée à l'intérieur des générateurs de vapeur ou des bâtiments réacteurs en puissance ;
- les vérifications obligatoires des ponts polaires des bâtiments réacteur et des ponts lourds des bâtiments combustibles.

Les enquêtes en matière d'accidents du travail, systématiques en cas d'accidents graves, ont été peu fréquentes en 2015, et aucun accident mortel n'a été déploré.

Le contrôle de la durée du travail

En 2015, les inspecteurs du travail de l'ASN ont poursuivi les contrôles sur le respect de la réglementation relative au temps de travail ainsi qu'aux repos journaliers et hebdomadaires, principalement lors des périodes d'arrêt de réacteur. Ils ont encore constaté, pour certaines populations de techniciens et de cadres très sollicités par les activités menées en périodes d'arrêt de réacteur, des infractions concernant le respect des durées maximales de travail ainsi que des temps de repos. Des contacts sont établis avec les procureurs de la République concernés pour le suivi des procédures engagées.

La sous-traitance et les prestations de service internationales

L'ASN suit de près les procédures pénales engagées les années précédentes, notamment par des contacts réguliers avec les procureurs de la République. Les inspecteurs du travail ont également participé à plusieurs inspections en collaboration avec les inspecteurs de la sûreté nucléaire sur le thème de la qualité des interventions des prestataires. Des actions ont été menées en matière de contrôle des conditions de détachement des salariés d'entreprises étrangères.

Les procédures pénales engagées

L'inspection du travail de l'ASN a adressé aux différents parquets concernés quatre procès-verbaux dressés dans des centrales nucléaires en 2015.

3.4.3 Les faits marquants concernant la radioprotection des personnels

La réunion du Groupe permanent d'experts

Le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) s'est réuni à la demande de l'ASN afin de se prononcer sur la stratégie mise en œuvre par EDF pour limiter les doses collectives et individuelles de rayonnement ionisant reçues par les travailleurs dans ses centrales nucléaires en fonctionnement en France, notamment dans le cadre du projet de rénovation du parc nucléaire durant la période 2015-2025.

Les événements de contaminations significatives

Trois événements de contaminations significatives ont été déclarés en 2015 dans les centrales nucléaires exploitées par EDF. Ils concernent :

- la contamination au visage d'un intervenant prestataire affecté à des activités sur un échangeur du circuit de contrôle chimique et volumétrique du circuit primaire à la centrale nucléaire du Blayais, ayant entraîné une exposition supérieure à la limite réglementaire par centimètre carré de peau. Cet événement a été classé au niveau 2 sur l'échelle INES ;
- la contamination au visage d'un intervenant prestataire en charge de la vérification des cadenas de consignation des vannes sur le circuit de refroidissement de la piscine d'entreposage des assemblages de combustible à la centrale nucléaire de Gravelines, ayant entraîné une exposition supérieure au quart de la limite réglementaire par centimètre carré de peau. Cet événement a été classé au niveau 1 sur l'échelle INES ;
- la contamination au visage d'un intervenant prestataire par contact avec une corde contaminée au cours d'une activité de manutention de tôles de calorifuge à la centrale nucléaire de Nogent, ayant entraîné une exposition supérieure au quart de la limite réglementaire par centimètre carré de peau. Cet événement a été classé au niveau 1 sur l'échelle INES.

3.4.4 Les faits marquants concernant l'impact des centrales nucléaires sur l'environnement et les rejets

La révision des prescriptions encadrant les rejets et les prélèvements d'eau

En 2015, l'ASN a achevé l'instruction des dossiers relatifs aux prélèvements d'eau et aux rejets d'effluents des centrales nucléaires de Chinon et de Saint-Laurent-des-Eaux et poursuivi celles de Fessenheim, de Cruas et de Paluel.

À NOTER

Incident de niveau 2 à la centrale nucléaire du Blayais : irradiation d'un travailleur lors de l'arrêt programmé du réacteur 4

L'ASN a été informée le 21 août 2015 par EDF de l'exposition accidentelle d'un travailleur d'une entreprise prestataire d'EDF à une dose de rayonnements ionisants excédant une limite réglementaire.

Le 18 août, lors du contrôle réalisé avant sa sortie de zone contrôlée, une contamination a été détectée au niveau du menton de l'intervenant. Il avait auparavant été affecté à des activités de maintenance dans le cadre de la préparation de l'épreuve hydraulique d'un échangeur du circuit de contrôle volumétrique et chimique situé dans le bâtiment des auxiliaires de sûreté du réacteur 4 de la centrale nucléaire du Blayais.

L'intervenant a alors été pris en charge par le service de prévention des risques du site, qui a procédé aux opérations de décontamination. Au cours de celles-ci, la particule radioactive à l'origine de la contamination a été localisée puis immédiatement retirée. Le médecin du travail a ensuite évalué la dose reçue par le corps entier et la dose à la peau au niveau du menton.

Pour les travailleurs susceptibles d'être exposés aux rayonnements ionisants lors de leur activité professionnelle, les limites réglementaires annuelles de doses sont, pour 12 mois consécutifs, de 20 millisieverts pour le corps entier et de 500 millisieverts pour une surface de 1 cm² de la peau.

L'évaluation réalisée par EDF de la dose reçue par l'intervenant au niveau du menton atteint une valeur supérieure à la limite réglementaire à la peau. La dose que l'intervenant a reçue pour le corps entier est nettement inférieure à la limite réglementaire annuelle.

L'ASN a mené une inspection sur le site le 24 août 2015. Les inspecteurs ont vérifié qu'EDF et l'entreprise prestataire avaient pris toutes les mesures nécessaires pour gérer l'incident de manière adéquate et pour en analyser les causes.

En raison du dépassement de la limite réglementaire de dose annuelle à la peau, EDF a proposé à l'ASN le classement de cet événement au niveau 2 de l'échelle INES qui compte huit niveaux, de 0 à 7. L'ASN confirme le classement de cet incident au niveau 2.

Les décisions de l'ASN prises dans ce cadre (voir point 2.14.1) permettent d'encadrer des modifications apportées par EDF aux installations, comme l'évolution du conditionnement chimique du circuit secondaire ou la mise en place de traitements antitartre ou biocides des circuits de refroidissement (voir point 1.4) et de prendre en compte les évolutions de la réglementation.

L'ASN a également poursuivi l'instruction des dossiers d'EDF relatifs à la mise en place dans les centrales nucléaires de prélèvements d'eau visant à garantir un « appoint ultime » d'eau en cas d'accident, tel que prescrit par les évaluations complémentaires de sûreté « post-Fukushima » (voir point 3.1). L'ASN a notamment autorisé à titre temporaire

les centrales nucléaires de Chinon et de Dampierre-en-Burly à réaliser des essais de pompage en nappe phréatique afin de déterminer si celle-ci pourrait être utilisée pour cet appoint ultime en eau de refroidissement.

Enfin, l'ASN a autorisé le transfert d'eaux tièdes non radioactives issues des circuits de refroidissement de la centrale nucléaire de Gravelines au terminal méthanier de Dunkerque.

Respect des limites de rejet

Un dépassement du flux annuel autorisé pour le cuivre a été observé pour l'année 2014 à la centrale nucléaire de Cattenom. L'ASN a mis en demeure EDF en janvier 2015 de mettre en œuvre toutes les dispositions permettant le respect de cette valeur limite en 2015. L'ASN a ensuite contrôlé les dispositions techniques et organisationnelles, notamment de surveillance des rejets, mises en œuvre pour respecter cette mise en demeure.



Inspection de l'ASN sur le thème des prélèvements et mesures d'échantillons d'effluents à la centrale nucléaire de Flamanville, novembre 2011.

4. LES ÉVALUATIONS

4.1 L'évaluation des performances globales des centrales nucléaires en fonctionnement

4.1.1 L'évaluation de la sûreté nucléaire

L'exploitation des réacteurs

La maîtrise des activités d'exploitation des réacteurs est globalement satisfaisante. Toutefois, en 2015, plusieurs activités, encadrées par des documents prescriptifs, telles que la réalisation d'essais périodiques, ont été à l'origine d'événements significatifs. Les causes profondes de ces événements sont multiples et peuvent se cumuler entre elles. Parmi celles-ci, des défauts de préparation des activités ne permettent pas aux acteurs une appropriation suffisante des risques induits par l'activité ni de la documentation nécessaire à sa réalisation. Il est également nécessaire de réduire les interprétations possibles de ces documents et de prendre en compte l'hétérogénéité des savoirs et des savoir-faire des acteurs concernés.

