



Les centrales nucléaires d'EDF

1 Généralités sur les centrales nucléaires _____ 276

- 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 _____ 280

- 2.1 Le combustible
 - 2.1.1 Les évolutions du combustible et de sa gestion en réacteur
 - 2.1.2 L'évaluation de l'état du combustible et de sa gestion en réacteur
- 2.2 Les équipements sous pression nucléaires
 - 2.2.1 Le contrôle de la conformité de la conception et de la fabrication des équipements sous pression nucléaires
 - 2.2.2 L'évaluation de la conception et de la fabrication des ESPN
 - 2.2.3 Le contrôle de l'exploitation des équipements sous pression
 - 2.2.4 L'évaluation des équipements sous pression en exploitation
- 2.3 Les enceintes de confinement
 - 2.3.1 Le contrôle des enceintes de confinement
 - 2.3.2 L'évaluation de l'état des enceintes de confinement

2.4 La prévention et la maîtrise des risques

- 2.4.1 Le contrôle de l'élaboration et de l'application des règles générales d'exploitation
- 2.4.2 L'évaluation de l'exploitation des réacteurs
- 2.4.3 Le contrôle de la maintenance des installations
- 2.4.4 L'évaluation de la maintenance
- 2.4.5 La prévention des effets des agressions internes et externes
- 2.4.6 L'évaluation de la maîtrise des risques liés aux agressions
- 2.4.7 Le contrôle de la conformité des installations aux exigences
- 2.4.8 L'évaluation de la conformité des installations aux exigences qui leur sont applicables

2.5 La prévention et la maîtrise de l'impact environnemental et sanitaire

- 2.5.1 Le contrôle des rejets et de la gestion des déchets
- 2.5.2 La prévention des impacts sanitaires et des pollutions des sols
- 2.5.3 L'évaluation de la maîtrise des nuisances et de l'impact sur l'environnement

2.6 La prévention et la maîtrise des risques liés aux organisations

- 2.6.1 Le contrôle du fonctionnement des organisations
- 2.6.2 L'évaluation du fonctionnement des organisations et de la maîtrise des activités

2.7 La radioprotection des personnels

- 2.7.1 Le contrôle de la radioprotection des personnels
- 2.7.2 L'évaluation de la radioprotection des personnels

2.8 Le droit du travail dans les centrales nucléaires

- 2.8.1 Le contrôle du droit du travail dans les centrales nucléaires
- 2.8.2 L'évaluation de la santé et de la sécurité, des relations professionnelles et de la qualité de l'emploi dans les centrales nucléaires

2.9 Le retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima

2.10 La poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires

- 2.10.1 L'âge des centrales nucléaires
- 2.10.2 Le réexamen périodique
- 2.10.3 Les réexamens périodiques en cours des centrales nucléaires

2.11 L'EPR de Flamanville

- 2.11.1 L'instruction des demandes d'autorisation
- 2.11.2 Le contrôle de la construction, des essais de démarrage et de la préparation au fonctionnement
- 2.11.3 L'évaluation de la construction, des essais de démarrage et de la préparation au fonctionnement du réacteur EPR de Flamanville

2.12 Les études sur les réacteurs du futur

3 Perspectives _____ 314

Les centrales nucléaires d'EDF

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 de leur fonctionnement, elle conduit aussi à un risque accru en cas de défaut générique de conception, de fabrication ou de maintenance détecté sur l'une de ces installations, pouvant affecter l'ensemble des réacteurs. L'ASN exige donc d'EDF une forte réactivité et une grande rigueur dans l'analyse du caractère générique de ces défauts et de leurs conséquences pour la protection des personnes et de l'environnement, ainsi que dans leur traitement.

L'ASN exerce un [contrôle très exigeant de la sûreté](#), des [mesures de protection de l'environnement et de la radioprotection](#) dans les centrales nucléaires et l'adapte continuellement au regard, notamment, du retour d'expérience de conception,

de fabrication, d'exploitation et de maintenance des composants des réacteurs électronucléaires. Pour contrôler la sûreté des réacteurs en fonctionnement, en construction et en projet, l'ASN mobilise quotidiennement près de deux cents agents au sein de la Direction des centrales nucléaires (DCN), de la Direction des équipements sous pression nucléaires (DEP) et de ses [divisions territoriales](#), et s'appuie sur près de deux cents experts de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

L'ASN développe une [approche intégrée du contrôle des installations](#). Elle intervient à tous les stades de la vie des réacteurs électronucléaires, depuis leur conception jusqu'à leur démantèlement et leur déclassement. Son périmètre d'intervention élargi la conduit à examiner, à chacun des stades, les domaines de la sûreté nucléaire, de la protection de l'environnement, de la radioprotection, de la sécurité des travailleurs et de l'application des lois sociales. Pour chacun de ces domaines, elle contrôle tant les aspects techniques qu'organisationnels et humains. Cette approche lui impose de prendre en compte les interactions entre ces domaines et de définir les modalités de son action de contrôle en conséquence. La vision intégrée qui en résulte permet à l'ASN d'affiner son appréciation de l'état de la sûreté nucléaire, de la radioprotection, de la protection de l'environnement et de la protection des travailleurs des centrales nucléaires.

1 — Généralités sur les centrales nucléaires

1.1 — Présentation générale d'un réacteur à eau sous pression

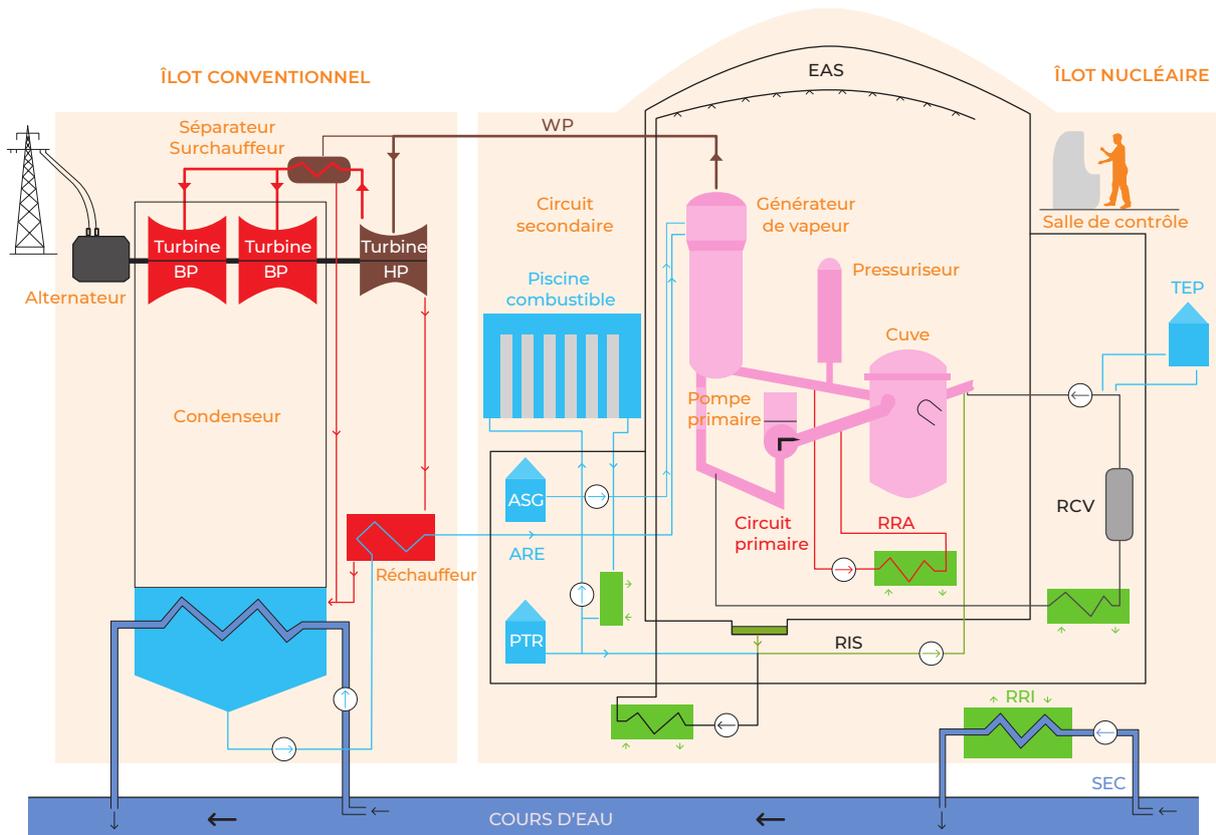
Toute centrale électrique thermique produit, en faisant passer de la chaleur d'une source chaude vers une source froide, de l'énergie mécanique qu'elle transforme en électricité. Les centrales thermiques classiques utilisent la chaleur dégagée par la combustion de combustibles fossiles (fioul, charbon, gaz). Les centrales nucléaires utilisent celle dégagée par la fission d'atomes d'uranium ou de plutonium. La chaleur produite dans un réacteur à eau sous pression permet la formation de vapeur d'eau qui n'entre pas en contact avec le combustible nucléaire. La vapeur est ensuite détendue dans une turbine qui entraîne un alternateur générant un courant électrique triphasé d'une tension de 400 000 volts (V). La vapeur, après détente, est refroidie dans un condenseur 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. L'eau condensée est réutilisée dans le cycle de production de vapeur.

Chaque [réacteur](#) comporte 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 support: contrôle et traitement

Le principe de fonctionnement d'un réacteur à eau sous pression



ARE : circuit de régulation du débit d'eau alimentaire
 ASG : circuit d'eau alimentaire de secours des générateurs de vapeur
 EAS : circuit d'aspersion dans l'enceinte du bâtiment réacteur
 PTR : circuit de réfrigération et de purification de l'eau des piscines
 RCV : système de contrôle chimique et volumétrique du réacteur
 RIS : circuit d'injection de sécurité

RRA : système de refroidissement du réacteur à l'arrêt
 RRI : circuit de réfrigération intermédiaire
 SEC : circuit d'eau brute secourue
 TEP : circuit de traitement des effluents primaires
 Turbine BP ou HP : pour basse pression ou haute pression
 VVP : systèmes d'évacuation de la vapeur

des effluents primaires, 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 vers l'îlot conventionnel ainsi que le bâtiment abritant la piscine d'entreposage et de refroidissement des combustibles neufs et usés (BK). L'eau de celle-ci, mélangée à de l'acide borique, sert à absorber les neutrons émis par les noyaux des éléments fissiles des combustibles usés, pour éviter d'entretenir une fission nucléaire, à assurer le refroidissement des combustibles usés et à la protection radiologique des travailleurs.

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.

1.2 – Le cœur, le combustible et sa gestion

Le cœur du réacteur est constitué d'assemblages de combustibles qui sont constitués de « crayons », composés de « pastilles » d'oxyde d'uranium et d'oxydes d'uranium appauvri et de plutonium (pour les combustibles dits « 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 de la consommation des noyaux fissiles. La réaction en chaîne, et donc la puissance du réacteur, est contrôlée par :

- l'introduction plus ou moins importante dans le cœur de dispositifs appelés « grappes de commande », qui contiennent des éléments absorbant les neutrons. Elles permettent de contrôler la réactivité du 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 concentration 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 ;
- la présence, dans les crayons combustibles, d'éléments absorbant les neutrons, qui compensent en début de cycle l'excès de réactivité du cœur après le renouvellement partiel du combustible.

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

EDF utilise deux types de combustible dans les réacteurs à eau sous pression (REP) :

- des combustibles à base d'oxyde d'uranium (UO₂) enrichi en uranium-235, à 4,5% en masse au maximum. Ces combustibles sont fabriqués dans plusieurs usines, françaises et étrangères, par Framatome 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 Melox](#) d'Orano. La teneur maximale en plutonium autorisée est actuellement limitée à 9,08% (en moyenne par assemblage de combustible) et permet d'obtenir une performance énergétique équivalente à du combustible UO₂ 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) autorisent l'utilisation de combustible au plutonium.

EDF a standardisé le mode d'utilisation du combustible dans ses réacteurs, dénommé « gestion de combustible ». Une gestion de combustible, qui concerne des réacteurs similaires, est caractérisée 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 GigaWatt jour par tonne (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 MégaWatt (MWe), et de quatre pour les réacteurs de 1 300 MWe, de 1 450 MWe ou 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. 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.

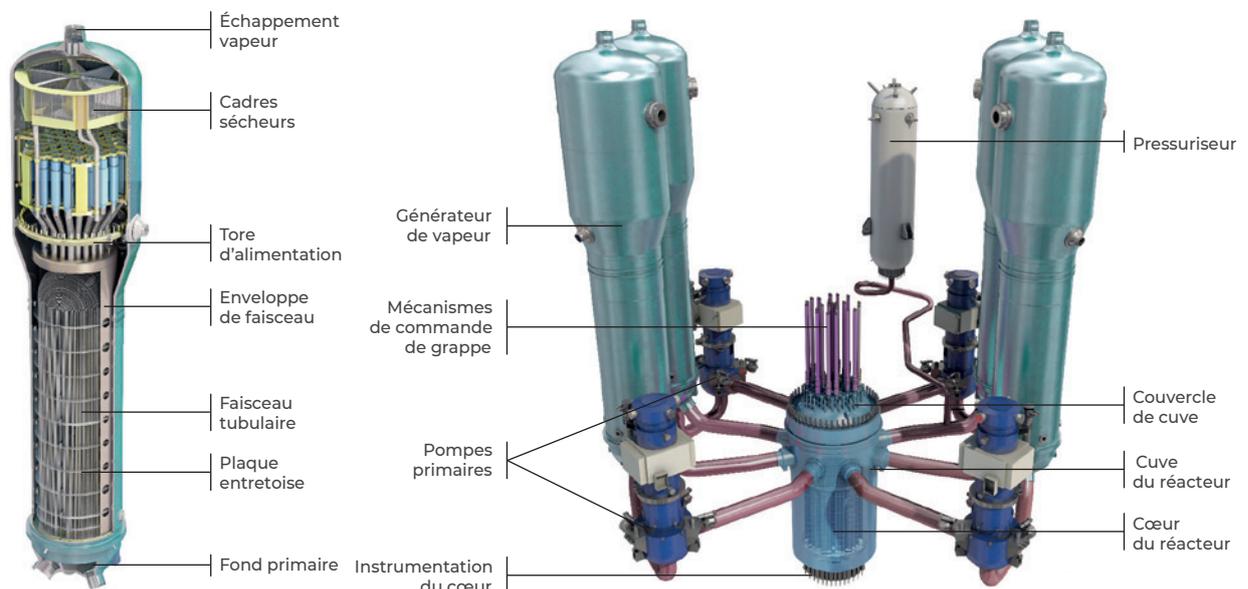
L'eau du circuit primaire cède sa chaleur à l'eau des circuits secondaires dans les générateurs de vapeur. Les générateurs de vapeur sont des échangeurs de chaleur qui contiennent, selon le modèle, de 3500 à 5600 tubes dans lesquels circule l'eau primaire. Ces tubes baignent dans l'eau du circuit secondaire 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 générateurs de vapeur, subit une détente partielle dans une turbine haute pression, puis traverse des sècheurs surchauffeurs avant d'être admise pour une détente finale dans les turbines basse pression d'où elle s'échappe vers le condenseur. Condensée, l'eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur par des pompes d'extraction relayées par des pompes alimentaires après avoir traversé des réchauffeurs.

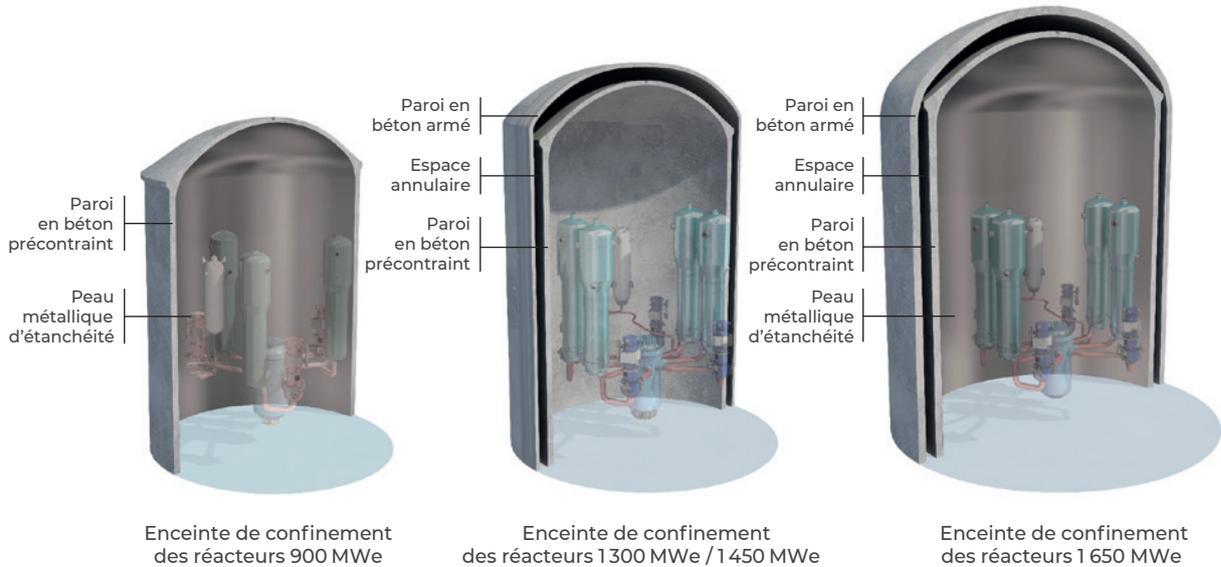
1.4 — Le circuit de refroidissement du circuit secondaire

Le circuit de refroidissement du circuit secondaire a pour fonction de condenser la vapeur sortant de la turbine.

Un générateur de vapeur et un circuit primaire principal d'un réacteur de 1300 MWe



Enceintes de confinement des réacteurs



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 (TAR) (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. Le cuivre contenu dans le laiton a en effet des propriétés bactéricides que n'ont pas le titane et les aciers inoxydables. 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 (rupture circumférentielle et doublement débattue d'une tuyauterie du circuit primaire) et pour présenter une étanchéité satisfaisante dans ces conditions ;
- la protection du réacteur contre les agressions externes.

Ces enceintes ont été conçues selon trois 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 dans l'objectif d'augmenter la résistance à la traction de celui-ci). 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 ;

- celles des réacteurs de 1300 et 1450 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 (EDE) qui assure, entre les deux parois, la collecte et la filtration des fuites résiduelles de la paroi interne avant leur rejet. La résistance aux agressions externes est principalement assurée par la paroi externe ;
- celle de l'EPR de Flamanville est constituée de deux parois en béton et d'un revêtement métallique qui recouvre l'ensemble de la face interne de la paroi interne.

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 dans les états d'arrêt, 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).

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 température et donc la pression dans l'enceinte de confinement en cas de fuite importante du circuit primaire ;
- le circuit d'alimentation de secours des générateurs de vapeurs (ASG), qui intervient pour alimenter en eau les GV

en cas de perte du système d'alimentation normal, et ainsi permettre l'évacuation de la chaleur du circuit primaire. Ce système est également utilisé en fonctionnement normal, lors des phases d'arrêt ou de redémarrage du réacteur.

1.7 — Les autres systèmes importants pour la sûreté

Les principaux autres 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 et, d'autre part, les circuits véhiculant l'eau provenant de la rivière ou de la mer (source froide) ;
- le circuit d'eau brute secourue (SEC) qui assure le refroidissement du circuit RRI au moyen de l'eau provenant de la rivière ou de la mer (source froide). C'est un circuit de sauvegarde constitué de deux lignes redondantes. Chacune de ses lignes est capable d'assurer seule, dans certaines situations, l'évacuation de la chaleur du réacteur vers 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, qui traite les informations reçues de l'ensemble des capteurs de la centrale. Il utilise des réseaux de transmission et donne des ordres aux actionneurs à partir de la salle de commande, grâce à des automatismes de régulation ou à des actions des opérateurs. Son rôle principal vis-à-vis de la sûreté du réacteur consiste à contrôler la réactivité, à piloter l'évacuation de la puissance résiduelle vers la source froide et à participer au confinement des substances radioactives ;
- les systèmes électriques, qui sont composés des sources et de la distribution électriques. Les réacteurs électronucléaires français disposent de deux sources électriques externes : le transformateur de soutirage et le transformateur auxiliaire. À ces deux sources externes s'ajoutent deux sources électriques internes : les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel. Enfin, en cas de perte totale de ces sources externes et internes, chaque réacteur dispose d'un autre groupe électrogène, constitué d'un turbo-alternateur, et chaque centrale nucléaire dispose d'une source d'ultime secours, dont la nature varie selon la centrale considérée. Ces derniers moyens seront complétés, dans les prochaines années, d'un groupe électrogène de secours à moteur Diesel dit « d'ultime secours » par réacteur.

2 — Le contrôle de la sûreté nucléaire

2.1 — Le combustible

2.1.1 — Les évolutions du combustible et de sa gestion en réacteur

Dans le but d'accroître la disponibilité et les performances des réacteurs en fonctionnement, EDF développe, avec les fabricants de combustible nucléaire, des améliorations à apporter aux combustibles et à leur utilisation en réacteur.

EDF a standardisé ses modes de gestion de combustibles. 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. Une évolution du combustible ou de son mode de gestion fait préalablement l'objet d'un examen par l'ASN et ne peut être mise en œuvre sans son accord. Lorsque ces évolutions sont importantes, leur mise en œuvre est encadrée par une décision de l'ASN.