Cette situation est révélatrice de l'insuffisance de l'implication des services centraux dans le suivi de l'intégration des documents prescriptifs par les centrales nucléaires. Elle témoigne également d'une gestion du retour d'expérience (REX) externe encore trop fragile, entre les sites et vis-à-vis des services centraux d'EDF, et met notamment en évidence la nécessité de renforcer la boucle de REX au niveau national pour améliorer le processus d'élaboration documentaire. L'ASN a attiré l'attention de l'exploitant sur ces fragilités.

La filière indépendante de sûreté (FIS), interne à EDF, joue son rôle de vérification des actions et décisions prises par les services en charge de l'exploitation des installations. Les éléments justifiant, d'une part, ce questionnement, d'autre part, les positions prises devraient toutefois faire l'objet d'une meilleure traçabilité. Les inspections conduites par l'ASN en 2013 et 2014 sur la FIS ont conduit EDF à proposer un plan d'action, dont l'évaluation est engagée par l'ASN.

Concernant les essais périodiques, bien que des améliorations par rapport à l'année 2014 aient été constatées sur les sites, les efforts en matière de maîtrise de la planification, de la préparation et de la réalisation de ces essais doivent être maintenus. Par ailleurs, tant l'analyse préalable de l'opération que l'interprétation des résultats obtenus doivent être renforcées. En outre, le processus mis en œuvre pour statuer *a posteriori* sur la validité des essais doit être renforcé pour susciter une attitude interrogative.

Les situations d'urgence

Les inspections 2015 sur la gestion de crise ont confirmé la bonne organisation des centrales dans ce domaine. Les équipes destinées à mettre en œuvre les plans d'urgence interne (PUI) sont bien dimensionnées et tous les équipiers de crise participent annuellement à un exercice. Les inspections ont également permis de s'assurer de la bonne déclinaison du référentiel national harmonisé de novembre 2014 et de l'appropriation correcte de la nouvelle organisation de crise qu'il prévoyait au niveau de chaque centrale.

La préparation à la gestion des situations d'urgence peut cependant être améliorée pour ce qui concerne notamment la gestion et l'utilisation des matériels mobiles utilisés en situation d'urgence et le retour d'expérience des exercices de crise.

Les risques d'incendie et d'explosion

En 2015, l'ASN a mené 17 inspections dans le domaine de la maîtrise des risques liés aux incendies et aux explosions dans 15 centrales nucléaires. Des constats relatifs à ces risques ont également été relevés dans le cadre d'inspections de chantiers lors des arrêts de réacteurs et lors de l'inspection de revue menée au sein de la centrale du Bugey.



Exercice sur la tour de l'aéroréfrigérant des équipes GRIMP (Groupe de reconnaissance et d'intervention en milieu périlleux) des pompiers du Service départemental d'incendie et de secours du Tarn-et-Garonne à 178,50 mètres de haut pour secourir deux fausses victimes.

COMPRENDRE

La filière indépendante de sûreté

La filière indépendante de sûreté (FIS) assure la vérification et l'analyse du respect des exigences de sûreté par la filière opérationnelle. Elle comprend trois niveaux :

- l'inspecteur général (IGSNR) rattaché au président du groupe EDF, assisté d'une équipe d'inspecteurs ;
- le directeur délégué sûreté de la division production nucléaire (DPN), assisté de l'inspection nucléaire ;
- et le chef de mission sûreté qualité de chaque centrale, assisté du service sûreté qualité. Les ingénieurs sûreté, qui appartiennent au service sûreté qualité, assurent quotidiennement une vérification de l'état de sûreté de l'installation.

L'incendie

À l'issue de ces inspections, pour ce qui concerne le risque d'incendie, l'ASN note que les relations entre les sites et les services départementaux de lutte contre l'incendie et de secours sont plutôt satisfaisantes et que l'organisation d'intervention n'est généralement pas mise en défaut dans la gestion des feux réels. Néanmoins, des constats déjà effectués les années précédentes restent toujours d'actualité et concernent une majorité des sites inspectés :

- gestion perfectible des anomalies de sectorisation des locaux afin de prévenir la propagation d'un incendie (notamment mauvaise fermeture des portes participant à la sectorisation et absence d'analyse de risque associée à certaines anomalies de sectorisation) ;
- des écarts liés à la gestion des inhibitions de la détection incendie ;
- des écarts de gestion des entreposages de matériels qui représentent des potentiels calorifiques importants, notamment lors des phases d'arrêt de réacteur ;
- des écarts dans la mise en œuvre des permis de feu.

Des difficultés d'accessibilité des matériels de lutte contre l'incendie sont également encore constatées.

Le nombre de départs de feu enregistrés pour l'année 2015 est supérieur à celui de 2014. Le 2 juillet 2015, un départ de feu, causé par l'absence d'identification du risque de feu de titane préalable à des opérations de découpe, a notamment conduit à un incendie qui a concerné une partie du condenseur du réacteur 2 de la centrale de Paluel.

L'explosion

L'ASN a également évalué au cours de ses inspections la mise en œuvre de l'organisation des sites vis-à-vis du risque d'explosion, intégrant la maîtrise de ce risque au titre de la sûreté nucléaire ainsi qu'au titre de la protection des travailleurs.

L'ASN a pu constater la montée en compétence progressive des personnels sur cette question mais considère qu'EDF doit accentuer ses efforts pour ce qui concerne les formations et les exercices des équipes d'intervention.

Certaines actions de maintenance demandées par la doctrine interne d'EDF sur les tuyauteries véhiculant des fluides hydrogénés ne sont pas toujours mises en œuvre (test d'étanchéité à l'azote de la double enveloppe de certaines tuyauteries, estimation moyennée journalière des fuites au niveau de l'alternateur...).

L'ASN considère par ailleurs que la prise en compte du retour d'expérience sur l'ensemble des réacteurs en exploitation des événements qui se sont produits en 2014 sur les sites de Dampierre, Tricastin et Blayais est insuffisante ; elle a constaté que certaines mesures compensatoires définies en 2014 à la suite de ces événements ne sont toujours pas mises en œuvre.

Enfin, un événement intéressant du point de vue du retour d'expérience s'est produit le 16 septembre 2015 à Civaux : au moment de la découpe d'une tuyauterie, une flammèche est apparue puis s'est maintenue pendant une quinzaine de minutes. Le risque de fuite d'hydrogène lié à la découpe de cette tuyauterie n'avait pas été identifié préalablement à l'activité.

Les activités de maintenance

Concernant la réalisation des activités de maintenance, l'ASN note globalement une stabilité du nombre des défauts de qualité constatés. Les intervenants doivent toujours faire face aux contraintes liées à l'organisation du travail, à l'insuffisance de la préparation de certaines activités, à des modifications de planning et à des problèmes de coordination des chantiers, qui provoquent des retards ou des reports d'activités. EDF a mis en œuvre un plan d'action pluriannuel spécifique visant à renforcer la maîtrise des activités programmées et réalisées lors des arrêts pour maintenance des réacteurs électro-nucléaires. Si ce plan d'action permet une gestion plus sereine des phases de préparation et de réalisation des interventions par l'exploitant, l'ASN estime que les efforts d'EDF doivent être poursuivis dans la durée, notamment dans la perspective de la poursuite du fonctionnement des réacteurs, du programme « grand carénage » et du retour d'expérience de l'accident de Fukushima-Daiichi, qui entraîne une augmentation du volume des activités de maintenance, et d'un important renouvellement des compétences.

Concernant l'approvisionnement des pièces de rechange et la réparation des matériels, l'ASN constate que les défauts de maîtrise de ces activités, identifiés les années précédentes, diminuent mais restent persistants.

Par ailleurs, des retards dans la réalisation de contrôles ou dans l'intégration documentaire de nouveaux programmes de maintenance conduisent à une détection tardive d'écarts ou de dégradations de matériels.

De plus, l'ASN observe une variabilité selon les sites dans la gestion du maintien de la qualification des équipements aux conditions accidentelles ainsi que dans les opérations de requalification de ces matériels.

Enfin, l'ASN considère que la mise en œuvre par les centrales de la méthode de maintenance AP-913 (voir point 2.7.1) est perfectible.

L'état des matériels

Les programmes de maintenance et de remplacement des matériels, la démarche de réexamen périodique, ainsi que la correction des écarts de conformité doivent permettre de contrôler et de pérenniser la capacité des matériels d'une centrale nucléaire à assurer les fonctions qui leur sont assignées pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement.

Dans le cadre de ses inspections, tout en relevant encore des insuffisances dans la déclinaison et le respect par les centrales des règles édictées par les services centraux pour le traitement des écarts de conformité, l'ASN a constaté cette année des progrès importants réalisés sur ce sujet en matière d'organisation et de formation interne des acteurs impliqués dans ce processus de traitement des écarts de conformité. L'ASN considère que les sites doivent poursuivre leurs efforts, en particulier en ce qui concerne l'identification et la traçabilité des écarts détectés. En effet, la gravité potentielle de certains écarts de conformité génériques montre la nécessité pour EDF de maîtriser les processus opérationnels qui concourent au maintien de la conformité des installations par rapport à leurs référentiels de conception, de construction et d'exploitation.

Par ailleurs, dans le cadre de l'application de la décision relative aux arrêts et redémarrages des réacteurs à eau sous pression (décision 2014-DC-0444 de l'ASN du 15 juillet 2014), EDF réalise, pour chaque réacteur, une analyse du cumul de ces écarts. L'ASN estime que ces analyses doivent être plus approfondies.

Enfin, dans le cadre de l'application de la décision relative aux modifications matérielles des installations nucléaires de base (décision 2014-DC-0420 de l'ASN du 13 février 2014), l'ASN a constaté qu'EDF a progressé dans la démonstration de la qualification des équipements nouvellement installés, lorsque celle-ci est nécessaire.

La première barrière de confinement

L'ASN considère qu'en 2015, l'état de la première barrière de confinement, qui est constituée par la gaine du combustible, est globalement en progrès, malgré quelques points à améliorer. En particulier, il a été constaté que l'organisation mise en place pour éviter l'introduction de corps étrangers dans le circuit primaire a de nouveau progressé cette année.

Le nombre d'événements significatifs liés à la manutention de combustible est en baisse. Il a néanmoins encore été constaté durant plusieurs arrêts de réacteur pour rechargement que de nombreux corps migrants étaient présents dans le circuit primaire, par exemple :

- à Golfech 2, 31 morceaux de ressorts de grilles d'assemblages de combustible ont été retirés,

- à Cruas 3, de nombreux poils de brosse métallique sont tombés dans le pressuriseur lors d'une opération de maintenance ; ils ont été ensuite récupérés.

À la fin de l'année 2015, le nombre de réacteurs présentant des fuites au niveau des gaines de combustible est en nette baisse, avec quatre réacteurs concernés, alors qu'ils étaient au nombre de sept un an auparavant.

Le réacteur de Nogent 2 avait, en 2014, été arrêté avant la fin normale de son cycle de fonctionnement en raison de l'augmentation importante des temps de chute des grappes absorbantes, causée par des déformations d'assemblages de combustible. La chute des grappes par gravité permet l'arrêt d'urgence du réacteur. En 2015, du fait de l'augmentation importante du temps de chute d'une grappe, EDF a interrompu le cycle de fonctionnement afin de réparer deux assemblages de combustible voisins de cette grappe, ce qui a permis d'améliorer le temps de chute de la grappe.

En 2014, à la suite d'une demande de l'ASN, EDF a adopté des mesures de réduction des risques liés à une oxydation excessive des gaines de combustibles en alliage zircaloy-4 (une oxydation excessive pourrait conduire à une moindre résistance de ces gaines dans certains cas d'accident). Ces mesures permettent de limiter l'oxydation des gaines en alliage zircaloy-4 et restreignent au strict nécessaire les mouvements de grappes absorbantes dès que l'épaisseur calculée d'oxyde atteint la valeur de 80 µm. Le nombre de réacteurs mettant en œuvre des assemblages gainés en zircaloy-4 a diminué, passant de 49 en juillet 2014 à 31 en juillet 2015.

La deuxième barrière de confinement

Les exigences de l'arrêté du 10 novembre 1999, notamment en ce qui concerne les interventions, le traitement des défauts, les visites et les requalifications périodiques des circuits primaires et circuits secondaires principaux, sont respectées dans leur ensemble. La préparation des épreuves hydrauliques sur ces circuits a cependant été insuffisante sur au moins trois centrales (absence d'outillage adapté, saturation des générateurs de vapeur, etc.).

Le respect des dispositions relatives à la remise en service des réacteurs après des arrêts pour maintenance s'est également amélioré en 2015. L'ASN a cependant constaté la persistance de lacunes dans l'établissement des dossiers de synthèse d'interventions notables et des délais inappropriés pour la transmission des documents constituant les bilans des arrêts des réacteurs. Certains contrôles réglementaires requis après remplacement d'éléments du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux de plusieurs réacteurs n'avaient pas été réalisés. Des actions correctives ont été mises en œuvre en 2015 à ce sujet. L'absence de ces contrôles traduit un manque de rigueur dans la mise en œuvre des exigences applicables à la seconde barrière.

De même, la maîtrise des approvisionnements de pièces de rechange d'équipements des circuits primaires et

secondaires principaux fabriqués selon l'arrêté du 12 décembre 2005 s'améliore mais figure toujours parmi les points de vigilance.

Parmi les équipements constituant la seconde barrière de confinement, les GV et plus particulièrement leur faisceau de tubes figurent parmi les plus sensibles.

L'ASN considère que l'état des faisceaux tubulaires des GV s'est amélioré du fait du remplacement des derniers GV équipés de faisceaux tubulaires en alliage 600 MA (sensible à la corrosion externe). La campagne des remplacements de GV se poursuivra en 2016 par ceux disposant d'un faisceau tubulaire en Inconel traité thermiquement (600 TT). Cela sera le cas des réacteurs Gravelines 5 et Paluel 2 en 2016.

L'ASN considère que la stratégie d'exploitation et de maintenance d'EDF relative au colmatage des plaques entretoises des GV (passage en conditionnement à haut pH, surveillance des paramètres chimiques et mise en œuvre préventive des opérations de nettoyage des GV) est appropriée. Cette démarche vise à maintenir en permanence le circuit secondaire dans un état de propreté acceptable.

La troisième barrière de confinement

Gestion globale de la fonction de confinement

L'organisation mise en œuvre par les centrales pour suivre les activités et systèmes susceptibles d'avoir un impact sur le confinement statique et dynamique des installations reste globalement satisfaisante. Néanmoins, des améliorations sont encore attendues sur l'état du confinement, de la troisième barrière et de ses constituants, notamment concernant la maintenance des siphons de sol ainsi que des portes participant au maintien du confinement statique.

Les enceintes à simple paroi revêtue sur la face interne d'une peau d'étanchéité métallique

Le vieillissement des enceintes des réacteurs de 900 MWe a été examiné en 2005 lors du réexamen périodique associé à leur troisième visite décennale afin d'évaluer leur étanchéité et leur tenue mécanique. Les épreuves des enceintes réalisées lors des arrêts décennaux de ces réacteurs depuis 2009 n'ont pas mis en lumière de problème particulier susceptible de remettre en cause leur exploitation pour dix années supplémentaires, à l'exception du réacteur 5 de la centrale du Bugey. Une épreuve réalisée en 2011, bien que présentant des résultats conformes aux critères d'essai, a montré une évolution défavorable de l'étanchéité de l'enceinte. L'ASN a demandé par la prescription [INB 89-36] de la décision n° 2014-DC-0474 du 23 décembre 2014 à la centrale du Bugey de programmer une nouvelle épreuve au plus tard en septembre 2016. Des essais en pression réalisés lors de la visite partielle du réacteur 5, qui a débuté le 27 août 2015, ont montré que

cette enceinte doit faire l'objet de réparations. Pour le reste des enceintes des réacteurs de 900 MWe, les résultats des épreuves décennales des enceintes ont montré jusqu'ici des taux de fuite conformes aux critères réglementaires (27 réacteurs sur 34 ont réalisé cette épreuve).

Les enceintes à double paroi

Les résultats des épreuves des enceintes à double paroi réalisées lors des premières visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe avaient permis de détecter une augmentation des taux de fuite de la paroi interne de certaines de ces enceintes sous l'effet combiné de déformations du béton et de pertes de précontrainte de certains câbles plus importantes qu'anticipées à la conception.

EDF a alors engagé d'importants travaux consistant à recouvrir localement, par un revêtement d'étanchéité en résine, l'intrados de la paroi interne des enceintes les plus affectées des réacteurs de 1 300 MWe mais aussi des réacteurs du palier N4. Les épreuves réalisées depuis ces travaux, lors des secondes visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe et des premières visites décennales des réacteurs du palier N4, ont toutes respecté les critères réglementaires de taux de fuite. Afin de sécuriser le respect de ces critères lors des prochaines visites décennales, EDF envisage de compléter ces revêtements d'étanchéité à l'intrados par des revêtements du même type, mis en œuvre à l'extrados des enceintes internes des bâtiments réacteurs.

L'ASN reste vigilante sur l'évolution de l'étanchéité de ces enceintes, non revêtues à la conception par une peau métallique intégrale. Une analyse des enjeux liés au confinement des réacteurs à double paroi a ainsi été examinée par le GPR le 26 juin 2013, dans la perspective des troisièmes visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe. L'ASN s'est prononcée sur ce sujet en juin 2014 et sera attentive au respect des engagements qu'EDF a pris à cette occasion.