Le comportement du combustible étant un élément essentiel de la sûreté du cœur en situation de fonctionnement normal ou accidentel, 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 contenus 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 chaque arrêt, EDF a l'obligation de rechercher et d'identifier les assemblages contenant des crayons non étanches, dont le rechargement n'est pas autorisé. Si l'activité dans le circuit primaire devient trop élevée, les règles générales d'exploitation (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 contrôlé par sondage par l'ASN en inspection. L'ASN effectue en outre des inspections afin de contrôler la nature de la surveillance qu'EDF réalise sur ses fournisseurs de combustible. Enfin, l'ASN consulte périodiquement le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) sur les enseignements tirés du retour d'expérience de l'exploitation du combustible.

2.1.2 — L'évaluation de l'état du combustible et de sa gestion en réacteur

L'état de la première barrière de confinement a été globalement satisfaisant en 2018 pour l'ensemble des centrales nucléaires, à l'exception de celle de [Nogent-sur-Seine](#). Sur ce site, l'ASN a constaté des lacunes récurrentes dans le respect des dispositions visant à prévenir l'introduction de corps étrangers dans le circuit primaire ainsi que le rechargement d'un assemblage de combustible inétanche.

L'ASN note que les progrès constatés en 2017 se poursuivent en 2018 en ce qui concerne le risque d'introduction de corps étrangers dans le circuit primaire. À titre d'exemple, plusieurs sites ont mis en place des formations à l'attention des intervenants extérieurs, ces formations étant un prérequis aux interventions.



Contrôle des soudures du circuit primaire principal – EPR Flamanville

L'ASN relève encore toutefois de manière récurrente, malgré ces progrès, la présence de corps étrangers dans les circuits primaires et maintiendra donc son attention sur cette thématique en 2019.

En 2018, le nombre d'événements significatifs liés à la manutention de combustible est resté faible, tout comme en 2017.

Les cas de blocages récurrents de grappe de commande, rencontrés lors de leur manœuvre ou de leur chute en 2017 et 2018 sur certains réacteurs de 1 300 MWe en raison de l'usure des manchettes thermiques des couvercles de cuve, ont conduit EDF à lancer un programme de contrôle sur l'ensemble des réacteurs et à remplacer les manchettes thermiques les plus usées (voir encadré). Tant que ces contrôles, qui doivent être réalisés lors des arrêts de réacteur, ne sont pas réalisés, des restrictions d'exploitation sont mises en place à la demande de l'ASN.

Enfin, concernant la fabrication des assemblages de combustible, l'ASN poursuit ses inspections notamment à la suite des anomalies rencontrées en 2017 relatives au MOX (présence d'ilots de grande taille enrichis en plutonium) et aux gaines

de combustible (anomalies de contrôles de conformité des gaines). La déclaration par EDF d'un événement significatif pour la sûreté nucléaire relatif à un phénomène de remontée de flux neutronique en bas de colonne fissile des assemblages de combustible MOX a conduit l'ASN à demander à EDF en 2018 de caractériser la perte de marge vis-à-vis de l'intégrité de la première barrière et de mettre en place des mesures compensatoires dans l'attente du déploiement d'une modification de la conception de ces assemblages. L'ASN sera attentive au déploiement de ces mesures ainsi qu'à leur efficacité.

2.2 – Les équipements sous pression nucléaires

2.2.1 – Le contrôle de la conformité de la conception et de la fabrication des équipements sous pression nucléaires

L'ASN évalue la conformité aux exigences réglementaires des équipements sous pression nucléaires (ESPN) les plus importants pour la sûreté, dits « de niveau N1 », qui correspondent à la cuve, aux générateurs de vapeur, au pressuriseur, aux groupes motopompes, aux tuyauteries ainsi qu'aux vannes et aux soupapes de sûreté.

Ces exigences réglementaires permettent de garantir leur sécurité. Elles sont définies par une directive européenne relative aux équipements sous pression et complétées par des exigences spécifiques aux ESPN.

Cette évaluation de la conformité concerne les équipements destinés aux nouvelles installations nucléaires (plus de 200 équipements sont concernés sur l'EPR de Flamanville) et les équipements de rechange destinés aux installations nucléaires en fonctionnement (générateurs de vapeur de remplacement notamment). L'ASN peut s'appuyer pour cette mission sur des organismes qu'elle habilite. Ces derniers peuvent être mandatés par l'ASN pour réaliser une partie des inspections sur les équipements dits de « niveau N1 » et sont chargés de l'évaluation de la conformité aux exigences réglementaires des ESPN

Analyse des irrégularités détectées dans des dossiers de fabrication de l'usine Creusot Forge de composants installés sur les réacteurs en fonctionnement

À la suite de la détection d'irrégularités dans certains [dossiers de fabrication de l'usine Creusot Forge d'Areva NP](#) en 2016, l'ASN a prescrit à EDF, par sa [décision n° 2017-DC-0604](#) du 15 septembre 2017, de lui transmettre pour chaque réacteur en fonctionnement, et au plus tard deux mois avant son redémarrage prévu à la suite de son prochain arrêt pour renouvellement du combustible, le bilan de la revue des dossiers de fabrication des composants forgés par l'usine Creusot Forge.

EDF a transmis le bilan de sa revue tel que prescrit par la décision du 15 septembre 2017. Certains éléments venant préciser ce bilan seront transmis à l'ASN au cours de l'année 2019.

L'examen par l'ASN des écarts mis en évidence par cette revue, débuté en 2017 et poursuivi en 2018, a conduit à des demandes de justifications complémentaires, mais n'a pas mis en évidence d'écart nécessitant la réparation ou le remplacement immédiat d'un équipement. Des demandes de contrôles ultérieurs sur site et d'essais représentatifs permettant de conforter les justifications apportées par EDF et le fabricant ont été formulées et les éléments correspondants seront instruits en 2019.

Par ailleurs, les éléments concernant les composants moulés fabriqués par la fonderie située sur le site industriel du Creusot, qui ont été demandés à EDF par la décision mentionnée précédemment, seront analysés courant 2019.

L'ASN a finalisé en 2018 l'instruction du dossier relatif à l'irrégularité détectée sur une virole basse d'un générateur de vapeur du réacteur 2 de la centrale nucléaire de [Fessenheim](#). La découverte de cet écart avait conduit l'ASN à suspendre le 18 juillet 2016 le certificat d'épreuve réglementaire du générateur de vapeur, maintenant de ce fait le réacteur à l'arrêt. Areva NP a transmis en juillet 2017 un dossier de justification de la tenue mécanique du composant concerné.

L'ASN a réalisé, avec l'appui de l'IRSN, l'examen de ces éléments qui ont été présentés le 27 février 2018 au Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires ([GPESPN](#)). Sur la base des conclusions de l'instruction, l'ASN a considéré que l'irrégularité affectant le générateur de vapeur ne remet pas en cause son aptitude au service et a par conséquent levé la suspension du certificat d'épreuve du générateur de vapeur le 12 mars 2018.

moins importants pour la sûreté, dits de « niveau N2 ou N3 ». Le contrôle de l'ASN et des organismes habilités 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 des fabricants, ainsi que de leurs fournisseurs et sous-traitants. [Cinq organismes](#) ou organes d'inspection sont actuellement habilités par l'ASN pour l'évaluation de la conformité des ESPN : Apave SA, Asap, Bureau Veritas Exploitation, Vinçotte International et l'organe d'inspection des utilisateurs d'EDF.

Les organismes habilités ont réalisé en 2018, en ce qui concerne la conception et la fabrication des ESPN, 7 704 actions de contrôle pour les ESPN destinés à l'EPR de Flamanville et 3 196 actions de contrôle pour les ESPN de remplacement destinés aux réacteurs électronucléaires en fonctionnement. Ces actions de contrôle sont réalisées sous la surveillance de l'ASN.

2.2.2 _ L'évaluation de la conception et de la fabrication des ESPN

• Les irrégularités dans les usines de fabrication

Les années 2017 et 2018 ont été marquées par l'analyse des suites de la détection, en 2016, d'irrégularités, d'ampleur et de gravité variables, dans plusieurs usines de fabrication d'ESPN, en particulier dans l'[usine Creusot Forge de Framatome](#), au sein de laquelle ces pratiques ont perduré pendant plusieurs décennies.

Considérant que ces irrégularités mettent en lumière des pratiques inacceptables et que les industriels doivent mener des actions structurantes visant à restaurer un haut niveau de qualité dans la chaîne d'approvisionnement, l'ASN a demandé à Framatome de procéder à une revue des dossiers des composants fabriqués par Creusot Forge, d'analyser les causes de la non-détection des irrégularités et de développer une culture de qualité et de sûreté permettant de garantir le niveau de qualité irréprochable attendu. En parallèle, l'ASN a demandé à EDF d'analyser les causes de la défaillance de sa surveillance de Framatome et d'évaluer les actions mises en œuvre par Framatome.

Ces demandes ont été étendues à l'ensemble des usines de Framatome. La bonne prise en compte de ces demandes ainsi que la mise en œuvre d'actions complémentaires satisfaisantes par l'usine Creusot Forge a conduit l'ASN à considérer, fin janvier 2018, que la reprise des fabrications dans cette usine de composants destinés aux installations nucléaires françaises était envisageable sous certaines conditions, notamment de surveillance des activités.

En lien avec cette action, l'ASN examine, avec l'appui des organismes qu'elle mandate, le traitement des écarts détectés lors de la revue des dossiers dans le cadre de l'évaluation de la conformité des équipements neufs. Une action similaire est également réalisée pour les composants intégrés à des équipements en service sur la base des analyses réalisées par Framatome et EDF (voir l'encadré relatif à l'usine Creusot Forge).

En parallèle, EDF a engagé des actions visant à adapter ses pratiques de contrôle afin de lutter contre les risques de fraudes, en réalisant notamment plus d'actions de contrôle inopinées ou contradictoires.

• Renforcer les justifications de la conception des ESPN

L'ASN a été régulièrement amenée à faire le constat que les justifications et les démonstrations apportées par les fabricants dans le cadre de la réglementation relative aux ESPN, notamment en ce qui concerne la bonne conception de ces équipements, sont insatisfaisantes. Les industriels, en particulier EDF

et Framatome, 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 considère positivement cette démarche et a reconnu, pour la plupart des problématiques identifiées en 2015, le caractère approprié des publications de l'AFCEN prenant la forme de guides ou de méthodes. Cette démarche sera renouvelée dans les années à venir pour continuer à faire progresser la profession sur certaines thématiques et pour tirer le retour d'expérience des premières applications des guides et méthodes créées.

2.2.3 _ Le contrôle de l'exploitation des équipements sous pression

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

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 électronucléaires à eau sous pression. 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.

• Les 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 contraintes mécaniques importantes. Il peut conduire à l'apparition de fissures, comme observé sur certains tubes de GV au début des années 1980 ou, plus récemment en 2011, sur une pénétration de fond de cuve du réacteur 1 de la centrale nucléaire de [Gravelines](#) et, en 2016, sur une pénétration de fond de cuve du réacteur 3 de la centrale nucléaire de [Cattenom](#).

Ces fissures conduisent l'exploitant à réparer les zones concernées ou à isoler la partie concernée du circuit.

À la 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 par EDF sont satisfaisantes pour détecter les dégradations redoutées.

• La résistance des cuves des réacteurs

La cuve, composant essentiel d'un réacteur à eau sous pression, contient le cœur du réacteur ainsi que son instrumentation.

Pour les réacteurs de 900 MWe, la cuve a une hauteur de 14 m, un diamètre de 4 m pour une épaisseur de 20 cm et une masse de 330 tonnes. Pour l'EPR, en cours de construction à Flamanville, la hauteur de la cuve est de 15 m, son diamètre de 4,90 m pour une épaisseur de 25 cm et sa masse de 510 tonnes.

En fonctionnement normal, la cuve est entièrement remplie d'eau, à une pression de 155 bars et à une température de 300 °C. Elle est composée d'acier ferritique, avec un revêtement interne en acier inoxydable.

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

- la cuve est un composant dont le remplacement n'est pas envisagé, pour des raisons à la fois de faisabilité technique et de coût ;
- le contrôle contribue à la démarche d'exclusion de rupture de cet équipement. Cette démarche repose sur des dispositions particulièrement exigeantes en matière de conception, de fabrication et de contrôle en service afin de garantir sa tenue pendant toute la durée de vie du réacteur, y compris en cas d'accident.

Durant son fonctionnement, le métal de la cuve se fragilise progressivement, 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 technologiques, 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 justifications de la résistance en service des cuves transmises par EDF afin de s'assurer qu'elles sont suffisamment conservatives.

En particulier, EDF a transmis à l'ASN, mi-2016, un dossier justifiant la résistance en service des cuves des réacteurs de 900 MWe après quarante ans d'exploitation, dont l'examen par l'ASN est en cours. Une première partie de ce dossier a été soumise à l'avis du GPESPN le 20 novembre 2018, la seconde devant l'être dans le courant de l'année 2019.

• La maintenance et le remplacement des générateurs de vapeur

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

• L'encrassement des tubes et internes de la partie secondaire des générateurs de vapeur

Les GV ont tendance à s'encrasser au cours du temps en raison des produits de corrosion issus des échangeurs du circuit secondaire. Cela se traduit par l'accumulation de boue molle ou dure en partie basse des GV, l'encrassement des parois des tubes et le colmatage des plaques entretoises qui soutiennent le faisceau tubulaire. Les produits de corrosion forment une couche de magnétite sur les surfaces des internes. Sur les tubes, la couche de dépôt (encrassement) diminue l'échange thermique.

Les principes de la démonstration de la résistance en service des cuves

La réglementation en vigueur impose notamment à l'exploitant :

- d'identifier les situations de fonctionnement 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 les moyens lui permettant de détecter suffisamment tôt les 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.

Au niveau des plaques entretoises, 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 GV.

Pour empêcher ou minimiser les effets de l'encrassement décrits ci-dessus, diverses solutions peuvent être mises en œuvre et permettent de limiter les dépôts métalliques : nettoyages chimiques préventifs ou nettoyages mécaniques curatifs (lancements 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, modification des produits chimiques de conditionnement des circuits et augmentation du pH du circuit secondaire. Certaines de ces opérations nécessitent l'obtention d'une autorisation de rejet de certains produits mis en œuvre.

Certains procédés de nettoyage chimique font encore l'objet d'essais visant à démontrer l'innocuité des produits chimiques employés. En particulier, l'identification d'un risque de corrosion sur des réacteurs ayant fait l'objet de tels nettoyages en 2016 a conduit l'ASN à demander la mise en œuvre de mesures de maintenance particulières, en particulier des examens non destructifs sur les zones potentiellement exposées à ce risque.

• Le remplacement des générateurs de vapeur

Depuis les années 1990, EDF conduit un programme de remplacement des GV constitués des faisceaux tubulaires les plus dégradés, dont en priorité ceux fabriqués en alliage Inconel 600 non traités thermiquement (600 MA) puis ceux fabriqués en alliage 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 600 TT (soit 26 réacteurs). L'année 2018 a vu s'achever le remplacement des GV du réacteur 2 de la centrale nucléaire de [Paluel](#).

• Méthodes de contrôle appliquées aux équipements sous pression des circuits primaire et secondaires principaux

L'[arrêté du 10 novembre 1999](#) dispose 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 électronucléaires doivent faire l'objet d'une qualification, préalablement à leur première utilisation. Celle-ci est 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](#).

La qualification permet de garantir que le procédé d'essai non destructif atteint effectivement les performances prévues et décrites dans un cahier des charges préalablement établi.

En raison des risques radiologiques associés à la radiographie, les contrôles par ultrasons sont privilégiés, s'ils présentent des performances de contrôle équivalentes.

À ce jour, plus de 90 procédés d'essais non destructifs sont qualifiés dans le cadre des programmes d'inspection en service. De nouveaux procédés de développement et de qualification pour répondre à de nouveaux besoins sont en cours.

Concernant l'[EPR de Flamanville](#), la quasi-totalité des procédés d'essais pour le suivi en service des équipements sous pression des circuits primaire et secondaires principaux a été qualifiée en amont de la visite complète initiale (VCI) du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux, ce qui correspond à plus de 30 procédés qualifiés spécifiques à l'EPR.

2.2.4 – L'évaluation des équipements sous pression en exploitation

Du fait de difficultés rencontrées dans la maîtrise de l'encrassement ou le remplacement de certains générateurs de vapeur, la situation de la deuxième barrière de confinement que constitue le circuit primaire a fait l'objet d'une attention particulière de l'ASN en 2018.

D'une part, il a été constaté des niveaux d'encrassement très importants dans certains générateurs de vapeur de plusieurs réacteurs, susceptibles d'altérer la sûreté de leur fonctionnement. Ces niveaux d'encrassement résultent d'une maintenance insuffisante pour assurer un état de propreté satisfaisant et mettent en exergue la nécessité, pour certains types de générateurs de vapeur, de poursuivre l'amélioration de la stratégie de suivi et de prévention de ce phénomène. Cette situation a amené l'ASN, en 2018, à demander la réalisation anticipée d'une opération de nettoyage chimique avant redémarrage sur les générateurs de vapeur du réacteur 4 de la centrale nucléaire de [Dampierre-en-Burly](#).

D'autre part, l'ASN constate que les dernières opérations de remplacement des générateurs de vapeur des réacteurs de 900 MWe ont été reportées, notamment à cause de nombreux écarts affectant la fabrication de ces équipements. Ces reports ont conduit à la mise en œuvre d'opérations de sécurisation, par bouchage ou manchonnage, des tubes de certains générateurs de vapeur présentant des fissures, jusqu'à leur remplacement. En ce qui concerne les réacteurs de 1 300 MWe, le premier remplacement de générateur de vapeur a été achevé en 2018 sur le réacteur 2 de la centrale nucléaire de Paluel.

Enfin, s'agissant des autres équipements du circuit primaire principal, l'ASN considère que leur suivi en service, encadré par les dispositions de l'[arrêté du 10 novembre 1999](#), est réalisé de manière appropriée. La détection en 2017 d'une nouvelle fissure sur la traversée de fond de cuve du réacteur 3 de la centrale nucléaire de [Cattenom](#), dont l'absence d'évolution a été constatée en 2018, illustre cependant le risque de nouvelles dégradations associées au vieillissement des installations et confirme la nécessité d'adapter en conséquence le niveau d'exigence de suivi en service et l'anticipation du développement des procédés de réparation.

2.3 – Les enceintes de confinement

2.3.1 – Le contrôle des 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. Ces essais sont imposés par l'[arrêté du 7 février 2012](#) fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base.

2.3.2 – L'évaluation de l'état des enceintes de confinement

• Gestion globale de la fonction de confinement

L'organisation mise en œuvre par EDF pour suivre les activités et systèmes susceptibles d'avoir un impact sur le confinement statique et dynamique des installations est globalement satisfaisante, même si celle-ci tarde parfois à être complètement formalisée. Si le maintien en état des systèmes dédiés fait l'objet de plusieurs actions par EDF, des améliorations sont encore attendues sur l'état du confinement de la troisième barrière et de ses constituants, notamment la maintenance des siphons de sol ainsi que les éléments constitutifs des portes participant au maintien du confinement statique.

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

Les épreuves décennales des enceintes des réacteurs de 900 MWe réalisées depuis 2009 dans le cadre de leur troisième visite décennale 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 nucléaire du [Bugey](#). Ce dernier est désormais suivi régulièrement depuis qu'une évolution défavorable de l'étanchéité de son enceinte a été mise en évidence en 2011. Cette enceinte a fait l'objet d'une réparation en 2017.

Le vieillissement des enceintes des réacteurs de 900 MWe a été instruit par l'ASN avec l'appui de l'IRSN en 2018 et a été présenté au GPR lors d'une séance dédiée au vieillissement. Cette instruction a conclu que la propreté de la partie extérieure des enceintes doit être améliorée pour permettre de garantir l'absence de stagnation d'eau, de débris, de mousses et d'autres végétations.

• 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 d'entre elles sous l'effet combiné de déformations du béton et de pertes de précontrainte de certains câbles plus importantes qu'anticipées lors de 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 des réacteurs de 1 300 MWe les plus affectés, mais aussi des réacteurs de 1 450 MWe.

Les épreuves réalisées depuis ces travaux, lors des deuxièmes et troisièmes visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe et des premières visites décennales des réacteurs de 1 450 MWe, ont toutes respecté les critères de taux de fuite. Afin de s'assurer que le respect de ces critères sera maintenu dans le temps, EDF a décidé d'améliorer l'étanchéité de la paroi interne des

bâtiments de ces réacteurs en mettant en œuvre des revêtements d'étanchéité sur leur extradoss.

L'ASN reste vigilante sur l'évolution de l'étanchéité de ces enceintes et sur le maintien de l'efficacité des revêtements sur le long terme. L'efficacité de la fonction de confinement des réacteurs à double paroi a fait l'objet d'une instruction en 2013. L'ASN avait conclu que :

- au-delà de la surveillance satisfaisante de l'état du béton mise en place par EDF, des actions complémentaires de prévention ou de limitation des apports d'eau extérieurs devaient aussi être envisagées car il s'agit, en l'état actuel des connaissances, du principal moyen de préservation des enceintes, notamment vis-à-vis des phénomènes de gonflement du béton ;
- EDF devait renforcer la surveillance en exploitation et l'inspection visuelle de certains points singuliers de ces enceintes (fourreaux, tampon d'introduction des matériels) ;
- le système d'instrumentation qui assure la fonction de contrôle en continu du taux de fuite 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.

EDF a engagé des actions pour répondre à ces conclusions. L'ASN contrôle, notamment par des inspections, leur bonne mise en œuvre.