Les principales conclusions de l'ASN sont :

- au-delà de la surveillance satisfaisante de l'état du béton mise en place par EDF, des actions complémentaires de prévention ou la limitation des apports d'eau extérieurs doivent aussi être envisagées car il s'agit, en l'état actuel des connaissances, du principal moyen de préservation des enceintes vis-à-vis des pathologies de gonflement du béton ;
- EDF doit renforcer la surveillance en exploitation et l'inspection visuelle de certains points singuliers de ces enceintes (fourreaux, tampon d'introduction des matériels) ;
- l'ASN considère que le système d'instrumentation qui assure la fonction de contrôle en continu du taux de fuites de l'enceinte (Sexten) doit faire l'objet d'un classement de sûreté par EDF et d'un suivi en exploitation de son bon fonctionnement.

4.1.2 L'évaluation des dispositions concernant les hommes et les organisations

Les démarches mises en œuvre par les centrales et les acteurs dédiés à la prise en compte des facteurs organisationnels et humains

L'organisation des centrales nucléaires pour prendre en compte les facteurs organisationnels et humains (FOH) est jugée perfectible.

EDF dispose en son sein de consultants en facteurs humains (FH), qui contribuent au retour d'expérience et à la formation des intervenants. Leurs missions pourraient être étendues à d'autres champs des FOH, tels que la prise en compte de l'organisation et des besoins des intervenants dans l'évolution des systèmes ou dans les modifications de certains matériels. L'ASN a constaté en 2015, sur deux sites, que plusieurs postes de consultants FH étaient vacants. Enfin, certains sites commencent à être dotés d'un réseau de correspondants locaux FH, présents au sein des services techniques, animé par le consultant FH.

Les managers renforcent globalement leur présence sur le terrain mais l'objectif de ces visites manque parfois de précision ; elles peuvent être réalisées dans la perspective de contrôler des écarts de comportement des intervenants ou bien l'état des installations, plutôt que pour effectuer des observations de situations de travail qui permettraient d'y détecter des améliorations possibles ou des besoins en formation des intervenants.

Des efforts importants sont engagés par EDF pour développer la mise en œuvre des pratiques de fiabilisation des interventions. Pour l'ASN, cela peut être insuffisant et il convient de développer également des actions d'amélioration propres aux sites concernant l'organisation, le management de la sûreté ou les conditions d'intervention.

L'organisation du travail et les conditions d'intervention des intervenants

L'ASN relève toujours en 2015 de nombreuses insuffisances concernant les conditions d'intervention des intervenants. L'ASN a ainsi pu constater des matériels inadaptés aux tâches à effectuer, du fait de leur indisponibilité ou de leur mauvaise conception, des locaux exigus ou inaccessibles, des défauts de signalétique ou des indications difficiles à lire.

Sur tous les sites, les documents mis à disposition des intervenants par EDF se révèlent parfois absents et régulièrement inappropriés, incomplets, trop complexes ou peu adaptés. Ce constat, fait depuis plusieurs années par l'ASN, conduit à s'interroger sur l'efficacité du processus d'élaboration et de révision documentaire mis en œuvre par EDF, ceci d'autant que ces insuffisances peuvent induire de la pénibilité chez les intervenants et une diminution de la performance et ont pu conduire

à la survenue d'événements significatifs. Les difficultés liées à la documentation sont de plus en plus mises en exergue dans les analyses effectuées par EDF à la suite d'événements significatifs.

Par ailleurs, l'accessibilité des locaux et l'environnement physique de travail (luminosité, chaleur, bruit) des intervenants continuent d'entraîner des conditions d'intervention difficiles. L'ASN a ainsi constaté sur plusieurs sites une inefficience de la sonorisation et de l'éclairage dans le bâtiment réacteur. L'ASN note toutefois les efforts de certains sites dans ce domaine.

Les intervenants doivent également faire face à des contraintes liées à l'organisation du travail, notamment pendant les arrêts de réacteur, telles que l'insuffisance de la préparation de certaines activités, des modifications de planning et des problèmes de co-activité et de coordination entre acteurs. Ces contraintes peuvent conduire à des conditions d'intervention dégradées.

Les dispositions concernant les hommes et les organisations dans les activités de modification des réacteurs en exploitation

Au niveau national, EDF a développé la démarche « sociaux, organisationnels et humains – SOH » qui a pour ambition de transformer les pratiques d'ingénierie chez EDF, pour mieux tenir compte des hommes et des organisations dans l'évolution des systèmes et dans la modification des matériels et des organisations, ceci dès la phase de conception. L'ASN considère la philosophie de la démarche SOH comme pertinente et importante pour garantir la sûreté des installations et la sécurité des travailleurs. Néanmoins, les efforts consentis par EDF dans le déploiement de la démarche SOH, notamment au sein de tous les centres d'ingénierie, doivent se poursuivre pour atteindre les effets attendus.

Les modifications matérielles et documentaires étant gérées essentiellement au niveau national, les sites n'ont pas toujours les marges de manœuvre pour pouvoir améliorer l'environnement de travail des intervenants quand une difficulté est identifiée localement. Ainsi, les améliorations réalisées au niveau des sites se résument généralement à la mise en œuvre de dispositions palliatives, sans action sur le problème lui-même.

Le management des compétences, de la formation et des habilitations

L'organisation en place sur les sites pour gérer les compétences, les habilitations et la formation est globalement satisfaisante et les processus de gestion sont généralement documentés et cohérents. La plupart des sites ont mis en place des comités de formation locaux intégrant la direction, les managers et les intervenants. Un de ces comités permet la détection rapide des besoins en formation des agents et ensuite la création, avec l'aide de l'unité de formation production ingénierie, de formations courtes et très ciblées en fonction des besoins identifiés.

De manière générale, les programmes de formation sont mis en œuvre de façon satisfaisante, et le déploiement des académies de métiers est souligné comme un point fort pour la formation des nouveaux arrivants sur les sites. Néanmoins, l'offre de formation proposée par certains sites n'est pas toujours adaptée de manière réactive. Par ailleurs, les intervenants ne reçoivent pas toujours les formations planifiées.

Des insuffisances sur certains sites sont toutefois encore relevées par l'ASN lors des inspections pour ce qui concerne la gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC). Sur plusieurs centrales, certains services n'ont toujours pas créé en 2015 de cartographie de compétences, qui est pourtant l'outil de la GPEC permettant au site de disposer d'une vision dynamique et prospective des compétences professionnalisées disponibles sur cinq ans. Néanmoins, de manière générale, des investissements importants sont consentis par EDF en matière de recrutement et de formation pour anticiper le renouvellement des compétences lié au départ des intervenants en inactivité. De plus, des défauts d'anticipation de départs massifs dans certains métiers sont toujours constatés sur quelques sites, entraînant des effectifs insuffisants et pouvant impliquer, entre autres, des difficultés dans la mise en œuvre du compagnonnage des jeunes embauchés par les personnes plus expérimentées.

Compte tenu des départs en retraite attendus dans les années à venir et des travaux considérables qui sont à réaliser par EDF à la suite des ECS ou dans le cadre des réexamens périodiques, l'ASN considère que les efforts d'EDF en matière de recrutement et de formation doivent être poursuivis.

4.1.3 L'évaluation de la santé et de la sécurité, des relations professionnelles et de la qualité de l'emploi dans les centrales nucléaires

Les durées de repos quotidien et hebdomadaire sont globalement mieux respectées, néanmoins la prise en compte par EDF des demandes de l'ASN en matière de durée du travail reste améliorable, en particulier en raison de l'absence de système de décompte de la durée du travail des cadres.

Certains risques professionnels sont mieux pris en compte, comme les risques liés aux fumées de soudage. Par ailleurs, l'élargissement annoncé par EDF des missions des « responsables de zone » à l'ensemble de la sécurité conventionnelle des travailleurs est un point positif. Cependant l'attention aux risques pour la santé et la sécurité doit toujours être maintenue. Par ailleurs, la présence d'amiante dans des matériels est souvent identifiée tardivement, ce qui nécessite des adaptations dans l'organisation des travaux.

Des progrès sont encore attendus dans le domaine de la gestion de la co-activité (qualité des plans de prévention notamment) et du recours à la sous-traitance (lutte contre le prêt illégal de main-d'œuvre). L'ASN a également invité

EDF à améliorer la diffusion du retour d'expérience et des bonnes pratiques entre les sites.

4.1.4 L'évaluation de la radioprotection

En 2015, l'ASN a mené 28 inspections relatives à la radioprotection. Le respect des prescriptions relatives à la radioprotection des travailleurs au cours des interventions effectuées en zone contrôlée a fait l'objet d'une attention particulière de l'ASN en 2015 et a été contrôlé sur la plupart des centrales exploitées par EDF.