2.4 – La prévention et la maîtrise des risques

2.4.1 – Le contrôle de l'élaboration et de l'application des règles générales d'exploitation

Les règles générales d'exploitation (RGE) encadrent le fonctionnement des réacteurs électronucléaires. Celles-ci sont établies par l'exploitant et déclinent de manière opérationnelle les hypothèses et conclusions des études de sûreté qui constituent la démonstration de sûreté nucléaire. Elles fixent les limites et conditions d'exploitation de l'installation.

• Le fonctionnement normal et le fonctionnement en mode dégradé

Les spécifications techniques d'exploitation

Les spécifications techniques d'exploitation (STE), qui constituent le chapitre III des règles générales d'exploitation, définissent les domaines de fonctionnement normal fondés sur les hypothèses de conception et de dimensionnement de l'installation et requièrent les systèmes nécessaires au maintien des fonctions de sûreté, notamment l'intégrité des barrières de confinement des substances radioactives et la surveillance de ces fonctions en cas d'incident ou d'accident. Elles prescrivent également les conduites à tenir en cas de défaillance momentanée d'un système requis ou de dépassement d'une limite, ces situations relevant d'un fonctionnement dit en « mode dégradé ».

Les STE évoluent pour intégrer le retour d'expérience de leur application et les modifications apportées aux réacteurs. De manière ponctuelle, l'exploitant peut les amender temporairement, par exemple pour réaliser une intervention dans des conditions différentes de celles initialement prises en compte dans la démonstration de sûreté nucléaire. Il doit alors justifier de la pertinence de cette modification temporaire, et définir les mesures compensatoires adéquates pour maîtriser les risques associés.

Les modifications des STE de nature à affecter les intérêts protégés font l'objet, selon leur importance, soit d'une demande d'autorisation auprès de l'ASN, soit d'une déclaration à l'ASN, préalablement à leur mise en œuvre.

Lors des inspections dans les centrales nucléaires, 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 modifications des installations mises en œuvre et les documents d'exploitation normale, tels que les consignes de conduite, les fiches d'alarme, les STE et la formation des acteurs en charge de leur application.

Les essais périodiques

Les éléments importants pour la protection (EIP) des personnes et de l'environnement sont des matériels identifiés par l'exploitant. Ils font l'objet d'une qualification visant à garantir leur capacité à assurer leurs fonctions dans les situations où ils sont nécessaires. Les essais périodiques de ces matériels contribuent à vérifier la pérennité de la qualification et permettent de s'assurer régulièrement de leur disponibilité lorsqu'ils sont requis. Les règles associées, intégrées dans les règles générales d'exploitation des réacteurs, fixent la nature des contrôles techniques à réaliser, leur fréquence et les critères qui permettent de statuer sur le caractère satisfaisant des contrôles, c'est-à-dire sur le respect des exigences de qualification du matériel concerné.

L'ASN s'assure que les essais périodiques relatifs aux EIP sont pertinents et qu'ils font l'objet d'une amélioration continue. Elle exerce cette vérification lors de l'instruction de la demande d'autorisation de mise en service du réacteur, puis lors des demandes d'autorisation de modification des RGE. Elle vérifie aussi au cours d'inspections que ces essais périodiques sont exécutés conformément aux programmes d'essais prévus dans les RGE.

Les essais physiques du cœur

Les essais physiques du cœur contribuent aux deux premiers niveaux de la défense en profondeur. Ils ont pour objectif, d'une part, de confirmer que le cœur en cours d'exploitation est conforme au référentiel de conception et à la démonstration de sûreté, d'autre part, de calibrer les systèmes de régulation et de protection automatiques.

Ces essais prescrits dans le chapitre des RGE relatif aux essais physiques du cœur des réacteurs d'EDF sont réalisés périodiquement.

Les essais physiques au redémarrage sont assimilables à des essais de requalification à la suite du rechargement du cœur. Les essais physiques en cours et lors d'une prolongation de cycle permettent de garantir la disponibilité et la représentativité de l'instrumentation ainsi que les performances du cœur en exploitation.

Les modifications des RGE relatives aux essais physiques du cœur sont réalisées suivant un processus similaire à celui régissant les modifications des STE et sont généralement soumises à autorisation de l'ASN.

Lors des inspections sur site, l'ASN contrôle la conformité des essais réalisés (respect des modes opératoires et des critères à vérifier) ainsi que l'organisation d'EDF durant ces phases d'exploitation particulières.

• Les règles de conduite en cas d'incident ou d'accident

La conduite en cas d'incident ou d'accident

Les stratégies et les règles de conduite du réacteur en situation d'incident ou d'accident sont définies dans les RGE. Celles-ci évoluent notamment pour intégrer le retour d'expérience des incidents et accidents, résorber les écarts détectés lors de leur application ou prendre en compte les modifications apportées aux installations, notamment celles issues des réexamens périodiques. Ces modifications sont, pour la plupart, soumises à l'autorisation de l'ASN.

L'ASN contrôle régulièrement les processus d'élaboration et de validation des règles de conduite en cas d'incident ou d'accident, leur pertinence et leurs modalités de mise en œuvre.

Dans ce cadre, l'ASN peut mettre en situation les équipes de conduite de l'installation pour contrôler les modalités d'application des règles précitées et de gestion des matériels spécifiques utilisés en conduite accidentelle. Elle veille en particulier à la bonne application des principes d'organisation des équipes de crise décrits dans le référentiel d'EDF validé par l'ASN. Cette organisation prévoit notamment que chaque équipier de crise participe au moins annuellement à un exercice.

La conduite en cas d'accident grave

À la suite d'un incident ou d'un accident, si les fonctions de sûreté (maîtrise de la réactivité, du refroidissement et du confinement) ne sont pas assurées du fait d'une succession de défaillances, la situation est susceptible d'évoluer vers un accident grave consécutivement à un endommagement sévère du combustible. Face à de telles situations, peu probables, les stratégies de conduite de l'installation privilégient la préservation de l'enceinte de confinement afin de limiter autant que possible les rejets dans l'environnement (voir chapitre 4, point 1.3.1). La mise en œuvre de ces stratégies mobilise les 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 cas d'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.

2.4.2 _ L'évaluation de l'exploitation des réacteurs

• Le fonctionnement normal et dégradé

L'année 2018 a été marquée par des difficultés rencontrées par EDF dans la maîtrise des activités de conduite et de maintenance, en particulier lors des redémarrages après les arrêts de réacteur. L'ASN ne constate pas d'amélioration notable de la qualité de l'exploitation des centrales nucléaires par rapport à l'année 2017 dans la mesure où les causes profondes des défauts apparaissent structurelles et où les effets des actions engagées par EDF ne sont pas encore mesurables.

La maîtrise de certaines activités sensibles, telles que les modifications momentanées des configurations des circuits pour procéder aux essais périodiques de certains matériels, à l'origine de non-qualités d'exploitation, semble en voie de progrès sur certains sites. Ces progrès, qui sont à replacer dans le cadre des plans d'action engagés par EDF depuis plusieurs années, restent à conforter.

En revanche, le traitement des alarmes en salle de commande – de leur prise en compte par l'équipe de conduite à la réalisation des actions de conduite requises par les fiches d'alarme – est en retrait. L'ASN note en particulier une accoutumance aux alarmes récurrentes, ce qui est particulièrement préjudiciable puisqu'une même alarme peut signaler des défaillances différentes.

Des défauts de qualité de maintenance sont régulièrement à l'origine d'une augmentation de la durée des phases de redémarrage des réacteurs après leur arrêt pour renouvellement du combustible. Les activités récurrentes, telles que la réalisation d'essais périodiques, ont été par ailleurs à l'origine d'écarts en phase de préparation comme en phase de réalisation. L'appropriation, par les acteurs concernés, des pratiques de fiabilisation des interventions reste insuffisante.

Cette situation conduit l'ASN à reconduire le dispositif de contrôle adapté mis en œuvre en 2018. Il se traduit notamment par des inspections renforcées sur les sites les plus en retrait.

L'ASN constate par ailleurs que les processus qu'EDF met en œuvre pour la conception des spécifications techniques d'exploitation et des règles d'essais périodiques soumises à son autorisation ont été défailants à plusieurs reprises. EDF a notamment dû réviser les règles générales d'exploitation des réacteurs de 1300 MWe appliquées à l'issue de leur troisième visite décennale pour assurer la cohérence entre l'état réel des installations et les documents d'exploitation. Les contrôles renforcés que l'ASN a réalisés en 2018 ont conduit EDF à engager une révision en profondeur de ses processus de conception de la documentation utilisée pour assurer le maintien du fonctionnement des réacteurs dans le périmètre couvert par leur démonstration de sûreté nucléaire.

La planification, la réalisation et l'analyse des résultats des essais périodiques constituent des domaines dans lesquels la quasi-totalité des sites doit progresser. Cette constatation est faite de manière récurrente pour de nombreux sites. Les gammes renseignées d'essais périodiques sont des documents régulièrement contrôlés par les inspecteurs de l'ASN. L'ASN constate que le manque de préparation des essais périodiques conduit parfois à des dépassements de périodicité de réalisation et à ce que les conditions de réalisation de ces essais soient inadéquates. L'autre raison expliquant les retards de réalisation d'essais est la mise en œuvre du nouveau système informatique des centrales, dans lequel la transposition de certains essais périodiques a parfois été mal réalisée. Par ailleurs, les inspecteurs de l'ASN ont constaté à plusieurs reprises des conclusions erronées en matière de disponibilité des matériels à l'issue de la réalisation d'essais périodiques. L'ASN constate aussi que les sites éprouvent des difficultés à traduire les exigences portées par les règles d'essais périodiques dans les gammes d'essais opératoires. L'ensemble de ces situations a fait l'objet de nombreux événements significatifs pour la sûreté. Un événement significatif pour la sûreté concernant l'absence de suivi métrologique de capteurs utilisés pour la validation de critères de sûreté lors des essais périodiques a particulièrement retenu l'attention de l'ASN, qui a veillé à ce que les sites mettent à jour le suivi métrologique des capteurs et que ceux-ci justifient de la disponibilité des matériels ayant fait l'objet d'essais avec des capteurs non suivis.

Par ailleurs, l'ASN a constaté des défauts de contrôle récurrents lors des essais physiques du cœur réalisés au redémarrage des réacteurs et durant l'exploitation. Ces anomalies concernent en particulier les essais de mesures de temps de chute des grappes et compromettent la détection d'éventuels écarts relatifs à la maîtrise de la réactivité. De plus, l'ASN considère nécessaire de renforcer l'exploitation des signaux faibles relatifs aux indisponibilités des matériels valorisés lors des accidents de dilution du réfrigérant primaire.

Comme en 2017, l'ASN constate, en 2018, que le taux de suivi des avis exprimés par la filière indépendante de sûreté (FIS), présente au sein de chaque entité d'EDF, varie de manière significative d'une centrale nucléaire à l'autre. L'ASN a en particulier constaté que les processus de prise de décision d'EDF, qui mobilisent notamment la FIS, ne permettent pas toujours d'assurer que la priorité est accordée à la protection des intérêts.

• La conduite en cas d'incident, d'accident ou d'accident grave

Comme chaque année, l'ASN a mené en 2018 plusieurs inspections sur les dispositions organisationnelles et techniques prévues par EDF en situation d'incident et d'accident. L'une d'elles a été réalisée de manière réactive après un dysfonctionnement

La filière indépendante de sûreté (FIS)

Au sein d'EDF, la FIS assure la vérification en matière de sûreté des actions et décisions prises par les services en charge de l'exploitation des installations. Sur chaque centrale nucléaire, la FIS est composée d'ingénieurs sûreté et d'auditeurs, qui assurent notamment chaque jour une vérification du niveau de sûreté des réacteurs. Le fonctionnement de chaque FIS est contrôlé et évalué, au niveau national, par la FIS de la Division de la production nucléaire d'EDF. Enfin, les services d'inspection interne d'EDF, notamment l'inspecteur général rattaché au président du groupe EDF, assisté d'une équipe d'inspecteurs, constituent le plus haut niveau de vérification indépendante de la sûreté nucléaire au sein du groupe EDF.

sévère d'une régulation de pression du circuit primaire du réacteur 5 de la centrale nucléaire du [Bugey](#).

Lors de ces inspections, l'ASN contrôle, d'une part, les modalités d'application des procédures de conduite en situation d'incident ou d'accident et, d'autre part, les aptitudes fonctionnelles de certains matériels nécessaires. Ces inspections intègrent quasi systématiquement une mise en situation des équipes d'EDF. Elles ont mis en lumière, en 2018, que la connaissance des consignes guidant les gestes que les opérateurs de terrain ont à accomplir mériterait d'être améliorée. L'ASN a également constaté que ces consignes contiennent parfois des erreurs, des imprécisions, voire des instructions impossibles à réaliser, qui n'avaient pas été identifiées lors des contrôles internes qu'EDF met en œuvre.

Afin qu'EDF renforce sa capacité à maîtriser les situations d'accidents qui requièrent l'application de ces consignes, l'ASN a notamment demandé à EDF de renforcer ses contrôles techniques en phase de validation des documents mis à la disposition des opérateurs, de s'assurer de l'applicabilité *in situ* de ces documents avant leur mise en application, d'améliorer la clarté et l'opérabilité des documents encadrant l'utilisation des matériels mobiles en situation dégradée ou en situation d'urgence et de réaliser des mises en situation d'exercice avec l'utilisation des consignes locales.

Les inspections sur l'organisation et les moyens de crise ont permis de confirmer un bon niveau d'appropriation des principes d'organisation, de préparation et de gestion des situations d'urgence relevant d'un plan d'urgence interne.

Si le retour d'expérience des exercices et des situations réelles est bien réalisé par EDF, l'ASN constate que l'exploitant n'en tire pas encore pleinement le bénéfice dans la mesure où certains axes d'amélioration sont identifiés de manière récurrente. Néanmoins, ce retour d'expérience montre que les relations entre chaque centrale nucléaire et les acteurs tiers impliqués dans la gestion d'une situation d'urgence (hôpitaux, services de secours) sont satisfaisantes et renforcent l'intérêt de tels exercices.

Les centrales nucléaires d'EDF n'ont pas activé de PUI en 2018.

L'ASN poursuivra en 2019 le contrôle de l'application des dispositions de sa [décision n° 2017-DC-0592](#) du 13 juin 2017 relative aux obligations des exploitants d'installations nucléaires de base en matière de préparation et de gestion des situations d'urgence et au contenu du plan d'urgence interne. La mise en conformité par rapport aux dispositions de la décision se poursuit.

2.4.3 – Le contrôle de la maintenance des installations

La maintenance préventive constitue une ligne de défense essentielle pour maintenir la conformité d'une installation à son référentiel de sûreté. Il s'agit d'une thématique importante qui fait l'objet de contrôles par l'ASN lors de ses inspections dans les centrales nucléaires.

Afin d'améliorer la fiabilité des équipements participant à la sûreté mais aussi à la performance industrielle, EDF optimise ses activités de maintenance en s'inspirant d'autres pratiques de l'industrie conventionnelle et des exploitants de centrales nucléaires à l'étranger.

Ainsi, EDF a engagé en 2010 le déploiement d'une nouvelle méthodologie de maintenance, dénommée AP-913, développée par les exploitants nucléaires américains. Le principal intérêt de cette méthode est de rendre les matériels plus fiables grâce à un suivi en service permettant d'améliorer la maintenance préventive.

La déclinaison de cette méthodologie de maintenance 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 des 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.

Après un bilan du déploiement de l'AP-913 réalisé à la mi-2016, EDF a souhaité faire évoluer ses pratiques afin de garantir la qualité des gestes de maintenance, de recentrer le suivi des performances sur les matériels et systèmes à forts enjeux et d'optimiser le volume des opérations de maintenance.

2.4.4 – L'évaluation de la maintenance

L'ASN constate qu'EDF a mis en place des plans d'action pour réduire l'occurrence des défauts de qualité de maintenance, mais constate également que ceux-ci persistent à un niveau encore trop élevé. Plusieurs d'entre eux auraient pu être évités par une meilleure prise en compte du retour d'expérience entre réacteurs, y compris sur un même site. Un manque d'attitude interrogative et de proactivité dans la mise en œuvre d'actions correctives adaptées est trop souvent observé pour l'identification et le traitement d'écarts liés à des activités de maintenance.

L'ASN note toujours des défauts de maîtrise des activités dus à des difficultés dans l'approvisionnement des pièces de rechange, en particulier à cause de pièces de rechange non disponibles ou non conformes, mais la tendance à une légère amélioration observée en 2017 s'est confirmée en 2018.

L'ASN observe également régulièrement un manque de rigueur dans les actions de contrôle technique des interventions et de surveillance des prestataires, ainsi que des déficiences dans la traçabilité et la fiabilisation des interventions. De plus, les intervenants doivent toujours faire face à des contraintes liées à l'organisation du travail, telles que la préparation insuffisante de certaines activités, des modifications imprévues de planning ou des problèmes de coordination des chantiers, qui provoquent des retards ou des reports d'activités. Ces difficultés sont plus particulièrement rencontrées lors des activités non planifiées, telles que le traitement d'aléas.

La gestion du maintien de la qualification des équipements aux conditions accidentelles devrait être améliorée, en particulier pour l'intégration par les sites des documents prescriptifs en raison de documents opérationnels inadaptés ou mal appliqués. Les opérations de requalification des équipements après des travaux de maintenance ne permettent pas toujours de détecter une mauvaise réalisation des travaux. En conséquence, les phases de redémarrage des réacteurs constituent trop souvent l'occasion de détecter des défauts de qualité de maintenance, ce qui peut prolonger de manière significative ces phases.

La méthode de maintenance AP-913 (voir 2.4.3) est de nature à permettre à l'exploitant de disposer d'une meilleure connaissance de l'état de ses installations et d'en assurer une maintenance plus régulière. Toutefois, l'ASN considère que des actions volontaristes doivent être engagées par EDF pour renforcer ses processus de maintenance. En particulier, EDF doit encadrer davantage leur mise en œuvre et y allouer les moyens nécessaires. Par ailleurs, EDF doit s'assurer que l'ensemble des intervenants respecte les méthodes préconisées pour le renseignement des indicateurs de suivi des matériels, la préparation, la réalisation et le compte rendu des visites de terrain ainsi que la traçabilité des décisions de maintenance.

Malgré cela, l'ASN considère que la plupart des sites ont réussi à s'organiser pour mener à bien des opérations de maintenance conséquentes, comme par exemple la préparation et la réalisation des visites décennales qui mobilisent fortement leurs ressources, notamment les plus expérimentées, en raison des phases de maintenance particulièrement intenses.

Dans la perspective de la poursuite du fonctionnement des réacteurs, du programme « grand carénage » et du retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, l'ASN considère important qu'EDF poursuive ses efforts engagés pour remédier aux difficultés rencontrées et pour améliorer l'efficacité de ses activités de maintenance.

2.4.5 _ La prévention des effets des agressions internes et externes

• Les risques liés aux incendies

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

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 et zones de cantonnement conçus pour circonscrire le feu dans un périmètre donné et délimité 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 générer 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 d'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.

Les risques importants associés à l'incendie ont fait l'objet de nombreuses demandes de l'ASN depuis 2003, et l'ASN a donc rappelé à EDF en 2016 qu'elle attend, dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, une démonstration structurée et robuste fondée sur une approche de défense en profondeur. L'ASN instruit les méthodes de justification produites par EDF. Celles-ci seront soumises à l'avis du GPR en 2019.

• Les risques liés aux explosions

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.

• Les risques liés aux inondations internes

Une inondation interne, c'est-à-dire provenant de l'intérieur de l'installation, peut entraîner des défaillances d'équipements nécessaires à l'arrêt sûr du réacteur, le refroidissement du combustible et le confinement des produits radioactifs. Des dispositions sont donc prises pour prévenir les inondations internes (maintenance des tuyauteries véhiculant de l'eau...) ou maîtriser leurs conséquences (présence de siphons de sol et pompes d'exhaure permettant d'évacuer l'eau, mise en place de seuils ou de portes étanches pour éviter la propagation de l'inondation...). Ces dispositions font l'objet de contrôles réguliers par l'ASN.

L'ASN reste vigilante sur les risques d'inondation interne induits par un séisme, ainsi que sur la prise en compte du retour d'expérience et en particulier le traitement des écarts affectant certaines dispositions de protection contre l'inondation interne.

• Les risques liés aux inondations externes

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 de leurs installations face à ce risque dans des conditions plus sévères qu'auparavant et à effectuer de nombreuses améliorations de la sûreté, selon un échéancier défini au regard des enjeux. Conformément aux prescriptions de l'ASN, EDF a achevé en 2014 les travaux requis sur l'ensemble de ses réacteurs électronucléaires.

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 installations nucléaires de base contre les inondations externes. Pour les installations existantes, l'ASN a

demandé à EDF, en 2014, de prendre en compte les recommandations du guide pour l'ensemble de ses réacteurs :

- pour les réacteurs de 1300 MWe, l'ASN a demandé à EDF de privilégier le troisième réexamen périodique ;
- pour les autres réacteurs en fonctionnement, EDF privilégiera les prochains réexamens périodiques (quatrième réexamens des réacteurs de 900 MWe et deuxième réexamens des réacteurs de 1450 MWe).

À l'issue des [évaluations complémentaires de sûreté](#) (ECS) réalisées après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, l'ASN a considéré que, 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 2.9).

• Les risques liés au séisme

Bien que la sismicité soit modérée, voire faible, en France, la prise en compte de ce risque par EDF dans la démonstration de sûreté de ses réacteurs électronucléaires fait l'objet d'une attention soutenue de la part de l'ASN compte tenu des conséquences potentielles sur la sûreté des installations. 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.

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

Cette RFS est complétée par le [guide de l'ASN 2/01](#) de mai 2006 qui définit les méthodes de calcul acceptables pour l'étude du comportement sismique des bâtiments nucléaires et d'ouvrages particuliers comme les digues, les galeries et les 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. Les centrales nucléaires d'EDF sont ainsi dimensionnées à des niveaux de séisme intégrant les spécificités géologiques locales de chacune d'entre elles.