La dosimétrie collective sur l'ensemble des réacteurs a légèrement diminué en 2015 par rapport à l'année 2014 (graphique 2). La dose moyenne reçue par les travailleurs pour une heure de travail en zone contrôlée diminue depuis 2013. Les doses reçues par les travailleurs sont réparties selon une distribution illustrée ci-après par les graphiques 1 et 3.

Le graphique 1 présente la répartition de la population en fonction de la dosimétrie externe pour le corps entier. On constate que la dosimétrie de 76 % des travailleurs exposés est inférieure à 1 mSv pour l'année 2015, ce qui correspond à la limite réglementaire annuelle pour le public. Aucun dépassement de la limite réglementaire annuelle relative à la dosimétrie externe pour le corps entier (20 mSv) n'a été relevé en 2015.

Le graphique 2 présente l'évolution de long terme de la dose collective reçue par les travailleurs dans les centrales nucléaires. Elle montre que, après une période de progrès notables (1996-2005) permettant la réduction de ces doses, la période 2005-2015 se traduit plutôt par une stabilisation de ces doses, traduisant des résultats contrastés entre les sites, et l'évolution à la hausse du volume des travaux de maintenance en zone contrôlée ces dernières années, associée à la poursuite des efforts d'optimisation.

Le graphique 3 présente l'évolution de la dosimétrie individuelle moyenne pour le corps entier en fonction des catégories de métiers de travailleurs intervenant lors de la maintenance des réacteurs. Les catégories de travailleurs les plus exposés en 2015 sont les personnels en charge de la pose et de la dépose des calorifuges et les soudeurs.

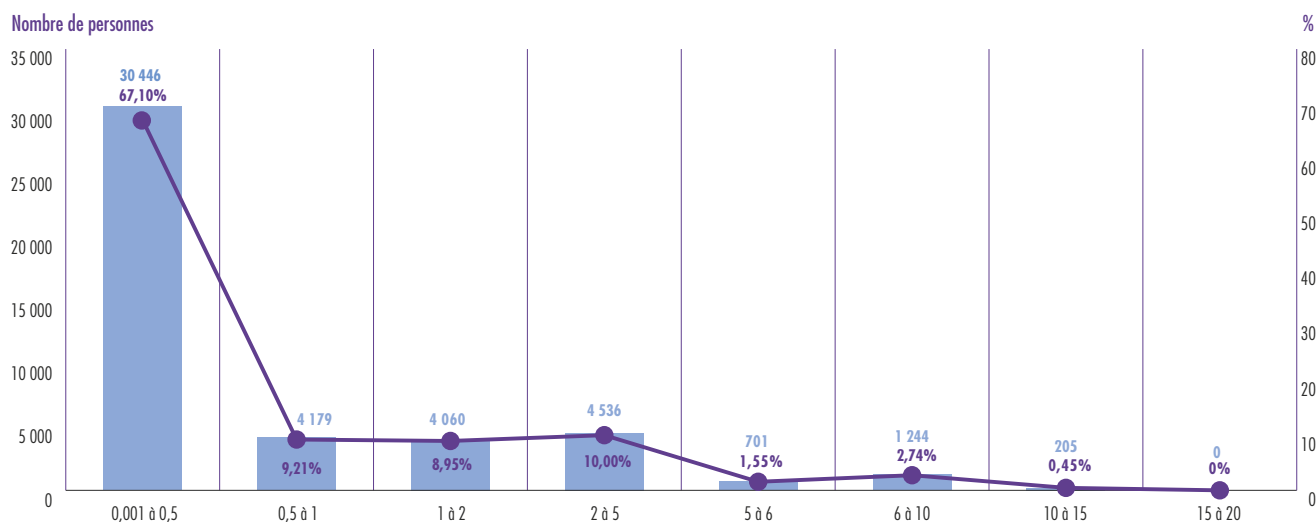
L'ASN considère que la situation des centrales nucléaires en 2015 dans le domaine de la radioprotection est améliorable sur quelques points :

- la maîtrise des chantiers de radiographie industrielle reste fragile ; en particulier, l'ASN relève deux événements relatifs à des franchissements du balisage des zones d'opération. Des progrès sont attendus concernant la préparation des chantiers, en particulier l'implication de l'ensemble des parties prenantes et la qualité des visites d'installation réalisées lors de la préparation de ces chantiers ;
- la maîtrise de la dispersion de la contamination à l'intérieur du bâtiment réacteur est encore insuffisante en raison de défauts de confinement des chantiers ou de défauts de signalisation des niveaux de contamination. L'ASN relève des situations récurrentes de non-respect des consignes relatives aux contrôles de contamination du personnel à la sortie des chantiers, d'absence d'appareil de contrôle de la contamination ou d'appareils inopérants. De plus, sur plusieurs sites, les inspecteurs ont relevé un manque de culture de radioprotection de certains intervenants.

Ces insuffisances peuvent contribuer à retarder la détection de contaminations corporelles des intervenants (voir point 3.4.3)

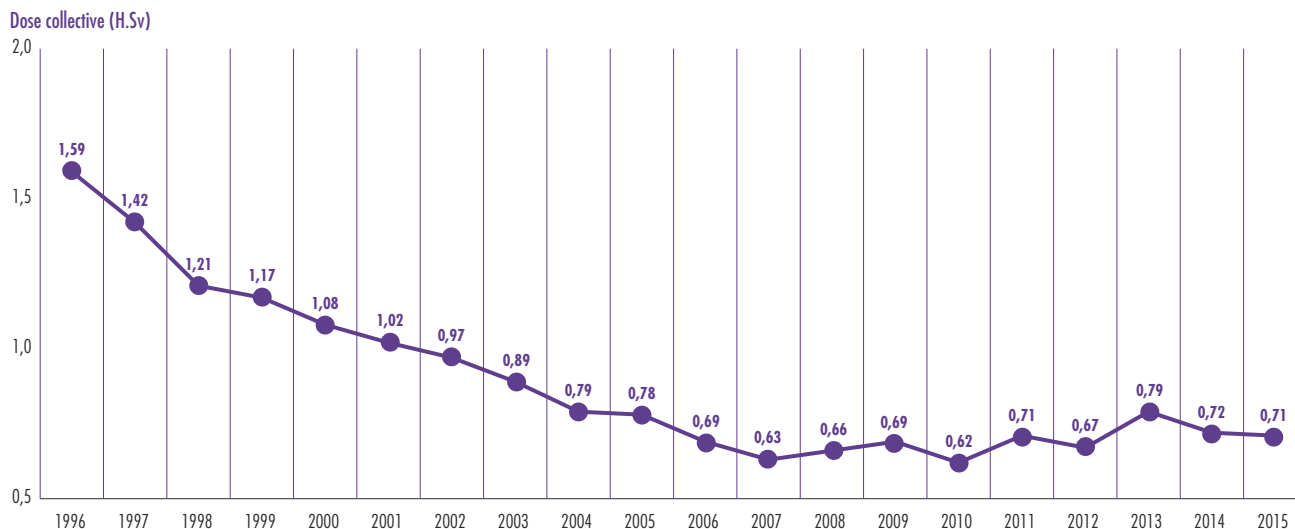
- en ce qui concerne la surveillance de l'exposition, l'ASN relève de nombreux événements relatifs à l'absence de port de moyens de mesure de la dosimétrie individuelle des intervenants. Des améliorations relatives à l'optimisation

GRAPHIQUE 1 : répartition de la population par plage de dose sur l'année 2015



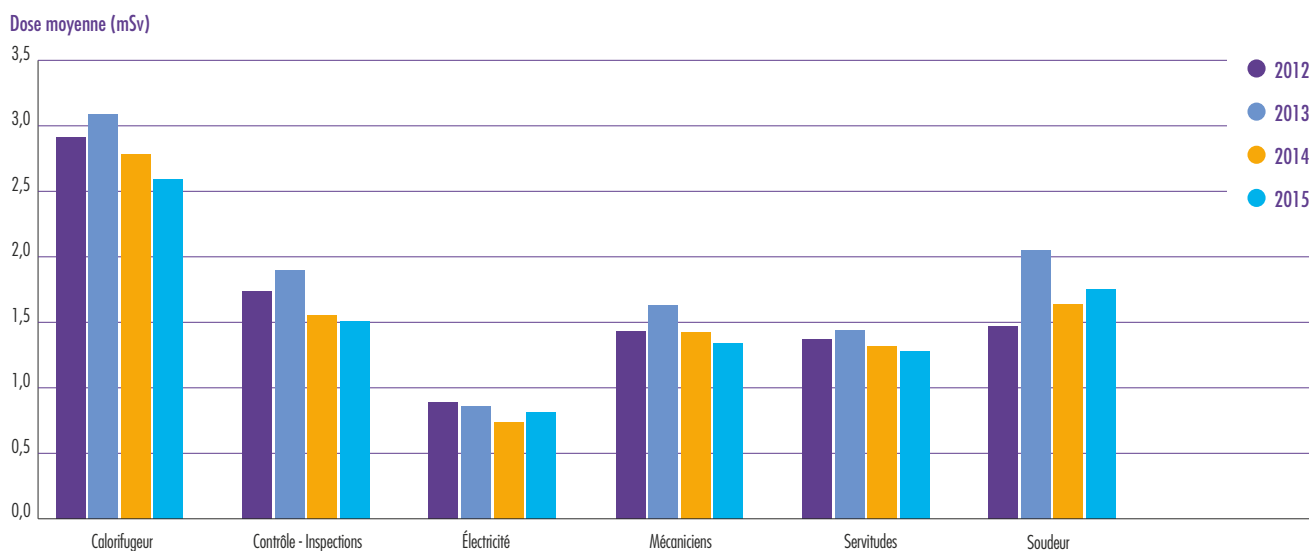
Source : EDF

GRAPHIQUE 2 : dose collective moyenne par réacteur



Source : EDF

GRAPHIQUE 3 : évolution de la dose individuelle moyenne en fonction des catégories de métiers des travailleurs intervenant lors de la maintenance des réacteurs