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 à l'international sont également analysés et intégrés dans ce cadre.

L'évolution des connaissances conduit EDF à réévaluer l'aléa sismique dans le cadre des réexamens périodiques, en particulier dans le cadre des :

- troisième réexamens périodiques des réacteurs de 1300 MWe ;
- quatrième réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe ;
- deuxième réexamens périodiques des réacteurs de 1450 MWe.

À la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, l'ASN a prescrit à EDF de définir et de 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 » doit 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.

L'ASN considère que les évaluations des aléas sismiques déterminés par EDF sont acceptables, à l'exception de celles concernant les centrales nucléaires de [Saint-Alban/Saint-Maurice](#), [Fessenheim](#), [Chinon](#) et [Chooz](#) qui sont insuffisantes au regard de l'état des connaissances. L'ASN a donc demandé à EDF en 2015 et 2016 :

- de réévaluer les spectres sismiques des centrales nucléaires de Saint-Alban/Saint-Maurice, Fessenheim, Chinon et Chooz 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 des réexamens périodiques.

• Les 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 température 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.

Dans le cadre du réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, EDF a engagé un programme de modification de ses installations visant à se prémunir des effets d'une situation de canicule. 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 climatique afin d'anticiper les évolutions du climat qui pourraient remettre en cause les hypothèses de températures retenues dans son référentiel.

En ce qui concerne les réacteurs de 900 MWe, l'ASN a donné son accord en 2012 à la déclinaison du référentiel 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 types de réacteurs.

L'ASN a demandé en 2016 à EDF de prendre en compte le retour d'expérience des événements caniculaires de 2015 et 2016 ainsi que leurs effets sur les installations dans le cadre des études prévues pour les quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe. Les conclusions de ces études pourront, le cas échéant, être prises en compte lors de la révision des études relatives aux autres types de réacteurs.

• Les risques liés à la foudre

Les mesures relatives au risque de foudre pour les centrales nucléaires reposent actuellement principalement sur les dispositions prévues par la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. Cette réglementation impose la réalisation d'une analyse des risques liés à la foudre visant à identifier le besoin ou non de protection pour les différents bâtiments et d'une étude technique qui détermine la nature des systèmes de protection à mettre en place (principalement des parafoudres et des paratonnerres), le lieu de leur implantation ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance.

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, l'ASN a indiqué à EDF que l'application de cet arrêté ne permet pas d'atteindre un niveau de sûreté suffisant pour les centrales nucléaires et a lui demandé de transmettre une nouvelle méthodologie prenant notamment en compte les cumuls plausibles avec d'autres agressions et les effets induits de la foudre (incendie et perte des alimentations électriques externes). La nouvelle méthodologie proposée par EDF fait actuellement l'objet d'une instruction par l'ASN.

• Autres agressions

La démonstration de sûreté des centrales nucléaires d'EDF prend également en compte d'autres agressions comme les grands vents, la neige, les tornades, les températures froides de l'air, les agressions d'origine anthropique (transport de matières dangereuses, installations industrielles, chute d'aéronefs...) et les agressions de la source froide.

2.4.6 – L'évaluation de la maîtrise des risques liés aux agressions

L'accident de la centrale nucléaire de Fukushima a conduit EDF à renforcer son organisation pour la maîtrise des risques liés aux agressions. En particulier, des réseaux de référents ont été constitués sur l'ensemble des centrales pour piloter la mise en œuvre des actions définies pour faire face à ces risques. Des revues annuelles sont également menées afin d'améliorer cette organisation.

• Les risques liés aux incendies

Sur la base de ses inspections, l'ASN constate que la prise en compte du retour d'expérience en matière de risque d'incendie est plutôt satisfaisante et que la rénovation du système de détection incendie se poursuit sur les réacteurs nucléaires.

Le nombre de départs de feu enregistrés pour l'année 2018 est inférieur à celui de 2017.

Toutefois, des constats déjà effectués les années précédentes restent d'actualité sur certains sites inspectés :

- une gestion pas toujours adaptée des anomalies de sectorisation des locaux afin de prévenir la propagation d'un incendie ;
- 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, et une gestion pas toujours adaptée des mesures compensatoires qui sont définies dans les analyses du risque d'incendie ;
- des fragilités dans la maintenance des matériels fixes d'aspersion ;
- des difficultés d'accessibilité des matériels de lutte contre l'incendie ;
- des fragilités dans le domaine de la lutte contre l'incendie.

En 2018, l'ASN a réalisé des inspections ayant pour thème la maîtrise des risques liés à l'incendie sur l'ensemble des centrales nucléaires et a demandé la mise en œuvre d'actions correctives visant à remédier aux constats réalisés.

L'ASN constate les efforts entrepris par certains sites pour réduire ces écarts par le déploiement d'outils et de plans d'action mais considère que ces derniers, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un meilleur accompagnement auprès du personnel. Ainsi l'ASN a constaté qu'EDF a notamment engagé, en 2018, un plan d'action visant à identifier les locaux particulièrement sensibles au risque d'incendie et à fiabiliser, dans ces derniers, la maîtrise des risques liés à cette agression.

Par ailleurs, les délais de résorption de certains écarts ou de mise en œuvre d'actions correctives issues du retour d'expérience méritent d'être réduits.

L'ASN a demandé à EDF de porter une attention particulière à la gestion des matières combustibles introduites dans le bâtiment du réacteur, notamment lors des phases d'arrêt de réacteur.

• Les risques liés aux explosions

Malgré les actions engagées par EDF, la maîtrise des risques liés aux explosions n'est pas encore satisfaisante sur l'ensemble des réacteurs nucléaires. Certaines actions de maintenance et de contrôles demandées par la doctrine interne d'EDF ne sont pas mises en œuvre de manière satisfaisante. De plus, l'ASN constate que la mise à jour de certains documents (procédures d'essais périodiques et documents relatifs à la protection contre les explosions), l'intégration du retour d'expérience, le traitement de certains écarts et le déploiement de certaines modifications font parfois l'objet de reports qui ne sont pas toujours justifiés au regard des conséquences potentielles pour la sûreté.

L'ASN constate les efforts entrepris par EDF pour réduire ces écarts, par la mise en place d'un suivi renforcé et le déploiement de plans d'action. Toutefois, l'ASN considère qu'EDF doit continuer à exercer une attention toute particulière à ce sujet, ainsi qu'à l'application de la réglementation relative aux risques liés à la formation d'atmosphères explosives (ATEX), et s'assurer que la démarche de prévention des risques d'explosion est déclinée avec toute la rigueur nécessaire sur l'ensemble des sites.

• Les risques liés aux inondations internes

Les dispositions de prévention et de maîtrise du risque d'inondation interne font également l'objet de contrôles réguliers de l'ASN. Il ressort de ces inspections que les mesures prises pour maîtriser ce type d'agression ne sont pas au niveau attendu pour l'ensemble des sites. L'ASN constate en particulier que sur certains sites, le réseau de référents est encore en cours de mise en place et n'est pas totalement opérationnel.

Événement significatif pour la sûreté relatif à un défaut de résistance au séisme

EDF a déclaré en 2018 un **événement significatif** pour la sûreté nucléaire relatif à un défaut de résistance au séisme de passerelles métalliques du réacteur 2 de la centrale nucléaire de [Belleville-sur-Loire](#), des réacteurs 2, 3 et 4 de la centrale nucléaire de [Cattenom](#), des réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de [Flamanville](#), du réacteur 1 de la centrale nucléaire de [Golfech](#), des réacteurs 1, 2, 3 et 4 de la centrale nucléaire de [Paluel](#), des réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de [Penly](#) et des réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de [Saint-Alban/Saint-Maurice](#).

EDF a indiqué que ces passerelles pouvaient aggraver les matériels importants pour la protection des intérêts, situés à proximité ou en dessous, en cas de séisme.

Un séisme pourrait alors conduire à des situations non couvertes par la démonstration de sûreté nucléaire.

EDF a engagé des travaux de renforcement de ces passerelles et a défini un calendrier pour l'ensemble des réacteurs concernés, que l'ASN a considéré acceptable au regard des enjeux en matière de sûreté nucléaire. Pour les réacteurs dont les passerelles restent à renforcer, l'ASN a encadré la réalisation de ces travaux en prescrivant le respect de ce calendrier.

Compte tenu de ses conséquences potentielles pour la sûreté nucléaire en cas de séisme, l'ASN a classé cet événement significatif au niveau 1 de l'[échelle INES](#) pour les 15 réacteurs concernés.

EDF a engagé des visites sur le terrain visant à recenser les tuyauteries pouvant être à l'origine d'une inondation interne dans les bâtiments électriques, qui sont particulièrement sensibles à ce risque, afin d'étudier la nécessité de renforcer leur maintenance. Conformément aux demandes de l'ASN, EDF étendra ces recensements dans les autres bâtiments. L'ASN constate de façon positive qu'EDF a engagé une rénovation des circuits de certains systèmes de réfrigération particulièrement sensibles à la corrosion.

EDF a déclaré à l'ASN en 2016 et 2017 plusieurs événements significatifs pour la sûreté relatifs à des écoulements d'eau causés par des fuites de tuyauteries en mauvais état ou des erreurs de consignation de vannes lors d'opérations de maintenance.

Des efforts importants sont attendus sur la majorité des sites pour améliorer la maîtrise du risque d'inondation, en particulier sur :

- la maintenance des équipements nécessaires (tuyauteries, siphons de sol...);
- les analyses de risques lors des opérations de maintenance et en cas de détection d'un dysfonctionnement d'un équipement nécessaire;
- le respect des échéances des actions identifiées lors des revues annuelles;
- la formation des référents et la sensibilisation du personnel EDF et des prestataires.

• Les risques liés au séisme

Les conditions d'exploitation et de maintenance du matériel de détection sismique sont considérées satisfaisantes. Les revues annuelles permettent d'identifier des axes de progrès, qui sont globalement mis en œuvre. Il convient toutefois qu'EDF poursuive ses efforts, notamment dans le domaine de la formation des agents et de la sensibilisation des prestataires. L'ASN constate que les consignes de conduite en cas de séisme ne sont pas toujours suffisamment opérationnelles et que des mises en situation plus régulières permettraient d'améliorer leur applicabilité.

EDF déclare régulièrement des événements significatifs pour la sûreté pour défaut de résistance au séisme de certains matériels. Ces événements résultent d'actions de contrôle ciblées progressivement déployées par EDF. Ces non-conformités peuvent avoir, en cas de séisme, des conséquences importantes. EDF doit donc poursuivre ces contrôles visant la maîtrise de la conformité de ses installations aux dispositions prévues pour faire face à un séisme. En 2018, EDF a en particulier déclaré un **événement significatif** pour la sûreté relatif à un défaut de résistance au séisme de passerelles (voir encadré).

• Les risques liés aux températures extrêmes

Les inspections portant sur les risques associés aux températures extrêmes mettent en évidence que l'organisation d'EDF doit être améliorée sur une majorité de sites. En particulier, l'ASN constate sur plusieurs sites un manque d'anticipation pour la préparation de la mise de l'installation en configuration estivale ou hivernale.

L'ASN constate de façon récurrente lors de ses inspections qu'EDF n'engage pas systématiquement les actions attendues en cas de dépassement de certains seuils de température. Ces constats ont amené l'ASN à formuler des demandes d'actions correctives. Les analyses de risques associées à la mise en place des parades doivent également être améliorées.

• Les risques liés à la foudre

Les inspections relatives à la foudre mettent en évidence la nécessité de mettre en place, sur l'ensemble des sites, une organisation et un pilotage renforcés afin d'améliorer la prise en compte des exigences réglementaires associées à la maîtrise de cette agression.

Les analyses des risques liés à la foudre peuvent reposer sur des informations ne reflétant pas la situation réelle des installations. L'ASN constate également un retard notable dans la réalisation des travaux identifiés dans les études techniques. Les échéances de réalisation des vérifications périodiques des systèmes de protection contre la foudre par des organismes de contrôle compétents ne sont globalement pas respectées. Ces éléments ont fait l'objet de demandes d'actions correctives. EDF a défini un programme de travail pour améliorer la situation.

2.4.7 – Le contrôle de la conformité des installations aux exigences

Le maintien de la conformité des installations à leurs exigences de conception, de réalisation et d'exploitation est un enjeu majeur dans la mesure où cette conformité est essentielle pour s'assurer du respect de la démonstration de protection des intérêts. Les processus mis en œuvre par l'exploitant, notamment lors des arrêts des réacteurs, contribuent au maintien de la conformité des installations aux exigences issues de cette démonstration.

• Les arrêts de réacteur

Les réacteurs électronucléaires doivent être arrêtés périodiquement pour renouveler leur combustible, qui s'épuise pendant le cycle de production d'électricité. Un tiers ou un quart du combustible est ainsi renouvelé à chaque arrêt.

Les exigences définies

L'[arrêté du 7 février 2012](#) dispose qu'une exigence définie est une « exigence assignée à un élément important pour la protection (EIP) des personnes et de l'environnement, 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) des personnes et de l'environnement 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.

Le traitement des écarts

Un 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 le fonctionnement d'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 personnes et 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.

Ces arrêts rendent momentanément accessibles, avec des précautions particulières, toutefois, en matière de radioprotection, certaines parties de l'installation qui ne le sont pas en phase de production. Ils sont donc mis à profit pour vérifier l'état des matériels en réalisant des opérations de contrôle, d'essais et de maintenance, ainsi que pour réaliser des travaux 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, permet à 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 résultant 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 assurer la sûreté de l'installation, la protection de l'environnement et la radioprotection des travailleurs pendant l'arrêt, ainsi que la sûreté du réacteur pour le cycle de production à venir.

Le contrôle réalisé par l'ASN, au regard des dispositions de la [décision n° 2014-DC-0444](#) de l'ASN du 15 juillet 2014 relative aux arrêts et aux redémarrages des réacteurs à eau sous pression, porte principalement :

- en phase de préparation de l'arrêt, sur le contenu du programme d'arrêt établi par l'exploitant. L'ASN peut demander, le cas échéant, des compléments à ce programme ;
- pendant l'arrêt, à l'occasion d'inspections et de points d'information réguliers, 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. C'est à l'issue de ce contrôle que 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'identification et le traitement des écarts

Les contrôles engagés par EDF dans le cadre de son référentiel d'exploitation et les vérifications additionnelles demandées par l'ASN au titre, notamment, du retour d'expérience peuvent conduire à la détection d'écarts par rapport aux exigences définies 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, défaillances organisationnelles...

Les actions de détection et de correction des écarts, prescrites par l'[arrêté du 7 février 2012](#), jouent un rôle essentiel dans le maintien du niveau de sûreté des installations.

• 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 et les activités de contrôle technique et de vérification des activités considérées importantes pour la protection des personnes et de l'environnement constituent également des moyens efficaces pour détecter des écarts.

• Les vérifications lors des arrêts de réacteur

EDF met à profit les arrêts des réacteurs nucléaires pour réaliser les travaux de maintenance et les contrôles qui ne peuvent pas être accomplis lorsque le réacteur est en production. Ces opérations permettent notamment de résorber les écarts déjà connus, mais peuvent également conduire à en détecter de nouveaux. Avant chaque redémarrage du réacteur, l'ASN demande à

Tenue au séisme des systèmes auxiliaires des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel

EDF a déclaré en 2017 un événement significatif pour la sûreté portant sur l'absence de démonstration de résistance au séisme des ancrages dans le génie civil des systèmes auxiliaires des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel (diesels de secours) de ses réacteurs électronucléaires. L'ASN a classé cet événement au niveau 2 sur l'[échelle INES](#).

L'événement recouvre à la fois des problèmes de conception génériques à l'ensemble des réacteurs concernés et des problèmes locaux liés à un mauvais état ou à un mauvais montage des ancrages. Il a fait l'objet de notes d'information de l'ASN le [20 juin 2017](#), le [30 octobre 2017](#) et le [17 janvier 2018](#). Il concernait alors 26 réacteurs de 900 et 1 300 MWe.

Le 3 avril 2018 puis le 16 novembre 2018, EDF a déclaré à l'ASN, après analyse du résultat de contrôles complémentaires, que d'autres réacteurs de 900 MWe étaient également concernés par cet événement. L'ASN a donc classé au niveau 2 de l'[échelle INES](#) cet [événement significatif](#) pour 11 réacteurs supplémentaires.

Chacun des réacteurs des centrales nucléaires françaises dispose de deux diesels de secours. Ces équipements assurent de façon redondante l'alimentation électrique de certains systèmes de sûreté en cas de défaillance des alimentations électriques externes, notamment à la suite d'un séisme. Les diesels de secours sont composés d'un alternateur, d'un moteur Diesel et de systèmes auxiliaires (circuits de refroidissement, de prégraissage...). En cas de perte des alimentations électriques externes provoquée



Groupe électrogène de secours à moteur Diesel de la centrale nucléaire de Penly

par un séisme, le fonctionnement des diesels de secours pourrait ne plus être assuré en raison de la défaillance de leurs systèmes auxiliaires.

L'ensemble des réacteurs concernés par cet événement a fait l'objet de travaux pour renforcer les ancrages des systèmes auxiliaires des diesels de secours. Certains contrôles ne pouvant être réalisés que lorsque le réacteur est arrêté pour rechargement de combustible doivent toutefois encore être menés et analysés.

L'ASN s'assure, dans le cadre de ses inspections, de la bonne réalisation des contrôles et des travaux de renforcements des ancrages.

EDF d'identifier les écarts non résorbés, de mettre en œuvre les dispositions compensatoires adaptées et de justifier l'acceptabilité de ces écarts au regard de la protection des personnes et de l'environnement pour le cycle de production à venir.

• Les vérifications décennales : les examens de conformité

EDF réalise des réexamens périodiques de la sûreté des réacteurs nucléaires tous les dix ans, conformément à la réglementation (voir point 2.10.2). EDF réalise alors une revue approfondie de l'état réel des installations par rapport aux exigences de sûreté qui leur sont applicables, notamment à partir du suivi en exploitation qu'il a réalisé jusqu'alors, 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 vérifications additionnelles en réponse à des demandes de l'ASN

En complément des actions menées par EDF dans le cadre de son référentiel d'exploitation, des vérifications complémentaires sont réalisées à la demande de l'ASN, que ce soit par exemple au titre du retour d'expérience d'événements survenus sur d'autres installations, à la suite d'inspections, ou à l'issue de l'examen des dispositions proposées par l'exploitant dans le cadre des réexamens périodiques.

• 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 et 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 [asn.fr](#).

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

Pour les écarts les plus importants, l'ASN a publié le 6 janvier 2015 le [guide n° 21](#) relatif au traitement des écarts de conformité. Ce guide précise 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. Le guide rappelle par ailleurs le principe d'une résorption dès que possible des écarts de conformité, et définit en tout état de cause des délais maximaux.

• Les événements significatifs

EDF est tenue de déclarer à l'ASN puis d'analyser les événements significatifs survenant dans ses centrales nucléaires (voir chapitre 3, point 3.3). Chaque événement significatif fait l'objet, lorsque cela est approprié, d'un classement par l'ASN sur l'[échelle INES](#). Ce processus de déclaration et d'analyse des événements significatifs contribue au retour d'expérience et à la démarche d'amélioration continue de la protection des intérêts mentionnés à l'[article L. 593-1 du code de l'environnement](#).



Inspection de revue de l'ASN à la centrale nucléaire de Gravelines - mai 2018

L'ASN examine aux niveaux local et national l'ensemble des événements significatifs déclarés (la synthèse de leur analyse pour l'année 2018 figure au point 2.4.8.) et contrôle le traitement de ces événements par EDF. Les événements significatifs jugés notables du fait de leur gravité ou de leur caractère récurrent ou générique font l'objet d'une analyse approfondie par l'ASN.

Lors d'inspections dans les centrales nucléaires et les services centraux d'EDF, l'ASN contrôle l'organisation de l'exploitant et les actions menées pour tirer les enseignements techniques et organisationnels du retour d'expérience.

2.4.8 _ L'évaluation de la conformité des installations aux exigences qui leur sont applicables

Les programmes d'essais périodiques, de maintenance et de remplacement des matériels, la démarche de réexamen périodique des réacteurs ainsi que la correction des écarts doivent permettre à l'exploitant de contrôler et de veiller au maintien dans le temps de la capacité des matériels d'une centrale nucléaire à assurer les fonctions qui leur sont assignées pour la protection des personnes et de l'environnement.

La détection, la caractérisation et le traitement des écarts font l'objet de dispositions réglementaires de l'[arrêté du 7 février 2012](#). Ces dispositions sont importantes puisqu'elles participent à la maîtrise de la conformité des installations aux exigences de protection des intérêts visés par la loi, condition nécessaire à leur exploitation. En outre, la maîtrise de la conformité doit permettre des améliorations découlant des réexamens périodiques afin de reposer sur un état réel des installations connu et robuste.

Ces dernières années, l'ASN a retenu parmi ses thèmes prioritaires d'inspection la gestion des écarts affectant les centrales nucléaires. Les résultats de ces inspections ont mis en lumière des difficultés rencontrées par les centrales nucléaires pour l'identification, la caractérisation et le traitement des écarts.

Les contrôles menés par EDF ou demandés par l'ASN en 2018, pendant les arrêts programmés de réacteurs comme pendant les périodes de production des réacteurs, ont mis en évidence plusieurs écarts remettant en question la capacité de certains systèmes importants pour la sûreté à assurer leurs fonctions, tels que les systèmes électriques, les grappes de commande, des systèmes de sauvegarde, certains systèmes de ventilation ou la source froide.

Certains écarts identifiés sont liés à des modes de défaillance non pris en compte lors de la conception des réacteurs. C'est le cas, par exemple, de l'événement significatif pour la sûreté relatif au défaut de résistance au séisme de passerelles sur certains réacteurs de 1 300 MWe et de l'événement significatif pour la sûreté relatif au risque de blocage de grappes de commande dû à l'usure prononcée des manchettes thermiques des couvercles des cuves (voir encadrés dédiés).

D'autres écarts sont liés à un mauvais état ou à des non-conformités par rapport aux plans des équipements. C'est le cas par exemple de l'insuffisance de résistance au séisme de certaines brides positionnées au refoulement des pompes du système d'eau brute secourue (source froide), ou encore la non-conformité de supports sur des tuyauteries auxiliaires des pompes du système d'injection de sécurité à moyenne pression. Enfin, l'ASN a mis en demeure EDF de réaliser les travaux nécessaires à la remise en conformité de 14 équipements sous pression de certains réacteurs de 900 MWe qui avaient été sous-dimensionnés.

En 2018, l'ASN a réalisé une inspection renforcée sur le thème de l'identification et le traitement des écarts sur la centrale nucléaire de [Cruas-Meysse](#). Les inspecteurs ont notamment relevé, sur le terrain, plusieurs dégradations significatives susceptibles d'affecter le fonctionnement de différents systèmes (alimentation secourue des générateurs de vapeur, groupes électrogènes de secours, système de réfrigération de la piscine d'entreposage des combustibles usés).

Les écarts identifiés en 2018 et les constats relevés lors d'inspections conduisent à la même conclusion que celle présentée dans le rapport annuel de 2017 : l'état réel de conformité des installations doit être sensiblement amélioré.

EDF a engagé en 2018 une révision de son référentiel interne applicable à ses centrales nucléaires afin d'améliorer le traitement des écarts et assurer une information de l'ASN réactive et proportionnée aux enjeux pour la sûreté. L'ASN a constaté en particulier en 2018 que la propension d'EDF à résorber rapidement un écart s'est améliorée.

L'ASN continuera à être particulièrement attentive à l'évolution de la situation en 2019, et poursuivra à cet égard les inspections sur l'état des matériels et des systèmes. La maîtrise de la conformité des installations en fonctionnement constituera un axe de contrôle majeur de l'ASN en 2019, notamment lors de la quatrième visite décennale du réacteur 1 de la centrale nucléaire du [Tricastin](#).

• L'analyse des statistiques sur les événements significatifs

En application des règles relatives à la déclaration des événements significatifs (voir chapitre 3, point 3.3), l'ASN a reçu de la part d'EDF, en 2018, 686 événements significatifs au titre de la sûreté, 169 au titre de la radioprotection et 75 au titre de la protection de l'environnement.

Le tableau 1 présente l'évolution du nombre d'événements significatifs déclarés par EDF et classés sur l'[échelle INES](#) depuis 2008.

Le tableau 2 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). Les événements hors [échelle INES](#) sont également pris en compte.

Plusieurs événements similaires ou résultant de causes communes affectent plusieurs centrales nucléaires. Ils sont regroupés sous l'appellation d'événements significatifs génériques (ESG). Vingt-six ont été déclarés en 2018 dont vingt-cinq dans le domaine de la sûreté nucléaire et un dans le domaine de la radioprotection.

Le nombre d'événements significatifs a augmenté d'environ 1,5% en 2018 par rapport à l'année précédente.

Risque de blocage de grappes de commande des réacteurs de 1 300 MWe

EDF a déclaré à l'ASN le 14 février 2018 un [événement significatif](#) pour la sûreté relatif à un risque de blocage de grappes de commande dû à l'usure prononcée des manchettes thermiques des couvercles des cuves du réacteur 2 de la centrale nucléaire de [Belleville-sur-Loire](#) et du réacteur 2 de la centrale nucléaire de [Saint-Alban/Saint-Maurice](#). L'ASN a classé cet événement au niveau 1 sur l'[échelle INES](#).

Les couvercles des cuves des réacteurs électronucléaires sont équipés de manchettes thermiques à l'endroit où les grappes de commande les traversent. Les grappes de commande sont des groupes de tiges solidaires et mobiles contenant une matière absorbant les neutrons. Elles permettent de contrôler le niveau de puissance du réacteur grâce à leur insertion dans le cœur du réacteur et de stopper la réaction nucléaire en cas de situation incidentelle ou accidentelle.

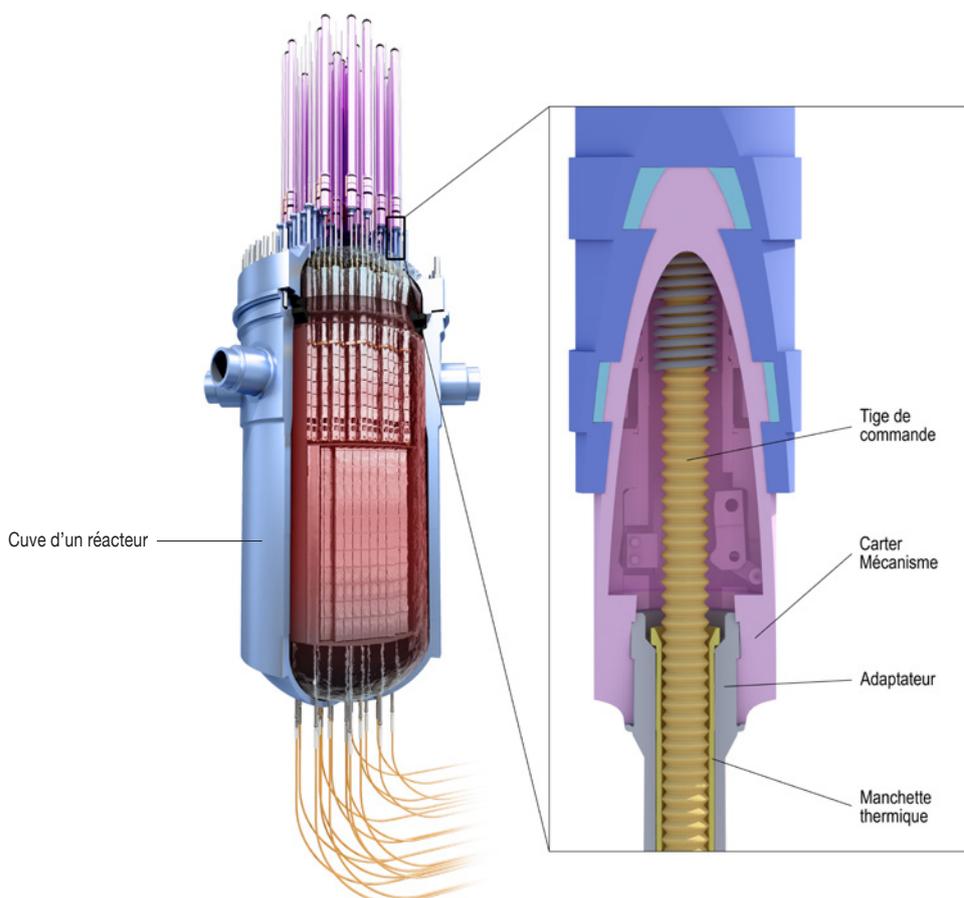
L'usure prononcée de plusieurs manchettes thermiques a conduit à la rupture de leur partie supérieure, qui a alors formé un anneau métallique. Cet anneau est ensuite venu bloquer la course d'une des grappes de commande. Un tel blocage a été constaté par EDF le 3 novembre 2017 sur

le réacteur 2 de la centrale nucléaire de Saint-Alban, les 5 et 13 décembre 2017 sur le réacteur 2 de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire et le 17 août 2018 sur le réacteur 1 de la centrale nucléaire de [Nogent-sur-Seine](#).

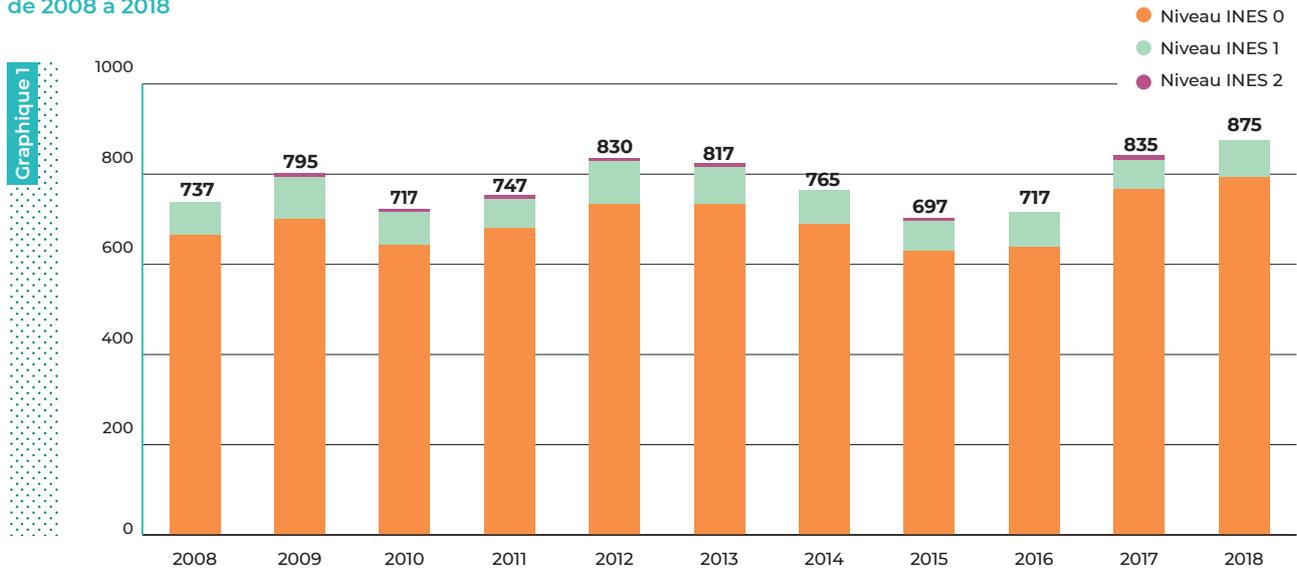
Les contrôles et réparations éventuelles nécessitent l'arrêt du réacteur. Depuis la détection de cette usure, EDF contrôle les manchettes thermiques de tous ses réacteurs. Les investigations menées ont montré que les vingt réacteurs de 1 300 MWe d'EDF sont particulièrement susceptibles d'être affectés par cette usure prononcée. Ces derniers seront contrôlés au plus tard lors de leur prochain arrêt pour rechargement du combustible, dont les derniers sont planifiés au premier trimestre 2019.

Pour les réacteurs de 1 300 MWe qui n'ont pas encore été contrôlés, l'ASN a demandé à EDF de réaliser des essais mensuels de chute des grappes de commande et de mettre en place des mesures d'exploitation afin de s'assurer de l'arrêt automatique du réacteur même en cas de blocage de plusieurs grappes.

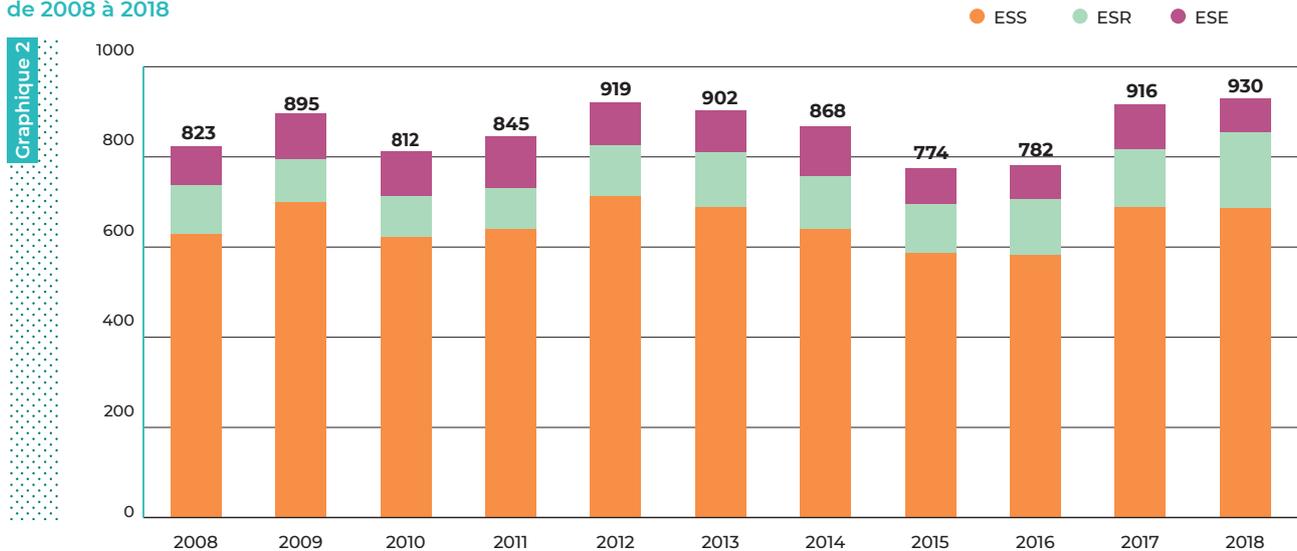
L'ASN a contrôlé les investigations menées par EDF et la mise en place des dispositions qu'elle a demandées.



Évolution du nombre d'événements significatifs classés sur l'échelle INES dans les centrales nucléaires d'EDF de 2008 à 2018



Évolution du nombre d'événements significatifs par domaine dans les centrales nucléaires d'EDF de 2008 à 2018



2.5 — La prévention et la maîtrise de l'impact environnemental et sanitaire

2.5.1 — Le contrôle des rejets et de la gestion des déchets

• Le contrôle de la gestion des prélèvements et des rejets dans l'environnement

Le code de l'environnement donne compétence à l'ASN pour édicter les prescriptions relatives aux prélèvements d'eau et aux rejets d'effluents des installations nucléaires de base (voir chapitre 3, point 4.1). Les lois et textes réglementaires relatifs à la protection de l'environnement applicables aux centrales nucléaires de production d'électricité françaises sont composés de textes génériques, principalement le [code de l'environnement](#), l'[arrêté du 7 février 2012](#) et les décisions [n° 2013-DC-0360](#) de l'ASN du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des

nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base et n° [2017-DC-0588](#) de l'ASN du 6 avril 2017 relative aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des réacteurs électronucléaires à eau sous pression, ainsi que de textes réglementaires spécifiques à chacune des centrales nucléaires :

- les décisions fixant les modalités de prélèvement et de consommation d'eau et de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux (chimiques et radioactifs) ;
- les décisions fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux (chimiques et radioactifs). Ces décisions sont homologuées par le ministre chargé de la sûreté nucléaire ;
- les arrêtés préfectoraux d'autorisation de prélèvement d'eau et de rejets d'effluents liquides et gazeux : antérieurs

L'amélioration du confinement des substances dangereuses liquides dans les centrales nucléaires

À la suite d'une demande de l'ASN formulée en 2013, EDF a engagé un état des lieux de sa capacité à prévenir, de manière fiable et pérenne, les écoulements accidentels dans l'environnement de substances dangereuses et d'effluents susceptibles de résulter de la lutte contre un incendie. Ces écoulements, s'ils n'ont pas été recueillis en amont, sont susceptibles de se déverser dans le réseau des eaux usées et pluviales du site et dans l'environnement.

Cet état des lieux a conduit à la mise en œuvre d'un programme national dont certaines actions sont encore en cours de déploiement.

Un premier volet consiste à développer des solutions techniques pour retenir les pollutions qui ne l'auraient pas été en amont du réseau des eaux usées. La solution privilégiée est la construction de bassins de rétention visant à collecter les eaux polluées pour éviter leur déversement dans l'environnement. Lorsque cette solution n'est pas envisageable sur un site, en raison par exemple

d'un manque de place, d'autres systèmes sont mis en œuvre. Il s'agit d'obturateurs ou de vannes qui confinent les pollutions directement dans le système d'eaux usées, en empêchant leur évacuation.

Un travail a également été mené sur l'exploitation et la maintenance des équipements intervenant dans le recueil des déversements, notamment les rétentions. Après une étude du retour d'expérience, EDF a défini pour ses sites un ensemble de règles de gestion opérationnelle destinées à prévenir les pollutions.

Enfin, EDF développe la formation de ses personnels afin de les sensibiliser au risque de pollution et aux mesures de prévention associées.

L'ASN contrôle, par sondage, notamment au cours d'inspections, la mise en œuvre effective de ce programme national d'amélioration, et prescrit les demandes d'actions correctives nécessaires le cas échéant.

à novembre 2006, ils contiennent des prescriptions relatives aux modalités et aux limites de rejets spécifiques à un site nucléaire. Afin de décliner la nouvelle architecture réglementaire à l'ensemble des réacteurs électronucléaires français, la révision des arrêtés conduit à leur abrogation et à la prise de décisions de l'ASN.

Pour chaque site, l'ASN fixe les valeurs limites d'émission, de prélèvement d'eau et de rejet d'effluents sur la base des meilleurs 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 relatives à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des réacteurs électronucléaires à eau sous pression. Ces prescriptions sont notamment applicables à la gestion et à la surveillance des prélèvements d'eau et des rejets d'effluents, à la surveillance de l'environnement et à l'information du public et des autorités (voir chapitre 3, point 4.1).

Pour fixer ces prescriptions, 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, traitement biocide...) et de la réglementation générale.

Enfin, les exploitants de centrales nucléaires transmettent chaque année à l'ASN un rapport annuel dédié à l'environnement qui contient notamment un bilan des prélèvements et des rejets dans l'environnement, de leurs impacts éventuels, des événements marquants survenus et des perspectives.

• L'impact des 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 nucléaires fonctionnant en circuit dit « ouvert », soit après refroidissement de ces effluents par passage dans des aérorefrigérants permettant une évacuation partielle des calories dans l'atmosphère. Les rejets thermiques des centrales nucléaires conduisent à une élévation de la température entre l'amont et l'aval du rejet qui peut aller, suivant

les réacteurs, de quelques dixièmes de degrés à plusieurs degrés. Ces rejets thermiques sont réglementés par des décisions de l'ASN.

Depuis 2006, des dispositions sont 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 est en jeu.

• Le contrôle de la gestion des déchets

La gestion des déchets conventionnels et radioactifs produits par les centrales nucléaires s'inscrit dans le cadre général de la gestion des déchets des installations nucléaires de base. Le cadre juridique relatif à la gestion des déchets applicable aux centrales nucléaires de production d'électricité françaises est composé de textes législatifs et réglementaires de portée générale, notamment le [code de l'environnement](#), l'[arrêté du 7 février 2012](#) et la [décision de l'ASN n° 2015-DC-0508](#) du 21 avril 2015 relative à l'étude sur la gestion des déchets et au bilan des déchets produits dans les INB.

Conformément au code de l'environnement, EDF procède à un tri à la source des déchets en distinguant notamment les déchets issus de zones nucléaires des autres déchets. Pour l'ensemble des déchets, l'ASN examine l'étude produite par l'exploitant portant sur la gestion des déchets. Ce document est spécifique à chaque installation, tel que requis par la réglementation (voir rubrique « [Réglementer](#) » sur [asn.fr](#)). Ce document présente notamment un descriptif des opérations à l'origine de la production des déchets, les caractéristiques des déchets produits ou à produire, une estimation des flux de production et un plan de zonage des déchets.

Par ailleurs, chaque site envoie annuellement à l'ASN le bilan de sa production de déchets et des filières d'élimination associées, une comparaison avec les résultats des années précédentes, un bilan de l'organisation du site et des différences constatées par rapport aux modalités de gestion prévues dans l'étude sur la gestion des déchets et la liste des faits marquants survenus et des perspectives.

L'action de contrôle de l'ASN en matière de gestion des déchets produits par les centrales nucléaires d'EDF porte sur les éléments extraits des bilans annuels transmis par l'exploitant à l'ASN, les études de gestion des déchets ainsi que sur les constats qu'elle fait lors de ses inspections.

2.5.2 – La prévention des impacts sanitaires et des pollutions des sols

• Prévention des pollutions induites par les déversements accidentels de substances dangereuses

L'exploitation d'une centrale nucléaire induit, tout comme sur de nombreux sites industriels, la manipulation et l'entreposage de substances chimiques dites « dangereuses ». La gestion de ces substances et la prévention des pollutions, qui relèvent de la responsabilité de l'exploitant, est encadrée par la [décision n° 2013-DC-0360](#) de l'ASN du 16 juillet 2013 et l'[arrêté du 7 février 2012](#) et doit répondre par ailleurs aux exigences des textes européens. L'exploitant a des obligations en matière de gestion opérationnelle de ces substances et d'identification des dangers potentiels associés. Il doit également pouvoir prendre les mesures nécessaires en cas de situations incidentelles ou accidentelles qui donneraient lieu à une pollution.

Ainsi, l'exploitant doit par exemple identifier précisément la localisation de chaque substance dangereuse sur son site ainsi que les quantités associées. Les fûts et réservoirs sont tenus d'être étiquetés en conformité avec le règlement européen CLP (*Classification, Labelling, Packaging*) et de disposer de rétentions conçues pour pouvoir recueillir les éventuels déversements. Par ailleurs, les centrales nucléaires doivent mettre en œuvre une organisation et des moyens pour prévenir la pollution du milieu naturel (nappe, fleuve, sol).

Depuis quelques années et à la demande de l'ASN, EDF mène des actions pour améliorer sa maîtrise du risque de pollution en travaillant à améliorer le confinement des substances dangereuses liquides sur ses sites (voir encadré page 297).