Source : EDF

- du classement des travailleurs exposés et à la mise en œuvre de la télédosimétrie ont cependant été constatées ;
- des actions ont été engagées par EDF pour renforcer la maîtrise de l'accès des personnels en zone orange, cependant des améliorations sont encore attendues. L'ASN constate des insuffisances dans l'identification et le signalement de ces zones.

4.1.5 La maîtrise des nuisances et de l'impact sur l'environnement

En 2015, l'ASN a mené 40 inspections relatives à la maîtrise des nuisances et de l'impact des centrales nucléaires sur l'environnement, portant principalement sur la

prévention des nuisances, la maîtrise des rejets dans l'environnement et la gestion des déchets.

L'organisation en matière de maîtrise des nuisances et de l'impact des centrales nucléaires sur l'environnement est jugée satisfaisante sur la plupart des sites, notamment par la pérennisation de structures permettant l'application des nouvelles exigences réglementaires et la mise en place sur plusieurs sites de filières indépendantes en environnement basées sur le modèle de la filière indépendante de sûreté (voir encadré page 400). Les dispositions de pilotage mises en œuvre pour définir et suivre les objectifs de rejets sont cependant disparates entre les sites. Par ailleurs, la prise en compte du retour d'expérience reste globalement un axe de progrès.

Des écarts sont encore observés dans les domaines de l'exploitation et de la surveillance des installations. En particulier, la détection et le traitement des écarts relatifs à la conformité des installations sont améliorables, voire insuffisants, sur la majorité des sites. Des défauts de confinement des liquides, observés sur plusieurs sites, montrent également que certaines dispositions d'exploitation et de maintenance ne font pas l'objet d'une attention suffisante de la part d'EDF Enfin, la gestion des déchets est globalement en progrès mais reste souvent perfectible, avec des écarts aux différents référentiels d'exploitation.

L'ASN considère que la qualité de la documentation relative aux risques conventionnels et aux modalités d'exploitation des installations reste améliorable, notamment en ce qui concerne l'affichage de certaines consignes au niveau des installations et l'étiquetage des substances dangereuses.

L'ASN note une progression dans la déclinaison et l'appropriation des prescriptions réglementant les rejets et les déchets, et des dispositions de prévention et de limitation des nuisances fixées par l'arrêté du 7 février 2012 et la décision n° 2013-DC-0360 du 16 juillet 2013.

L'ASN considère enfin que la démarche d'intégration par EDF des équipements et activités relatifs à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur l'environnement parmi les équipements et activités importants pour la protection des intérêts définis par l'arrêté du 7 février 2012 est toujours insuffisante et doit être notablement renforcée.

4.1.6 L'analyse du retour d'expérience

Le processus de retour d'expérience

Le retour d'expérience (REX) s'appuie majoritairement sur les processus d'identification et de traitement des écarts (« boucle du REX »). Ces processus mobilisent l'ensemble des acteurs de l'exploitation des réacteurs, y compris les intervenants extérieurs. Les actions engagées par EDF

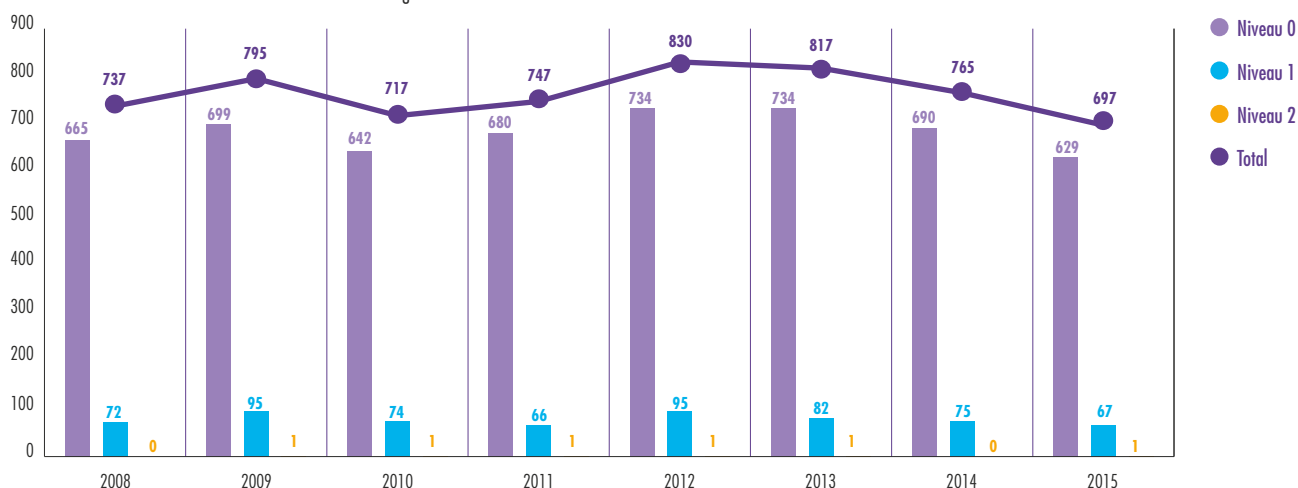
depuis 2012, notamment dans le cadre de son « programme d'actions correctives » se concrétisent par une amélioration de la capacité d'EDF à détecter les écarts aux exigences spécifiées et par une adhésion accrue des prestataires et sous-traitants à ces processus. Il en résulte un accroissement significatif des signalements qui exige une adaptation des organisations de l'exploitant. En 2015, l'ASN note cependant encore une trop faible efficacité de la boucle du REX et estime que l'efficacité des actions curatives, correctives et préventives mises en place doit être mieux évaluée *a posteriori*.

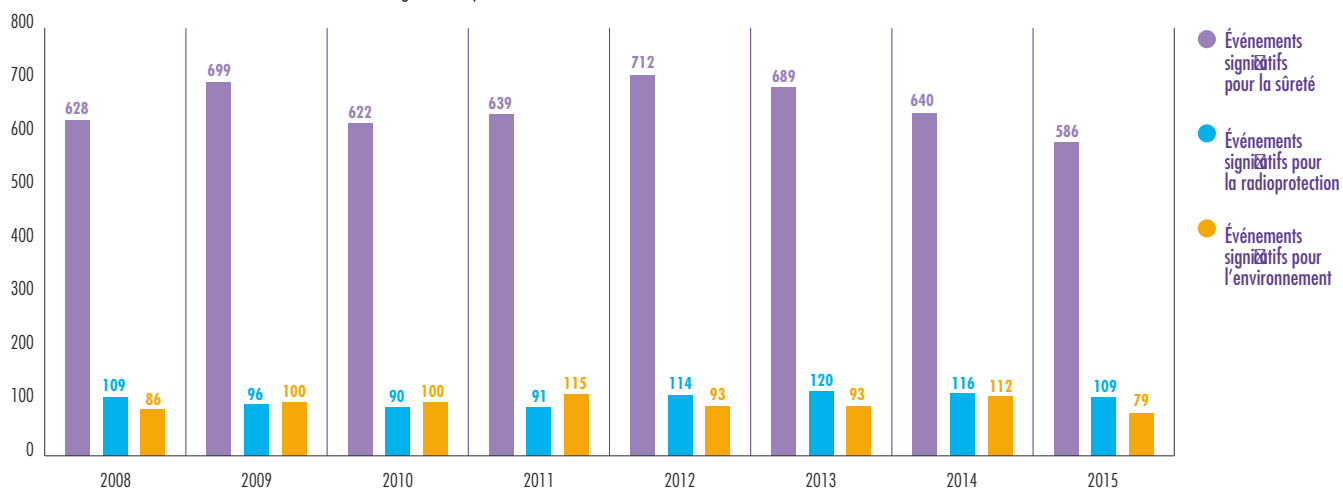
Il existe par ailleurs des disparités dans la manière dont les centrales prennent en compte le retour d'expérience. Certaines centrales centrent leur action sur la prise en compte de leur REX local alors que d'autres intègrent largement le REX national diffusé par les services centraux.