L'ASN suit avec attention, par ses contrôles sur le terrain, les dispositions organisationnelles et matérielles mises en place par EDF pour gérer les substances dangereuses présentes dans ses installations et pour faire face à une éventuelle pollution.

• Prévention des impacts sanitaires induits par le développement des légionelles et des amibes dans certains circuits de refroidissement des circuits secondaires des centrales nucléaires

Certains circuits de refroidissement des centrales nucléaires constituent des milieux favorables au développement des légionelles et des amibes (voir point 1.4).

La [décision n° 2016-DC-0578](#) de l'ASN du 6 décembre 2016 relative à la prévention des risques résultant de la dispersion de micro-organismes pathogènes (légionelles et amibes) par les installations de refroidissement du circuit secondaire des réacteurs électronucléaires à eau sous pression fixe les exigences relatives :

- à la conception, l'entretien et la surveillance de l'installation ;
- aux concentrations maximales en légionelles dans l'eau de l'installation, et en aval de celle-ci pour les amibes ;
- aux actions à mener en cas de prolifération de micro-organismes dans les circuits ou d'infection identifiées à proximité de l'installation ;
- à l'information du public et des administrations en cas de prolifération de micro-organismes.

L'ASN suit avec attention, au travers de ses instructions et de ses contrôles sur le terrain, les 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.

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).

Par ailleurs, les données de rejets de chaque site, transmises par EDF à l'ASN, ne sont pas représentatives du temps de fonctionnement des installations ou des activités réalisées sur les sites.

2.5.3 – L'évaluation de la maîtrise des nuisances et de l'impact sur l'environnement

• Évaluation de la prévention des nuisances, de la maîtrise des rejets dans l'environnement et de la gestion des déchets

Comme chaque année, l'ASN a mené en 2018 des inspections relatives à la maîtrise des nuisances et de l'impact des centrales nucléaires sur l'environnement, portant principalement sur la prévention des pollutions et des nuisances, la maîtrise des rejets dans l'environnement et la gestion des déchets. Les centrales nucléaires de [Civaux](#), de [Golfech](#) et du [Blayais](#) ont ainsi fait l'objet d'une inspection renforcée.

L'organisation d'EDF en matière de maîtrise des nuisances et de l'impact des centrales nucléaires sur l'environnement doit être améliorée sur la plupart des sites et l'ASN considère que l'exploitant doit accroître sa vigilance sur ces thématiques.

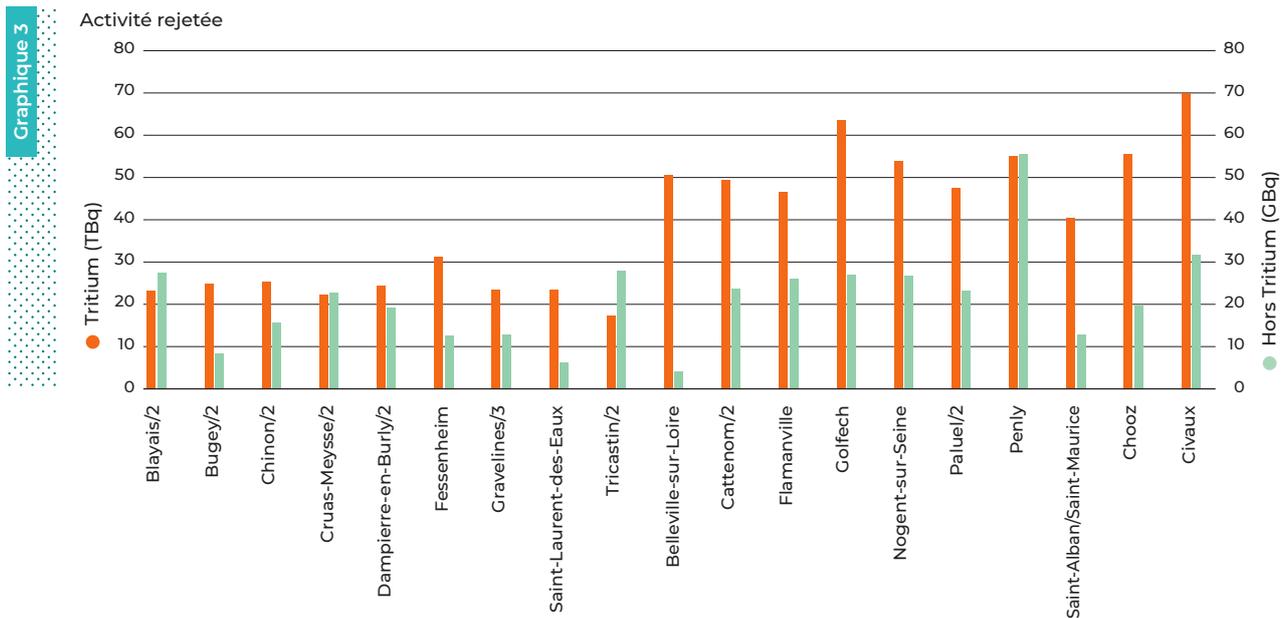
Malgré le plan d'action mis en place par EDF pour limiter les déversements de liquides pouvant induire des écoulements incidentels dans l'environnement, les événements conduisant à des déversements ont été jugés trop nombreux par l'ASN en 2018. Si ces situations n'ont pas conduit à un impact notable sur l'environnement, elles soulignent la nécessité pour l'exploitant de renforcer ses efforts sur cette thématique.

Par ailleurs, les exercices simulant un déversement, menés dans le cadre des inspections renforcées, ont conduit l'ASN à demander aux trois sites concernés des actions rapides pour améliorer la prévention des pollutions. L'ASN a notamment mis à la disposition du public sur [asn.fr](#), du 23 janvier au 7 février 2019, son

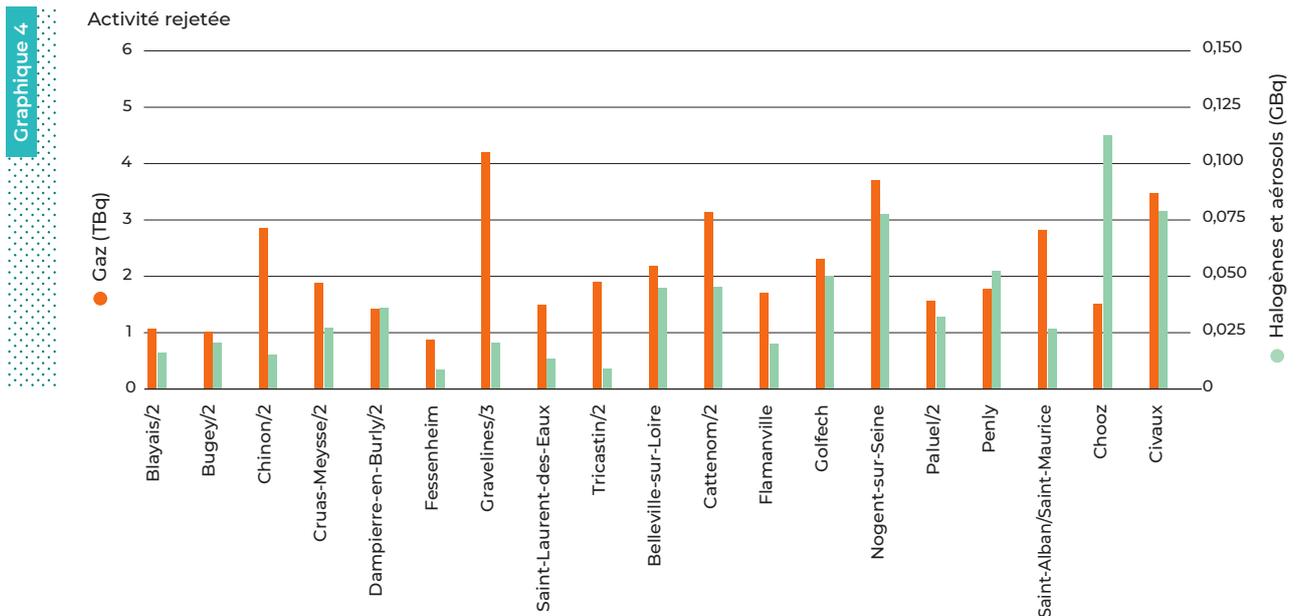


Surveillance de l'environnement à la centrale nucléaire de Golfech

Rejets radioactifs liquides pour les centrales nucléaires en 2018 (par paire de réacteurs)



Rejets radioactifs gazeux pour les centrales nucléaires en 2018 (par paire de réacteurs)



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). Par ailleurs, les données de rejets de chaque site, transmises par EDF à l'ASN, ne sont pas représentatives du temps de fonctionnement des installations ou des activités.

[projet de décision](#) qui encadrera le plan d'action d'EDF relatif à la mise en œuvre de nouveaux ouvrages de confinement sur le site de Civaux, dont la stratégie de confinement des pollutions a été jugée inefficace.

L'organisation des sites pour prévenir les risques résultant de la dispersion de micro-organismes pathogènes par les tours aéroréfrigérantes doit encore être améliorée. Le délai de mise en conformité du document d'analyse méthodique des risques a notamment conduit l'ASN à [mettre en demeure](#) le site de [Chinon](#) sur ce point le 14 juin 2018.

Si l'ASN a pu constater une progression de certains sites auparavant en retrait sur la gestion des déchets, elle attend encore d'EDF une amélioration notable de l'organisation de la plupart des sites sur ce thème.

La gestion des rejets est jugée globalement maîtrisée par les sites. Cependant, des erreurs d'évaluation détectées par l'exploitant en 2018 ou encore des indisponibilités constatées de matériels de contrôle constituent des fragilités ponctuelles pour la maîtrise des rejets qu'il convient de résorber.

En 2019, l'ASN poursuivra ses actions de contrôle relatives à la prévention des pollutions et des nuisances, la maîtrise des rejets dans l'environnement et la gestion des déchets.

Inspections renforcées en environnement

Les campagnes d'inspections « renforcées » menées par l'ASN constituent un format d'inspection particulier qui offre un champ de contrôle élargi. Elles permettent une évaluation globale sur une thématique à l'échelle d'un site et d'une zone géographique. Depuis 2015, l'ASN pratique ce type d'inspection une fois par an sur la thématique de la protection de l'environnement. Après les sites de la vallée de la Loire, ceux de la vallée du Rhône et les centrales de Chooz et de Cattenom, les centrales nucléaires du Blayais, de Golfech et de Civaux ont fait l'objet d'inspections renforcées en mars et en avril 2018.

Une équipe d'inspecteurs de l'ASN, accompagnés d'experts de l'IRSN, ont successivement examiné, selon un programme de contrôle similaire d'une journée et demie, l'organisation pour la protection de l'environnement de chacune de ces centrales nucléaires.

La taille conséquente de l'équipe mobilisée (jusqu'à seize inspecteurs de l'ASN et trois experts de l'IRSN par site) a permis le contrôle de la maîtrise des rejets, la gestion des déchets ainsi que les dispositions pour la prévention des pollutions.

Sur chacun des sites, la durée de l'inspection a facilité la tenue d'exercices d'ampleur importante et de mises en situation. Ainsi, chacun des sites a testé, à la demande de l'ASN, son organisation pour la prévention des pollutions dans le cadre d'un exercice simulant un déversement de substances dangereuses atteignant le réseau de collecte des eaux pluviales.

Si les inspecteurs ont pu constater la prise en compte par les équipes d'EDF de certains points relevés les années précédentes par l'ASN, il ressort cependant de ces inspections qu'une amélioration générale de la prise en compte de l'enjeu de protection de l'environnement est attendue. Par ailleurs, l'inefficacité de la stratégie de confinement des pollutions de la centrale nucléaire de Civaux, constatées lors de l'exercice de déversement, a conduit l'ASN à prescrire à EDF le renforcement de ses moyens pour la gestion du confinement des pollutions. L'exploitant a donc, à l'issue de la campagne d'inspection, élaboré un plan d'action dont l'ASN continuera à suivre la mise en œuvre.

2.6 — La prévention et la maîtrise des risques liés aux organisations

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 installations (conception, construction, mise en service, fonctionnement, démantèlement). L'ASN s'intéresse donc aux conditions qui favorisent ou pénalisent la contribution des intervenants et des collectifs de travail à la sûreté des centrales nucléaires. Elle 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.

2.6.1 — Le contrôle du fonctionnement des organisations

• Le système de gestion intégrée

L'[arrêté du 7 février 2012](#) prévoit que l'exploitant dispose notamment des compétences techniques pour assurer la maîtrise des activités. Parmi celles-ci, le traitement des événements significatifs requiert la réalisation d'une analyse approfondie des causes organisationnelles et humaines, en sus des causes techniques.

Par ailleurs, l'arrêté précité prescrit à l'exploitant de définir et de mettre en œuvre un système de gestion intégrée (SGI) permettant d'assurer que les exigences relatives à la protection des intérêts sont systématiquement prises en compte dans toute décision concernant l'installation. Ce SGI doit préciser les dispositions prises en matière d'organisation et de ressources de tout ordre, en particulier celles retenues pour maîtriser les activités importantes pour la protection des personnes et de l'environnement.

Le contrôle de l'ASN sur le fonctionnement des organisations mises en place par EDF vise les modalités de mise en œuvre du SGI. En particulier, l'ASN s'assure que la démarche de conception ou de modification mise en œuvre par les centres d'ingénierie au moment de la conception d'une nouvelle installation ou

de la modification d'une installation existante prend en compte le besoin des utilisateurs et ne remet pas en cause le respect des exigences définies.

Plus largement, l'ASN contrôle l'organisation mise en œuvre par EDF pour gérer les ressources nécessaires à la réalisation de ces activités.

• La maîtrise des activités sous-traitées

Les activités de maintenance et de modification des réacteurs français sont en grande partie sous-traitées par EDF à des entreprises extérieures. EDF motive le recours à la sous-traitance par le besoin de faire appel à des compétences pointues ou rares et par la forte saisonnalité des arrêts de réacteur et donc le besoin d'absorber les pics de charge.

Le choix d'EDF de recourir à la sous-traitance ne doit pas remettre en cause les compétences techniques qu'elle doit conserver pour exercer sa responsabilité d'exploitant en matière de protection des intérêts 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.

EDF met en place les dispositions nécessaires pour maîtriser les risques associés aux activités sous-traitées et les actualise régulièrement. EDF a ainsi renforcé la préparation des arrêts, afin notamment de sécuriser la disponibilité des ressources humaines et matérielles.

L'ASN contrôle les conditions de préparation (calendrier, ressources requises...) et d'exercice des activités sous-traitées (relations avec l'exploitant, surveillance par l'exploitant...). Elle vérifie aussi que les intervenants disposent des moyens nécessaires (outils, documents opératoires...) à l'accomplissement de leur activité, notamment lorsque ces moyens sont mis à disposition par EDF.

2.6.2 – L'évaluation du fonctionnement des organisations et de la maîtrise des activités

En 2018, l'ASN a pu constater dans certains cas des environnements de travail qui n'étaient pas adaptés. Sur le plan de l'organisation, cela se manifeste parfois par des inadéquations entre la charge de travail et les effectifs disponibles, une pression temporelle excessive ou encore des co-activités dans des conditions pas toujours bien maîtrisées. Sur le plan de l'ergonomie, l'ASN relève régulièrement une exigüité de certains locaux, une mauvaise ventilation, un éclairage dégradé, des échafaudages non conformes ou des identifications des équipements peu lisibles. Sur le plan matériel, cela se concrétise par des documents opératoires, des outils ou des pièces de rechange manquants ou inadaptés. Ces problèmes récurrents sont en partie imputables à des causes organisationnelles plus profondes, par exemple des relations dégradées entre le site et le prestataire responsable de la logistique, des retards dans la préparation des interventions, des difficultés dans l'obtention des régimes de travail ou une coordination inefficace entre les métiers.

L'ASN constate en 2018 que la grande majorité des centrales nucléaires déploie des efforts réels pour renforcer l'application par les intervenants des pratiques de fiabilisation (« *pre-job briefing* », minute d'arrêt, auto-contrôle, contrôles croisés, communication sécurisée, débriefing), mais que les résultats se révèlent contrastés selon les sites. Le débriefing dit « à chaud », qui se déroule juste après la fin de l'intervention, reste le point faible sur la plupart des sites, préjudiciable à la constitution d'un retour d'expérience dont pourraient bénéficier les activités futures. L'ASN considère par ailleurs que dans un certain

Inspections renforcées en radioprotection

Depuis 2011, l'ASN mène des inspections renforcées sur le sujet de la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants. Les centrales nucléaires du [Bugey](#), de [Cruas-Meysses](#), de [Saint-Alban/Saint-Maurice](#) et du [Tricastin](#), situées dans la vallée du Rhône, ont ainsi fait l'objet d'une campagne d'inspections renforcées en septembre et octobre 2018.

Des mises en situation ont permis de contrôler l'organisation relative à la prise en charge des intervenants contaminés et au traitement des alarmes relatives à la détection de contamination atmosphérique au sein du bâtiment réacteur. Par ailleurs, un contrôle inopiné de nuit des dispositions mises en œuvre pour assurer la radioprotection des travailleurs au cours d'un arrêt de réacteur a été effectué.

Les inspecteurs ont constaté la prise en compte par les équipes des sites de certains points relevés les années précédentes par l'ASN, et la mise en œuvre de bonnes pratiques. Cependant, ils ont noté que, sur certaines centrales nucléaires, la synergie entre le service en charge de la prévention des risques radiologiques et les services opérationnels doit être renforcée afin de permettre au conseiller en radioprotection d'assurer les missions qui lui sont confiées par le code du travail. Ce point fera l'objet d'une attention particulière de la part de l'ASN dans le cadre de l'instruction à venir des demandes d'approbation des pôles de compétence en radioprotection requises par l'[article R. 4451-125 du code du travail](#).

nombre de rapports d'événements significatifs, les constats d'insuffisance dans l'application de ces pratiques sont survalorisés par les analystes, au risque de constituer une grille de lecture trop réductrice qui se limite à la seule responsabilité des personnes impliquées et masque des causes humaines ou organisationnelles plus profondes (pression temporelle, environnement de travail inadapté...).

Pour l'ensemble des centrales, EDF doit améliorer sa maîtrise de la documentation opérationnelle. De nombreux événements significatifs déclarés en 2018 ont pour cause une documentation opérationnelle difficile à utiliser (faible lisibilité, manque de cohérence entre les différents documents, absence de schéma ou de photo...) ou inadaptée (documentation incomplète ou obsolète, gammes ne tenant pas compte des états du réacteur...).

Face à ces constats, l'ASN a décidé de renforcer son contrôle des organisations d'EDF et a défini la gestion de la documentation comme thème d'inspection prioritaire en 2019.

• La gestion des compétences, de la formation et des habilitations

L'organisation mise en place sur les sites pour gérer les compétences, les habilitations et la formation reste globalement satisfaisante. Sur une majorité de sites, les dispositions prises en matière de gestion des compétences sont satisfaisantes dans la mesure où la gestion prévisionnelle de l'emploi et des compétences est maîtrisée dans la durée (quatre à cinq ans de visibilité) et les arrivées et départs des différents services font l'objet d'anticipations. L'acquisition et le maintien des compétences sont assurés par un dispositif de formation (chantiers-école, processus de formation et de recyclage, tutorat et compagnonnage avec mise en situation) adapté et bien suivi.

L'ASN a toutefois constaté en 2018, sur quelques sites, la difficulté de certains services à identifier formellement les compétences rares et sensibles et maintenir au cours de l'année l'adéquation entre les missions et les moyens et les ressources. De plus, les inspecteurs de l'ASN ont parfois relevé que les compétences techniques de certains agents étaient insuffisantes (défaut de connaissances sur un matériel conduisant à son indisponibilité, connaissances non à jour pour des équipements ayant fait l'objet de modifications, chargés de surveillance ne disposant pas d'une maîtrise technique suffisante des thématiques surveillées...). L'ASN relève que les fragilités identifiées sur ces sites, dont certaines ont contribué à des événements significatifs, s'expliquent par des formations ou des compagnonnages parfois insuffisants (notamment sur les nouveaux matériels et logiciels utilisés installés et sur l'évolution de la réglementation) ou un suivi non rigoureux des habilitations ou des qualifications exigées pour les prestataires.

• La surveillance des activités sous-traitées

L'ASN constate en 2018 que les modalités d'exercice de la surveillance des activités sous-traitées laissent toujours apparaître des difficultés sur un certain nombre de sites. Ces difficultés persistent malgré un engagement affiché des directions de site (actions de sensibilisation, séminaires, présences managériales sur le terrain, déploiement d'un nouvel outil facilitant la préparation des programmes de surveillance...). Les origines de ces défaillances sont imputables à des difficultés pour garantir la pérennité des ressources affectées à la surveillance des prestataires et à des chargés de surveillance qui ne disposent pas toujours des compétences techniques nécessaires au regard du champ de leur surveillance. L'ASN encourage EDF à poursuivre ses actions en faveur de la présence sur le terrain de ses agents et à développer leur capacité à détecter des anomalies.

L'ASN relève néanmoins que des progrès ont pu être observés en 2018 au niveau de la préparation des programmes de surveillance.

Les chargés de surveillance mettent en avant l'apport du nouvel outil actuellement en déploiement sur l'ensemble des centrales qui leur permet de gagner en temps et en efficacité.

• Le processus de retour d'expérience

Toutes les centrales nucléaires ont mis en place depuis plusieurs années une organisation formelle et des outils dédiés pour piloter et animer le retour d'expérience interne et externe. Malgré cela, l'ASN a relevé en 2018 des lacunes en matière de détection et de caractérisation des difficultés et écarts remontant du terrain. L'incitation des prestataires à faire remonter les constats positifs ou négatifs via la base de données dédiée ne porte ses fruits que sur une minorité de sites. L'évaluation des prestataires se révèle également parfois incomplète, notamment en regard des enjeux de sûreté. Des fragilités ont également été identifiées dans le traitement du retour d'expérience et le partage d'expérience avec les entreprises extérieures. Par ailleurs, les analyses menées par les sites à la suite d'événements significatifs sont pertinentes, mais l'analyse des causes profondes aboutit souvent à des actions correctives trop élémentaires, limitées à des

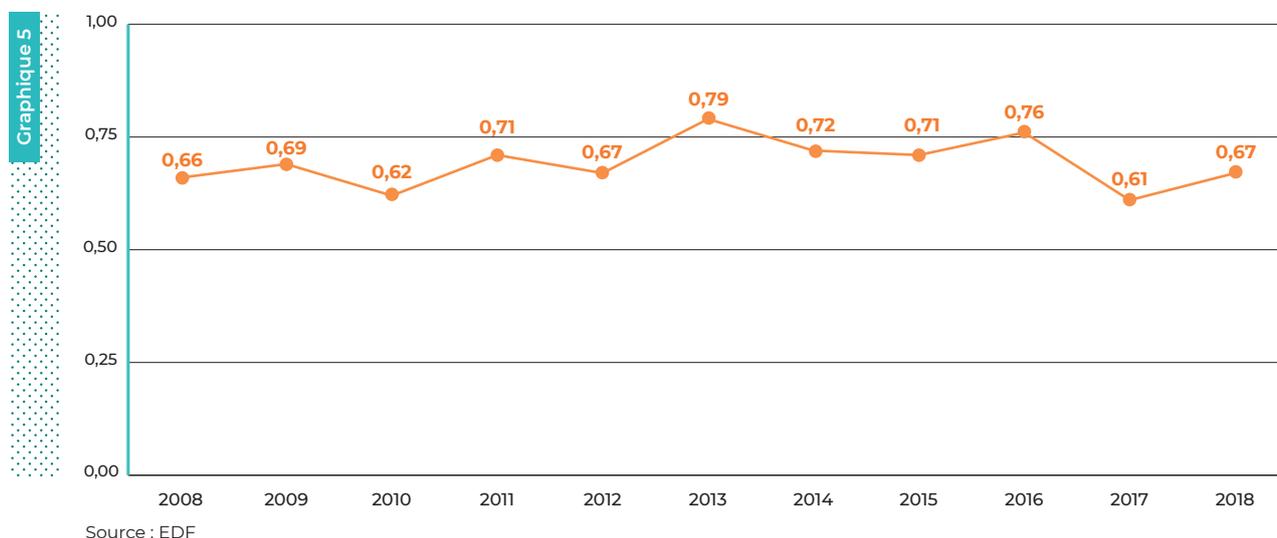
actions de sensibilisation ponctuelles des agents, services ou entreprises identifiés comme responsables de l'écart. L'analyse des causes profondes doit au contraire permettre d'identifier les fragilités organisationnelles. Enfin, encore trop de sites montrent de réelles limites dans l'évaluation de l'efficacité des actions correctives.

2.7 – La radioprotection des personnels

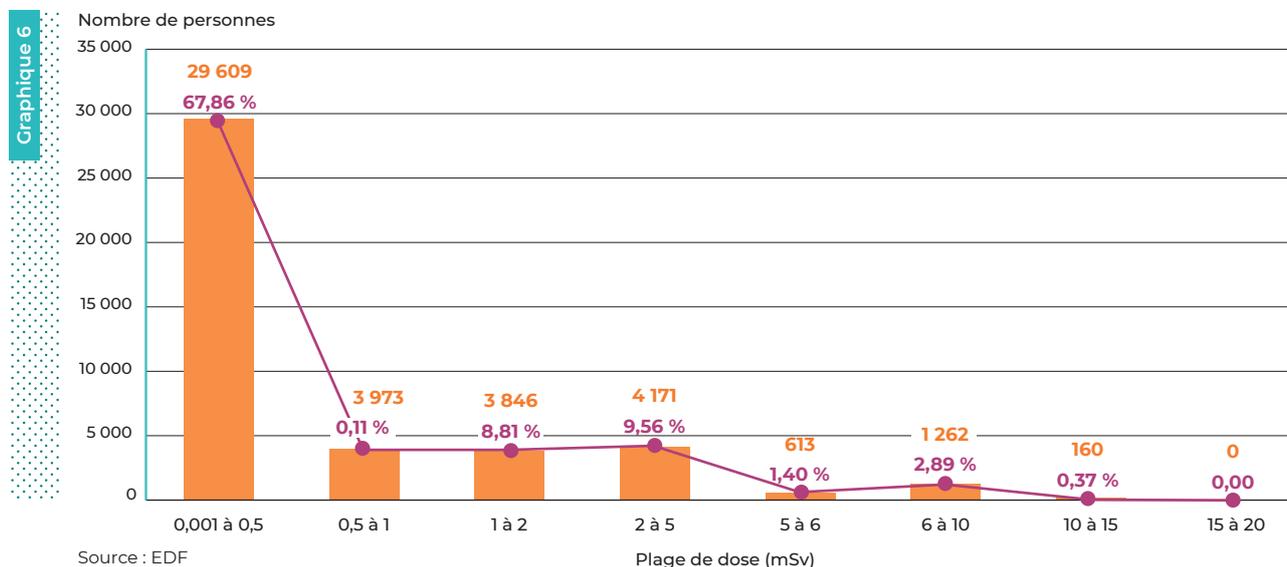
2.7.1 – Le contrôle de la radioprotection des personnels

L'exposition aux rayonnements ionisants dans un réacteur électronucléaire provient de l'activation des produits de corrosion du circuit primaire (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 reçues proviennent des expositions externes aux rayonnements β et γ . Les expositions sont principalement liées aux opérations de maintenance lors des arrêts de réacteur.

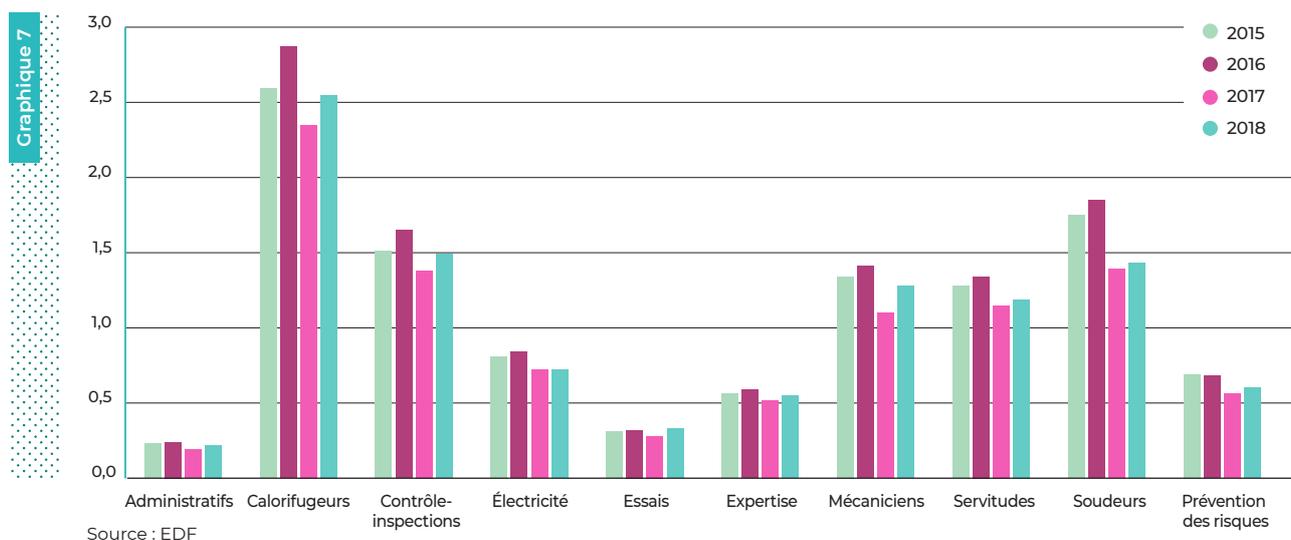
Dose collective moyenne par réacteur (Homme.Sv/réacteur)



Nombre et pourcentage d'intervenants par plage de dose (en mSv) sur l'année 2018



Évolution de la dose individuelle moyenne en fonction des catégories de métiers des travailleurs intervenant dans les centrales nucléaires



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 d'EDF que celui des 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'IRSN.

Des réunions périodiques ont lieu avec EDF dans le cadre du dialogue technique avec l'exploitant. Elles permettent à l'ASN de contrôler l'avancement des projets techniques ou organisationnels mis en œuvre pour améliorer la radioprotection.

• Les événements de contamination significative

Deux événements de contamination significative ont été déclarés en 2018 dans les centrales nucléaires exploitées par EDF. Ces événements, qui ont entraîné une exposition supérieure au quart de la limite réglementaire par centimètre carré de peau, ont été classés au niveau 1 sur l'échelle INES. Ils concernent :

- la contamination de la peau au niveau du cou d'un intervenant affecté à des opérations de maintenance à la centrale nucléaire de [Cruas-Meyssse](#) ;
- la contamination de la peau au niveau de la barbe d'un intervenant affecté à des opérations de maintenance à la centrale nucléaire du [Tricastin](#).

2.7.2 _ L'évaluation de la radioprotection des personnels

La dosimétrie collective sur l'ensemble des réacteurs a augmenté en 2018 par rapport à l'année 2017 (graphique 5), tout comme la dose moyenne reçue par les travailleurs pour une heure de travail en zone contrôlée. Ces valeurs restent néanmoins inférieures à celles enregistrées au cours des années 2015 et 2016. Les doses reçues par les travailleurs sont réparties selon une distribution illustrée ci-après par les graphiques 5 et 6.

Le graphique 6 présente la répartition des intervenants en fonction de la dosimétrie externe pour le corps entier. On constate que la dosimétrie de 77% des travailleurs exposés est inférieure à 1 mSv pour l'année 2018, 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 2018.

Le graphique 5 présente l'évolution au cours des dix dernières années de la dose collective reçue par les travailleurs dans les centrales nucléaires. Ce graphique montre, malgré une légère augmentation de la dose collective reçue en 2018 par rapport à 2017, une tendance à la stabilisation de la dose collective moyenne par réacteur au cours des dernières années.

Le graphique 7 présente l'évolution de la dosimétrie individuelle moyenne pour le corps entier en fonction des catégories de métiers de travailleurs intervenant dans les centrales nucléaires. Les catégories de travailleurs les plus exposés en 2018 sont les personnels en charge du calorifugeage, du contrôle, de l'inspection, du soudage et de la mécanique.

L'ASN considère que la prise en compte de la radioprotection au sein des centrales nucléaires en 2018 est hétérogène, notamment en ce qui concerne la maîtrise de la propreté radiologique au sein des installations et les dispositions mises en œuvre pour prévenir le risque de contamination.

Face à ces constats, l'ASN contrôle de manière renforcée la mise en œuvre des plans d'action demandés pour corriger ces situations sur les réacteurs concernés.

L'ASN considère que, dans son ensemble, la situation des centrales nucléaires en 2018 dans le domaine de la radioprotection doit être améliorée sur les points suivants :

- un manque de culture de radioprotection de certains intervenants extérieurs a été relevé par les inspecteurs de l'ASN sur plusieurs sites. Des actions sont attendues concernant le renforcement de la surveillance et des échanges accrus entre les différentes entités d'EDF et les entreprises prestataires relatifs aux dispositions de protection à mettre en œuvre ;
- la maîtrise des chantiers de radiographie industrielle reste fragile. En particulier, l'ASN relève plusieurs événements relatifs à des défauts de balisage ou à la présence d'intervenants dans le balisage de zones d'exclusion. Des progrès sont

attendus concernant la préparation des chantiers, plus précisément la prise en compte de la co-activité, l'optimisation des balisages et la qualité des visites d'installation réalisées lors de la préparation des chantiers;

- la démarche d'optimisation de la dosimétrie doit être renforcée, et plus spécialement l'exhaustivité des analyses de risques des interventions et leur réévaluation à la suite d'aléas;
- une plus grande rigueur est attendue dans la gestion administrative des sources;
- la maîtrise du zonage radiologique est en progrès; néanmoins, une vigilance accrue doit être portée sur les déposes des balisages par des intervenants non autorisés.

La prévalence de défaillances de nature organisationnelle conduit l'ASN à mener des actions de contrôle spécifiques, qui permettent notamment d'aborder les liens entre les services compétents en radioprotection et les autres contributeurs internes ou externes à EDF à la radioprotection des intervenants. (voir encadré « Les inspections renforcées »).

L'ASN constate sur plusieurs centrales nucléaires un impact positif de l'affectation de « responsables de zones » et du poste de supervision de la radioprotection des intervenants au cours des arrêts de réacteur.

2.8 — Le droit du travail dans les centrales nucléaires

2.8.1 — Le contrôle du droit du travail dans les centrales nucléaires

L'ASN exerce les missions d'inspection du travail dans les 58 réacteurs en fonctionnement, (répartis dans les 19 centrales nucléaires), les huit réacteurs en démantèlement et l'EPR en construction à Flamanville. L'effectif travaillant dans une centrale nucléaire varie de 800 à 2 000 personnes. Le nombre total de salariés affectés sur l'ensemble des sites nucléaires est d'environ 24 000 pour les salariés d'EDF, et 23 000 pour les salariés des entreprises sous-traitantes participant notamment à la maintenance lors des arrêts de réacteur.

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.

L'inspection du travail participe à la vision intégrée du contrôle recherchée par l'ASN et envisage ses actions de contrôle en lien avec les autres activités de contrôle de la sûreté des installations et de la radioprotection.

Au 31 décembre 2018, l'ASN disposait pour les missions d'inspection du travail de :

- 16 inspecteurs du travail, dont 4 en cours de formation, affectés dans ses divisions territoriales;
- une directrice du travail et un directeur adjoint du travail au niveau central, chargés d'animer, de coordonner et d'appuyer le réseau des inspecteurs du travail et d'assurer l'interface avec le ministère en charge du travail.

• 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'inspection du travail de l'ASN en 2018 ont notamment porté sur :

- l'utilisation des installations électriques. Les inspections engagées sur ce thème sur différents sites ont conduit EDF à s'engager dans une démarche de mise en conformité;
- les chantiers présentant des risques liés à la présence d'amiante. Les inspecteurs du travail sont particulièrement vigilants à la prévention du risque d'inhalation de ces fibres

lors de leurs inspections et ont été amenés à faire des rappels de la réglementation;

- la conformité des équipements de travail et plus spécialement les appareils de levage. L'action collective engagée en 2016 et 2017 a conduit EDF à mettre en place un plan de mise en conformité de ces équipements. Ce plan est suivi de près par les inspecteurs du travail;
- les risques d'incendie et d'explosion, pour lesquels les inspecteurs de l'ASN ont mis en évidence des non-conformités. L'ASN assure un contrôle coordonné permettant de prendre en compte l'ensemble des dimensions de ces risques, qui sont importants à la fois pour la sécurité des travailleurs et pour la sûreté nucléaire (voir point 2.4.6).

Les enquêtes en matière d'accidents du travail sont menées de façon systématique en cas d'accident grave ou de presque accident grave. Trois accidents mortels, dus à des malaises cardiaques, ont été à déplorer en 2018.

• Sous-traitance et prestations de service internationales

Des actions ont été menées en 2018 en matière de contrôle des déclarations et des conditions de détachement des salariés d'entreprises étrangères, notamment sur le chantier du réacteur [EPR](#) de Flamanville. En juillet 2018, l'ASN a ainsi participé à une action organisée par le comité opérationnel départemental anti-fraude de la Manche et pilotée par le parquet du tribunal de grande instance de Cherbourg.

• Procédures pénales et administratives engagées

En matière de travail illégal, l'ASN suit de près les procédures pénales engagées les années précédentes, notamment par des contacts réguliers avec les procureurs de la République.

En matière de santé et de sécurité, l'action de l'inspection du travail de l'ASN a conduit, en 2018, à l'ouverture de trois procédures pénales à l'encontre d'EDF ou d'entreprises prestataires en matière de risque électrique et d'absence d'équipements de protection individuelle adaptés au travail en espace confiné.

Un contrôle de l'inspection du travail a porté sur l'insertion du code éthique d'EDF dans le règlement intérieur de ses centrales nucléaires. Ce contrôle a conduit à des décisions administratives de l'inspection du travail demandant de retirer des règlements intérieurs des établissements concernés les mentions du code éthique qui étaient en contradiction avec les dispositions du code du travail.

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

Certaines situations de risques professionnels sont toujours préoccupantes et doivent significativement s'améliorer : les risques liés aux équipements de travail et particulièrement aux appareils de levage, le risque d'explosion et les risques électriques. L'inspection du travail constate par ailleurs encore des situations de non-prise en compte systématique du risque lié à la présence d'amiante avant travaux pour éviter les expositions accidentelles.

Enfin, des progrès sont encore attendus dans le domaine de la gestion de la co-activité (qualité des plans de prévention notamment), du recours à la sous-traitance et des situations de détachement de salariés étrangers.

2.9 – Le retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima

À la suite de l'accident de la centrale nucléaire 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 [évaluations complémentaires de sûreté](#) (ECS).

Les conclusions de ces ECS ont fait l'objet d'une [position de l'ASN le 3 janvier 2012](#), qui a elle-même fait l'objet d'un examen par des pairs européens, en avril 2012, dans le cadre des [stress tests européens](#).

Sur la base de l'avis des groupes permanents d'experts 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'agressions internes et externes de manière étendue, le renforcement de la prise en compte des situations d'urgence.

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 », en particulier, la définition et la justification des niveaux d'agressions naturelles externes extrêmes à retenir pour le « noyau dur ».

De façon générale, les demandes de l'ASN s'inscrivent dans un processus d'amélioration continu de la sûreté au regard des objectifs fixés pour les réacteurs de troisième génération, et visent, en complément, à faire face à des situations très au-delà des situations habituellement retenues pour ce type d'installation.

Ces demandes sont prises en application de la démarche de défense en profondeur et, à ce titre, portent sur des mesures de prévention et de limitation des conséquences d'un accident, sur la base, à la fois, de moyens fixes complémentaires et de moyens mobiles externes prévus pour l'ensemble des installations d'un site au-delà de leur conception initiale.

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 et, d'autre part, une planification pour leur mise en place sur chacune des centrales nucléaires de manière optimale. En effet, dans la mesure où ces travaux importants se déroulent sur des sites nucléaires en fonctionnement, il est aussi nécessaire de veiller à ce que leur réalisation ne dégrade pas la sûreté des centrales nucléaires.

Pour apporter au plus tôt les améliorations nécessaires au retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima tout en prenant en compte les contraintes liées à l'ingénierie de ces grands travaux, la mise en place de ces améliorations est prévue par EDF 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 dans la phase 1 qui est maintenant achevée. En particulier, des moyens de connexions ont été installés afin que, en cas de crise, il soit possible de connecter des moyens mobiles pour apporter de l'eau. Par ailleurs, la FARN, qui est l'un des principaux moyens de gestion de crise, a été mise en place. Depuis le 31 décembre 2015, les équipes de la FARN ont une capacité d'intervention simultanée sur l'ensemble des réacteurs d'un site en moins de 24 heures (jusqu'à six réacteurs dans le cas du [site de Gravelines](#)).

• Phase 2 (2015-2021)

Mise en œuvre de certains moyens définitifs de conception et d'organisation robustes vis-à-vis d'agressions extrêmes visant à faire face aux principales situations 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 puissance nécessitant la construction d'un bâtiment dédié ;
- la mise en place d'une source d'eau ultime ;

Report des mises en service des diesels d'ultime secours (DUS)

L'ASN a imposé à EDF, dans ses [décisions du 26 juin 2012](#) prises au vu des conclusions des évaluations complémentaires de sûreté réalisées à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, la mise en place avant le 31 décembre 2018 d'un moyen d'alimentation électrique supplémentaire permettant notamment d'alimenter, en cas de perte des autres sources électriques externes et internes, les systèmes et composants appartenant au « noyau dur ». En réponse à ces prescriptions, EDF a engagé la construction de groupes électrogènes dénommés « diesels d'ultime secours » (DUS).

EDF a informé l'ASN de son impossibilité, pour 54 réacteurs, de respecter l'échéance du 31 décembre 2018 pour la mise en place de ces diesels d'ultime secours. L'ASN a considéré que les difficultés rencontrées par EDF sont avérées et que certaines d'entre elles subsistent encore. Elles résultent notamment de l'ampleur, de la complexité des opérations et des particularités de certains sites.

L'ASN a modifié le calendrier de mise en service des diesels d'ultime secours compte tenu des difficultés techniques rencontrées par EDF. L'ASN a assorti ce rééchelonnement, qui s'étend jusqu'au 31 décembre 2020, de prescriptions relatives au renforcement de la robustesse des sources électriques existantes.