Le renforcement de la vigilance d'EDF dans la diffusion du REX vers ses prestataires et sous-traitants est également nécessaire puisque ces derniers interviennent en général sur plusieurs centrales.

Concernant notamment le retour d'expérience réactif – c'est-à-dire à la suite d'un événement significatif (voir chapitre 4, point 3.3) – les centrales utilisent une nouvelle méthode d'analyse des événements significatifs proposée par les services centraux d'EDF. L'ASN note une disparité dans la qualité des rapports d'événements significatifs en fonction des sites : les analyses effectuées par certains sites permettent d'aller au-delà des causes apparentes et mettent en exergue des dysfonctionnements organisationnels, tandis que les analyses effectuées sur d'autres sites restent globalement toujours au niveau des causes apparentes, malgré la présence de consultants « facteur humain ». Le retour d'expérience réactif, qui comprend principalement l'analyse des causes profondes souvent organisationnelles et l'identification, la mise en œuvre et le suivi des actions correctives, reste encore souvent superficiel. Il est aussi régulièrement constaté par l'ASN que les mesures correctives mises en œuvre par les sites ne

GRAPHIQUE 4 : évolution du nombre d'événements significatifs classés sur l'échelle INES dans les centrales nucléaires d'EDF de 2008 à 2015



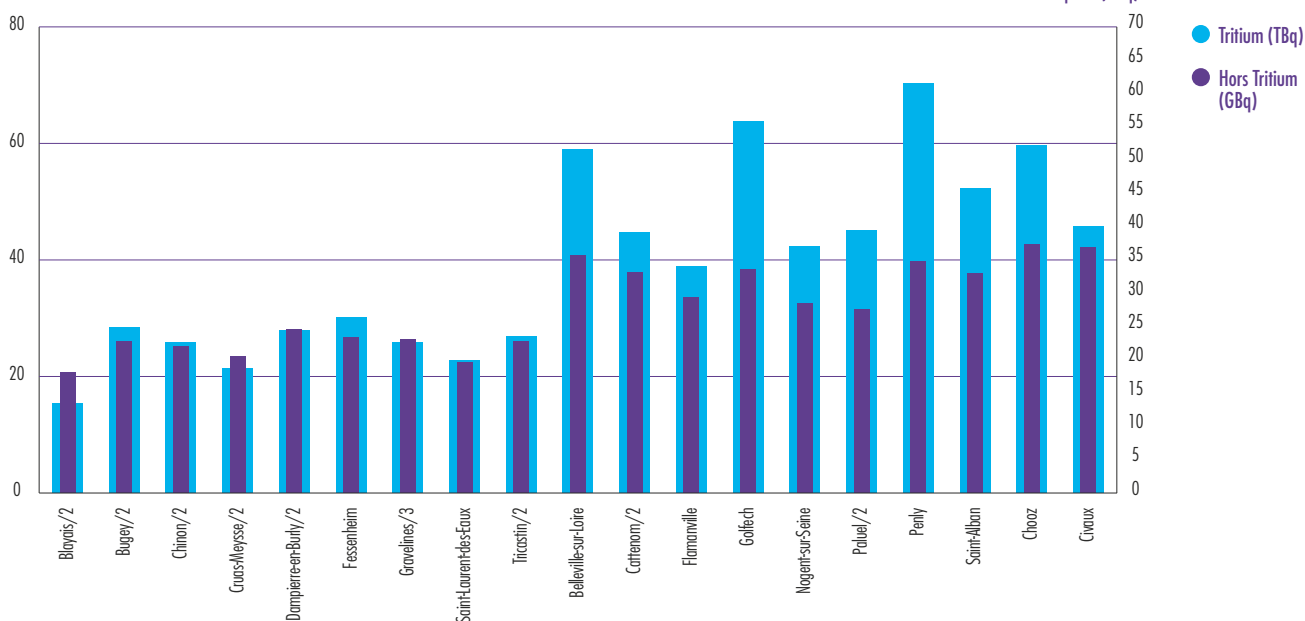
GRAPHIQUE 5 : évolution du nombre d'événements significatifs par domaine dans les centrales nucléaires d'EDF de 2008 à 2015


Les événements hors échelle INES sont également pris en compte.

GRAPHIQUE 6 : rejets radioactifs liquides pour les centrales nucléaires en 2015

Activité rejetée (TBq)

Activité rejetée (GBq)



Chaque site pouvant avoir un nombre de réacteurs différents, pour permettre la comparaison d'un site à l'autre, les résultats sont ramenés

par « paire de réacteurs ». Cela revient par exemple à :

- conserver les résultats en l'état pour le site de Golfech, qui a deux réacteurs ;
- diviser par deux ceux de Chinon, qui a quatre réacteurs (Chinon/2) ;
- diviser par trois ceux de Gravelines, qui a six réacteurs (Gravelines/3)

permettent pas toujours de répondre aux dysfonctionnements organisationnels mis en lumière dans les analyses.

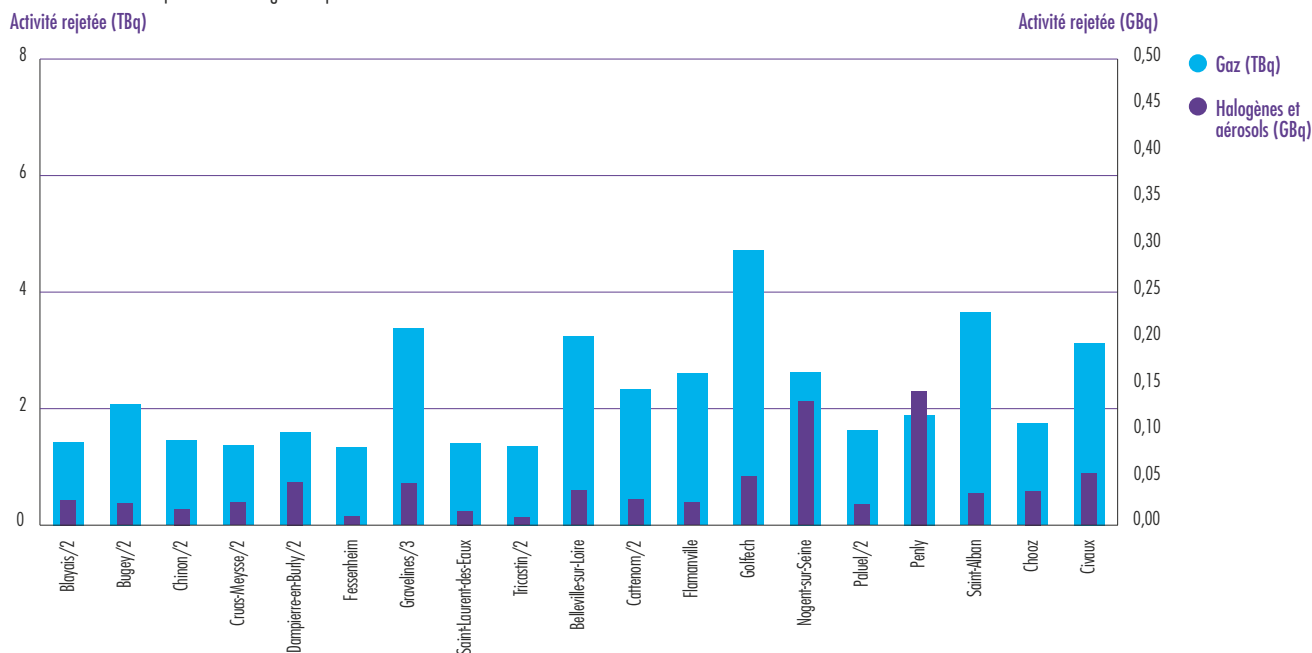
Les écarts à l'origine d'événements significatifs sont analysés par les services centraux d'EDF dans l'objectif d'évaluer leur caractère générique. L'année 2015 est marquée par un accroissement du nombre d'événements génériques. Si cet accroissement peut trouver son origine dans l'achèvement en 2015 des phases de caractérisation complexe des écarts à l'origine de ces événements, la gravité potentielle

de certains événements significatifs génériques confirme l'importance des processus qui concourent au maintien de la conformité des installations par rapport à leurs référentiels de conception, de construction et d'exploitation.

L'analyse des statistiques sur les événements significatifs

En application des règles relatives à la déclaration des événements significatifs (voir chapitre 4, point 3.3), EDF a

GRAPHIQUE 7 : rejets radioactifs gazeux pour les centrales nucléaires en 2015



Chaque site pouvant avoir un nombre de réacteurs différents, pour permettre la comparaison d'un site à l'autre, les résultats sont ramenés par « paire de réacteurs ». Cela revient par exemple à :

- conserver les résultats en l'état pour le site de Golfech, qui a deux réacteurs ;
- diviser par deux ceux de Chinon, qui a quatre réacteurs (Chinon/2) ;
- diviser par trois ceux de Gravelines, qui a six réacteurs (Gravelines/3)

déclaré, en 2015, 586 événements significatifs au titre de la sûreté, 109 au titre de la radioprotection et 79 au titre de la protection de l'environnement.

Le graphique 4 présente l'évolution du nombre d'événements significatifs déclarés par EDF et classés sur l'échelle INES depuis 2008.

Le graphique 5 présente l'évolution depuis 2008 du nombre d'événements significatifs en fonction du domaine de déclaration : événements significatifs pour la sûreté (ESS), événements significatifs pour la radioprotection (ESR) et événements significatifs pour l'environnement (ESE).

Quel que soit le domaine de déclaration, plusieurs de ces événements, qui sont similaires dans les centrales ou résultent de causes communes, sont regroupés sous l'appellation d'événements significatifs génériques (ESG), 15 ont été déclarés en 2015.

Le nombre d'ESS déclarés est en légère baisse par rapport à 2014 (- 8 %).

Le nombre d'ESR a également diminué d'environ 7 % par rapport à 2014. Un ESR de niveau 2 sur l'échelle INES a cependant été déclaré (voir encadré page 398).

Le nombre d'ESE a significativement diminué par rapport à l'année 2014, de près de 30 %. Cette baisse est en partie expliquée par le chiffre exceptionnellement élevé de l'an dernier qui avait pour origine un défaut de maîtrise des

appareils renfermant des fluides frigorigènes. EDF est en train de réaliser des travaux de modification des groupes frigorifiques sur l'ensemble des réacteurs en exploitation pour limiter ces émissions, ce qui pourrait être à l'origine de cette amélioration.

Le détail des événements significatifs pour chaque site est présenté au chapitre 8.

4.2 L'évaluation de la fabrication des équipements sous pression nucléaires

Faire évoluer les pratiques des industriels

L'ASN est régulièrement amenée à faire le constat que les justifications et démonstrations apportées par les fabricants dans le cadre de la réglementation relative aux équipements sous pression nucléaires sont insatisfaisantes. EDF et Areva ont en conséquence mis en place à partir du premier semestre 2015 des actions structurantes afin de faire évoluer leurs pratiques et les mettre en conformité avec les exigences réglementaires. L'ASN a suivi ces actions, dont la plus grande partie est réalisée dans le cadre de l'Association française pour les règles de conception, de construction et de surveillance en exploitation des matériels des chaudières électronucléaires (Afcen) et implique la majorité de la profession. L'ASN note positivement cette démarche. Elle sera attentive à ce qu'elle soit menée jusqu'à son terme.

L'usine d'Areva NP au Creusot

Par ailleurs, l'ASN a été informée en 2014 et 2015 de plusieurs anomalies au cours des fabrications réalisées dans l'usine d'Areva NP au Creusot. L'ASN a demandé à Areva NP de procéder à une revue générale de la qualité de ses activités nucléaires passées et en cours dans cette usine afin d'obtenir une vision d'ensemble de la pertinence de l'organisation et des pratiques de Creusot Forge, de la qualité des pièces produites depuis le début des fabrications destinées à l'EPR de Flamanville 3 et de la culture de sûreté de l'établissement. Les actions d'audit menées par Areva jusqu'à présent ne se sont pas révélées suffisantes.

5. PERSPECTIVES

En 2016, les actions de l'ASN dans le domaine du contrôle des centrales nucléaires porteront plus particulièrement sur les thèmes suivants.

Les réexamens périodiques

L'année 2016 verra la prise de position de l'ASN sur les orientations du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. Cette étape permettra de débiter en 2016 l'instruction de la phase générique de ce réexamen, menée en parallèle avec le deuxième réexamen des réacteurs de 1 450 MWe.

Le contrôle de la mise en œuvre des modifications matérielles et documentaires issues des troisièmes visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe, notamment lors de la visite décennale du réacteur 2 de Paluel qui doit s'achever en 2016, reste un enjeu tout particulier compte tenu de leur ampleur et de leur nature, dans un contexte de renouvellement générationnel marqué.

Le retour d'expérience de l'accident de Fukushima

Le contrôle de la mise en place des dispositions matérielles et organisationnelles qui permettent à EDF de justifier de la maîtrise des fonctions fondamentales de sûreté dans des situations extrêmes reste une priorité de l'ASN.

En 2016, l'ASN sera fortement mobilisée sur l'examen des dispositions de conception, de construction et d'exploitation qu'EDF a retenues pour répondre aux prescriptions attachées au « noyau dur ». Dans ce cadre, les niveaux d'aléas naturels pour concevoir le « noyau dur » seront examinés. Par ailleurs, les dossiers de déclaration des modifications des installations visant à l'implantation d'un groupe électrogène additionnel sur chaque réacteur et d'un nouveau centre de crise sur chaque site seront instruits et les premiers travaux de déploiement sur les sites seront contrôlés.

Le contrôle du réacteur EPR

Outre l'examen de la conception détaillée du réacteur EPR de Flamanville 3, le contrôle de la construction et de la préparation des essais de démarrage de ce réacteur mobilise l'ASN sur le site, dans les centres d'ingénierie et chez les fournisseurs d'EDF. Les contrôles des inspecteurs de la sûreté nucléaire resteront soutenus. L'année 2016 verra aussi la poursuite de l'instruction de la demande d'autorisation de mise en service de ce réacteur. L'examen de cette demande amènera l'ASN à vérifier la prise en compte des exigences fixées dans le décret d'autorisation de création de Flamanville 3 et les prescriptions complémentaires qu'elle a prises. L'ASN poursuivra également les évaluations de conformité des équipements sous pression nucléaires les plus importants pour la sûreté.

Le traitement des écarts

Le retour d'expérience du fonctionnement des réacteurs électronucléaires révèle encore des insuffisances dans les processus mis en œuvre par l'exploitant pour obtenir puis maintenir dans le temps la conformité des installations à leurs référentiels de conception et d'exploitation. Il met aussi en évidence des faiblesses dans la conception des modifications et de leurs documents d'exploitation. Une part de ces écarts de conformité est découverte lors d'actions de vérifications sur les matériels dans le cadre de contrôles périodiques ou par sondage. À l'occasion du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, l'ASN veillera au développement de revues de conception pour compléter le processus de détection des écarts de conformité latents.

Les adaptations aux dispositions de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte

La loi TECV introduit de nouvelles obligations en matière de consultation du public à l'occasion des réexamens périodiques au-delà de la 35^e année de fonctionnement d'un réacteur électronucléaire. L'ASN adaptera ses processus pour prendre en compte ces nouvelles dispositions dans le cadre de la préparation du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe.

Le retour d'expérience de la réglementation relative aux équipements sous pression nucléaires

L'ASN poursuivra en 2016 l'important travail d'approfondissement qu'elle a engagé en 2015 avec les fabricants, les exploitants et les organismes qu'elle agréé sur l'élaboration de référentiels professionnels et de référentiels d'évaluation de la conformité. Ces référentiels permettront de faciliter la démonstration et l'évaluation de la conformité à la réglementation des équipements sous pression nucléaires.

L'ASN poursuivra également sa démarche de retour d'expérience de la réglementation relative aux équipements sous pression nucléaires dans le cadre de la démarche de

codification dans le code de l'environnement des dispositions relatives au suivi en service des produits et équipements à risques.

L'organisation des acteurs de la filière nucléaire

EDF a réorganisé en 2015 ses services en charge de l'ingénierie et de la production d'électricité d'origine nucléaire. L'ASN veillera à ce que cette nouvelle organisation permette la prise en compte des enjeux de sûreté de manière pertinente et favorise la communication et la coopération entre tous les services d'EDF concernés par ces enjeux.

L'année 2015 a également été marquée par l'engagement de discussions sur l'avenir du groupe Areva. Areva intervient sur les centrales nucléaires notamment en tant qu'ingénierie, prestataire de maintenance et concepteur et fabricant de matériels. L'ASN veillera à ce que les nouvelles organisations qui seront retenues prennent en compte les enjeux de sûreté et à ce que les démarches d'amélioration de la sûreté déjà engagées se poursuivent. Comme en 2015, elle auditionnera les dirigeants d'EDF et d'Areva afin de s'en assurer.