Chronologie de première divergence des réacteurs électronucléaires français à la fin 2018

Date de 1 ^{re} divergence									Puissance totale
1977	Fessenheim 1	Fessenheim 2							1800 MWe
1978	Bugey 2	Bugey 3							1800 MWe
1979	Bugey 4	Bugey 5							1800 MWe
1980	Tricastin 1	Gravelines 1	Tricastin 2	Tricastin 3	Gravelines 2	Dampierre 1	Gravelines 3	Saint-Laurent B1	7200 MWe
1981	Dampierre 2	Saint-Laurent B2	Blayais 1	Dampierre 3	Tricastin 4	Gravelines 4	Dampierre 4		6300 MWe
1982	Blayais 2	Chinon B1							1800 MWe
1983	Cruas 1	Blayais 4	Blayais 3	Chinon B2					3600 MWe
1984	Cruas 3	Paluel 1	Cruas 2	Paluel 2	Gravelines 5	Cruas 4			6200 MWe
1985	Saint-Alban 1	Paluel 3	Gravelines 6	Flamanville 1					4800 MWe
1986	Paluel 4	Saint-Alban 2	Flamanville 2	Chinon B3	Cattenom 1				6100 MWe
1987	Cattenom 2	Nogent 1	Belleville 1	Chinon B4					4800 MWe
1988	Belleville 2	Nogent 2						2600 MWe	
1990	Cattenom 3	Penly 1	Golfech 1					3900 MWe	
1991	Cattenom 4							1300 MWe	
1992	Penly 2							1300 MWe	
1993	Golfech 2							1300 MWe	
1996	Chooz B1							1450 MWe	
1997	Chooz B2	Civaux 1						2900 MWe	
1999	Civaux 2							1450 MWe	

● 900 MWe ● 1300 MWe ● 1450 MWe

Source: ASN

- 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 engagé la mise en œuvre sur les différents sites d'une grande partie des moyens définitifs rappelés ci-dessus, notamment la construction des diesels d'ultime secours. L'ASN inspecte la réalisation des travaux.

• Phase 3 (à partir de 2019)

Cette phase viendra compléter la phase 2, notamment pour permettre la prise en compte des agressions extrêmes. Les mesures les plus importantes sont:

- 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, en cas de fusion du cœur, d'une solution de noyage du corium, qui se trouverait alors dans le puits de cuve, afin de prévenir la traversée du radier.

Dans la perspective de la mise en place du «noyau dur», et en particulier des dispositions des phases 2 et 3, l'ASN instruit les hypothèses de conception des dispositions matérielles et vérifie que les solutions proposées par EDF permettent de répondre aux objectifs de sûreté fixés.

Sur la base des dossiers transmis par EDF et des études réalisées, l'ASN a sollicité l'avis du GPR sur les points les plus importants de ces dossiers. À ce jour, trois réunions du GPR ont eu lieu:

- le GPR a été consulté les 28 janvier et 10 février 2016 sur la définition et la justification des niveaux d'aléas naturels retenus par EDF pour le «noyau dur». Cet examen a permis de définir les niveaux d'aléas à retenir pour la conception du «noyau dur» et a conduit l'ASN à demander, sur certains points, des précisions complémentaires à EDF;
- la séance du 7 juillet 2016 a porté sur les dispositions nouvelles proposées par EDF afin de limiter les conséquences d'un accident de fusion du cœur à court et long terme. Cet examen a permis à l'ASN de valider le principe des dispositions nouvelles proposées par EDF afin de limiter les conséquences d'un accident de fusion du cœur. Sur certains points, l'ASN a demandé à EDF des précisions et des études complémentaires;
- la séance du 2 février 2017 a porté principalement sur les stratégies de conduite des accidents pouvant survenir sur le réacteur et la piscine ainsi que sur l'adéquation fonctionnelle des matériels (nouveaux ou existants) avec ces dernières.

2.10 – La poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires

2.10.1 – 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 électronucléaires représentant près de 50 000 MWe, soit les trois quarts de la puissance délivrée par l'ensemble des réacteurs électronucléaires français, ont été mis en service entre 1980 et 1990, et sept réacteurs, représentant 10 000 MWe, entre 1991 et 2000. En décembre 2018, la moyenne d'âge des réacteurs, calculée à partir des dates de première divergence, se répartit comme suit :

- 37 ans pour les 34 réacteurs électronucléaires de 900 MWe ;
- 31 ans pour les 20 réacteurs électronucléaires de 1 300 MWe ;
- 21 ans pour les quatre réacteurs électronucléaires de 1 450 MWe.

2.10.2 – Le réexamen périodique

• Le principe du réexamen périodique

Les [réexamens périodiques](#) des réacteurs électronucléaires comportent les deux volets suivants :

- la vérification de l'état de l'installation et de sa conformité : cette étape vise à évaluer 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 comprendre des contrôles des études initiales de conception ainsi que des contrôles sur le terrain de matériels 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 maîtrise du vieillissement est également intégrée dans ce volet du réexamen ;
- 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'elle compte mettre en œuvre pour en renforcer la sûreté.

• Le processus de réexamen des réacteurs électronucléaires d'EDF

Afin de tirer bénéfice de la standardisation des réacteurs électronucléaires exploités par EDF, ces deux volets du réexamen font d'abord l'objet d'un programme d'études génériques pour un type de réacteurs donné (réacteurs de 900 MWe, de 1 300 MWe ou de 1 450 MWe). Les résultats de ce programme sont ensuite déclinés sur chacun des réacteurs électronucléaires à l'occasion de leur réexamen périodique. En particulier, EDF réalise une partie importante des contrôles et des modifications liés aux réexamens périodiques lors des visites décennales de ses réacteurs. Conformément aux dispositions de l'[article L. 593-19 du code de l'environnement](#), à l'issue de ce réexamen, 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 et propose, le cas échéant, de mettre en œuvre des améliorations complémentaires. Le rapport de réexamen est composé des éléments prévus par le [décret 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 EDF fait l'objet d'une prise de position de l'ASN après consultation du GPR et éventuellement du GPESPN. Sur cette base, EDF réalise des études de réévaluation de sûreté et définit les modifications à mettre en œuvre.

Après consultation des groupes permanents d'experts 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 électronucléaire, 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.

La [loi n° 2015-992 du 17 août 2015](#) relative à la transition énergétique pour la croissance verte a complété le cadre applicable aux réexamens périodiques des réacteurs électronucléaires. Elle a notamment soumis à autorisation de l'ASN, après enquête publique, les dispositions proposées par l'exploitant lors des réexamens périodiques au-delà de la 35^e année de fonctionnement d'un réacteur électronucléaire. Cinq ans après la remise du rapport de réexamen, l'exploitant remet également un rapport intermédiaire sur l'état des équipements au vu duquel l'ASN complète éventuellement ses prescriptions.

• 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 des installations pendant toute leur durée de fonctionnement.

Pour appréhender le vieillissement d'une centrale nucléaire, au-delà du simple délai écoulé depuis sa mise en service, un certain nombre de facteurs doivent être pris en compte, notamment l'existence de phénomènes physiques qui peuvent dégrader 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 des métaux... Ces dégradations sont généralement prises en compte dès la conception et la fabrication des installations puis dans un programme de surveillance et de maintenance préventive, voire de réparation ou de remplacement si nécessaire.

• La durée de vie des équipements irremplaçables

Les équipements irremplaçables, tels que la cuve (voir point 2.2) et l'enceinte de confinement (voir point 2.3), 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 en permettant un comportement satisfaisant.

• 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 de cette procédure, une forte anticipation est nécessaire de la part d'EDF.

• Le processus de maîtrise du vieillissement des réacteurs électronucléaires

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 dès 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 d'essais périodiques et de maintenance préventive, les programmes d'investigations complémentaires ou encore l'examen du retour d'expérience (voir points 2.4.3, 2.4.4, 2.4.7, 2.4.8 et 2.6.1) doivent permettre de détecter ces phénomènes de manière suffisamment anticipée ;
- 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 électronucléaires, EDF doit chercher à les anticiper 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 composants et de perte de compétences techniques des intervenants.

À la demande de l'ASN, EDF a établi une méthodologie de maîtrise du vieillissement pour ses réacteurs électronucléaires au-delà de 30 ans de fonctionnement dont l'objectif est de démontrer leur aptitude à poursuivre leur fonctionnement jusqu'à leur quatrième réexamen périodique dans des conditions de sûreté satisfaisantes, d'une part, au regard de la connaissance et de la maîtrise des mécanismes et des cinétiques des modes d'endommagement associés au vieillissement et d'autre part, au vu de l'état des installations constaté lors de leur troisième réexamen périodique.

Cette méthodologie comporte une première phase générique qui vise à se prononcer sur la prise en compte du vieillissement pour un ensemble de réacteurs similaires. Dans un deuxième temps, à l'occasion du troisième réexamen périodique de chaque réacteur électronucléaire, un dossier de synthèse spécifique au réacteur 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 troisième visite décennale.

Dans la perspective envisagée d'une poursuite du fonctionnement des réacteurs électronucléaires au-delà de leur quatrième réexamen périodique, EDF a prévu de reconduire une telle démarche qui sera étendue à l'ensemble des systèmes, structures et composants importants pour la maîtrise des risques radiologiques mais également des risques conventionnels.

2.10.3 – Les réexamens périodiques en cours des centrales nucléaires

• Les réacteurs de 900 MWe

Le troisième réexamen périodique

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 30 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. Elle 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 ses réacteurs électronucléaires.

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 électronucléaire, en s'appuyant notamment sur les résultats des contrôles de conformité et sur l'évaluation du rapport de conclusion du réexamen périodique du réacteur remis par EDF.

En 2018, le réacteur 6 de la centrale nucléaire de [Gravelines](#) et le réacteur 2 de la centrale nucléaire de [Cruas-Meysse](#) ont intégré les améliorations issues de leur troisième réexamen périodique dans le cadre de leur visite décennale, portant à 32 sur 34 le nombre de réacteurs de 900 MWe ayant effectué leur troisième réexamen périodique.

L'ASN a, par ailleurs, transmis en 2018 au ministre chargé de la sûreté nucléaire son analyse du rapport de conclusions du réexamen du réacteur 3 de la centrale nucléaire du [Bugey](#). 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 ce réacteur 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 ce réacteur.

Le quatrième réexamen périodique

Le [quatrième réexamen périodique](#) des réacteurs de 900 MWe est traité dans la fiche thématique dédiée (voir en introduction de ce rapport).

• Les réacteurs de 1300 MWe

Le deuxième réexamen périodique

L'ASN s'est [prononcée favorablement en 2006](#) sur les aspects génériques de la poursuite de fonctionnement des réacteurs de 1300 MWe jusqu'à leur troisième réexamen périodique, sous réserve de la réalisation effective des modifications décidées dans le cadre de ce réexamen.

Les 20 réacteurs de 1300 MWe ont, à ce jour, tous effectué leur deuxième réexamen périodique 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 en 2014 sa position sur la poursuite de fonctionnement des deux réacteurs de [Saint-Alban/Saint-Maurice](#), des réacteurs 2 et 3 de [Cattenom](#), des deux réacteurs de [Nogent-sur-Seine](#) et du réacteur 1 de [Penly](#) et a édicté à cette occasion des prescriptions complémentaires visant à renforcer la sûreté de ces réacteurs électronucléaires. Elle prépare actuellement sa position sur la poursuite du fonctionnement des autres réacteurs de 1300 MWe.

Le troisième réexamen périodique

L'ASN a [pris position](#) début 2015 sur les aspects génériques de la poursuite du fonctionnement des réacteurs de 1300 MWe au-delà de 30 années de fonctionnement. L'ASN considère que

les actions engagées ou prévues par EDF pour évaluer l'état de ses réacteurs de 1 300 MWe et maîtriser leur vieillissement jusqu'au quatrième réexamen périodique 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.

Dans le cadre de la conclusion de la phase générique de ce réexamen, l'ASN prévoit d'adopter en 2019 des prescriptions génériques complémentaires applicables à tous les réacteurs de 1 300 MWe visant à renforcer leur sûreté.

Le réacteur 1 de la centrale nucléaire de [Flamanville](#), les réacteurs de la centrale nucléaire de [Saint-Alban/Saint-Maurice](#), les réacteurs 1, 2 et 3 de la centrale nucléaire de [Paluel](#), et les réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de [Cattenom](#) ont réalisé leur troisième visite décennale entre 2015 et 2018. Ces troisième visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe s'échelonnent jusqu'en 2024.

• Les réacteurs de 1 450 MWe

Le premier réexamen périodique

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.

À la suite des compléments apportés par EDF, l'ASN a pris position sur la poursuite de fonctionnement des deux réacteurs de la centrale nucléaire de [Chooz](#) et des deux réacteurs de la centrale nucléaire de [Civaux](#). À cette occasion, elle a édicté des prescriptions complémentaires visant à renforcer la sûreté de ces réacteurs, imposant notamment le traitement d'un écart affectant les réserves en eau du circuit secondaire et la réalisation de modifications visant à améliorer la maîtrise des risques de vidange de la piscine d'entreposage du combustible, d'explosion et en cas de températures extérieures élevées.

Le deuxième réexamen périodique

EDF a transmis en 2011 ses propositions d'orientations du programme générique d'études du deuxième réexamen périodique 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 deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1 450 MWe. Elle considère notamment que les objectifs de sûreté à retenir pour le deuxième réexamen des réacteurs de 1 450 MWe devront être définis au regard des objectifs applicables aux nouveaux réacteurs électronucléaires 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 deuxième réexamens périodiques des réacteurs de 1 450 MWe.

Les deuxième visites décennales des réacteurs de 1 450 MWe sont programmées à partir de 2019 pour le réacteur B2 de Chooz et s'échelonnent jusqu'en 2022.

La maîtrise du vieillissement

Dans la perspective de la poursuite du fonctionnement au-delà du quatrième réexamen périodique des réacteurs électronucléaires de 900 MWe, EDF a prévu de reconduire la démarche de maîtrise du vieillissement appliquée depuis le troisième réexamen périodique de ses réacteurs, tout en renforçant ses projets de rénovation et de remplacement de matériels. La maîtrise du vieillissement, en particulier des équipements irremplaçables dont l'intégrité est indispensable à la sûreté (tels que la cuve du réacteur – voir point 2.2 – et son enceinte de confinement – voir point 2.3), et la gestion de l'obsolescence sont essentielles au maintien d'un niveau de sûreté satisfaisant.

Après avoir considéré en 2013 puis en 2016 que les dispositions mises en place ou prévues par EDF – permettant notamment d'identifier les différents modes de dégradation des matériels, de mettre en place les parades associées et d'intégrer le retour d'expérience – étaient globalement satisfaisantes, l'ASN, avec l'appui de l'IRSN, a instruit à nouveau la démarche de maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence et a recueilli en mars 2018 les avis du [GPR](#) et du [GPESPN](#).

L'ASN note qu'EDF a pris en compte ses demandes formulées en 2013 et 2016. L'ASN considère que les dispositions mises en œuvre ou prévues pour assurer la maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence des structures, systèmes et composants des réacteurs de 900 MWe et contribuer ainsi au maintien de leur conformité au-delà de leur quatrième réexamen périodique, complétées par les engagements pris à l'issue de l'instruction, sont satisfaisantes.

Les programmes de qualification des matériels aux conditions accidentelles sont pertinents et permettent d'étendre cette qualification au-delà de la quatrième visite décennale. Des actions sont encore en cours pour couvrir l'ensemble des matériels concernés.

Les opérations de maintenance exceptionnelle envisagées (remplacements, réparations ou rénovations programmés pendant ou après les quatrième visites décennales) sont cohérentes avec les analyses de vieillissement.

Les améliorations identifiées pour le traitement de l'obsolescence sont de nature à garantir un traitement satisfaisant et pérenne de l'obsolescence.

Le programme d'investigations complémentaires défini par EDF et les modalités prévues de traitement des résultats sont jugés satisfaisants.

Néanmoins, l'ASN a relevé des faiblesses concernant le traitement du retour d'expérience, l'anticipation des décisions à prendre, le délai de traitement de certaines fiches génériques d'analyse du vieillissement et l'appropriation par les centrales nucléaires de la démonstration de l'aptitude à la poursuite du fonctionnement portée par le dossier de synthèse spécifique à chaque réacteur.

Enfin, des compléments limités sont attendus sur des phénomènes de vieillissement de plusieurs composants des circuits primaire et secondaires principaux.

Par ailleurs, le sujet de la maîtrise du vieillissement a fait l'objet de la première revue thématique (*Topical Peer Review*) prévue par la [directive 2014/87/Euratom](#) du Conseil du 8 juillet 2014 modifiant la [directive 2009/71/Euratom](#) établissant un cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires. Cette directive instaure une évaluation par les pairs, tous les six ans, d'un aspect technique lié à la sûreté nucléaire de leurs installations nucléaires. Les modalités de cette revue sont définies par le groupe [ENSREG](#) (*European Nuclear Safety Regulators' Group*) (voir chapitre 6, point 2.2).

Pour ce qui concerne les réacteurs nucléaires d'EDF, cette revue a confirmé que la démarche de maîtrise du vieillissement, accompagnée d'un programme de recherche et de développement conséquent, est appropriée, en particulier au regard des exigences des standards internationaux. Un plan d'action national sera élaboré pour répondre aux conclusions de cette revue, notamment en ce qui concerne les inspections des tuyauteries enterrées et le besoin d'un programme de maîtrise du vieillissement pendant les phases de construction longues des nouvelles installations et des périodes d'arrêt prolongé de réacteur.

2.11 — L'EPR de Flamanville

L'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 aux objectifs de sûreté renforcés suivants : réduction du nombre d'événements significatifs, limitation des rejets, réduction du volume et de l'activité des déchets, réduction des doses individuelles et collectives reçues par les travailleurs (en fonctionnement normal et en situation d'incident), réduction de la fréquence globale de fusion du cœur en tenant compte de tous les types de défaillances et d'agressions et réduction des conséquences radiologiques des accidents.

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, d'une puissance de 1650 MWe, sur le site de Flamanville, déjà équipé de deux réacteurs de 1300 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. Ce décret a été modifié en 2017 pour prolonger le délai alloué à la mise en service du réacteur.

Après la délivrance de ce décret d'autorisation de création et du permis de construire, la construction du réacteur EPR 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.

EDF prévoit le chargement du combustible et le démarrage du réacteur à la fin de l'année 2019. L'ASN constate toutefois que certaines soudures des circuits secondaires principaux doivent être reprises (voir page 15) et qu'une partie importante des essais de démarrage reste à réaliser.

2.11.1 — L'instruction des demandes d'autorisation

• L'autorisation de mise en service partielle du réacteur EPR de Flamanville pour l'introduction de vapeur contenant du tritium

Le 26 juillet 2018, l'ASN a autorisé EDF à utiliser de la vapeur contenant du tritium en provenance des réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de [Flamanville](#), en complément ou en substitution des autres sources de production de vapeur présentes sur le site (chaudières auxiliaires et chaudières provisoires), pour la préparation et la réalisation des essais à chaud. L'introduction de tritium dans l'installation nécessite une autorisation qualifiée « d'autorisation de mise en service partielle » en application de l'article 20 du [décret du 2 novembre 2007](#) relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives. Cette autorisation est limitée pour la période correspondant au délai nécessaire pour la réalisation de ces essais. Elle soumet la première mise en pression des circuits secondaires principaux,

dont certaines soudures présentent des défauts, à l'accord préalable de l'ASN.

• L'instruction de la demande d'autorisation de mise en service et de la demande d'autorisation de mise en service partielle du réacteur EPR de Flamanville pour l'arrivée du combustible

EDF a adressé en mars 2015 à l'ASN sa demande d'autorisation de mise en service de l'installation, 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. À l'issue d'un examen préliminaire, l'ASN a considéré que l'ensemble des pièces exigées par la réglementation était formellement présent, mais a estimé que des justifications supplémentaires devaient être apportées pour que l'ASN puisse statuer sur l'éventuelle autorisation de mise en service. L'ASN a cependant engagé l'instruction technique des sujets pour lesquels l'essentiel des éléments était disponible, en formulant toutefois des demandes sur certains points. EDF a simultanément adressé une demande de mise en service partielle de l'installation pour l'arrivée du combustible sur site.

En juin 2017, l'ASN a reçu des versions mises à jour des dossiers de demande d'autorisation de mise en service et de mise en service partielle. Des éléments restent manquants pour que l'ASN soit en mesure de prendre position sur le dossier de demande d'autorisation de mise en service. En particulier, l'ASN a formulé en 2018 des demandes de compléments sur les règles générales d'exploitation.

L'ASN a également recueilli l'avis du [GPR](#) les 4 et 5 juillet 2018 sur le rapport de sûreté du réacteur EPR de Flamanville. Cette réunion a été notamment consacrée aux suites données aux précédentes séances du GPR dédiées à ce réacteur depuis 2015. Le groupe permanent considère que la démonstration de sûreté du réacteur est globalement satisfaisante et souligne que quelques compléments sont attendus concernant la prise en compte du risque d'incendie et le comportement des crayons de combustible ayant subi une crise d'ébullition. Le GPR considère également que la conception et le dimensionnement des systèmes de sauvegarde et des systèmes auxiliaires de sûreté sont globalement satisfaisants et note que des compléments devront être apportés concernant les brèches susceptibles d'affecter le système de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible.

Parallèlement à l'instruction du dossier de demande d'autorisation de mise en service partielle liée à l'utilisation de vapeur contenant du tritium, l'ASN a mis à jour le 28 septembre 2018 ses [décisions](#) prises en 2010 définissant les limites et les modalités de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux pour les réacteurs électronucléaires du site de Flamanville.

2.11.2 — 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 l'EPR de Flamanville sont multiples pour l'ASN. Il s'agit :

- de contrôler la qualité d'exécution des activités de fabrication des équipements, de construction de l'installation de manière proportionnée aux enjeux de sûreté, de radioprotection et de protection de l'environnement afin de pouvoir prendre position sur l'aptitude de l'installation à répondre aux exigences définies ;
- de veiller à ce que les différents acteurs tirent le retour d'expérience de la phase de construction et de réalisation des essais de démarrage, y compris les phases amont (choix et surveillance des prestataires, construction,

approvisionnement...), qui permettront à l'installation telle que construite d'être conforme à la démonstration de sûreté tout au long du projet;

- de s'assurer que le programme des essais de démarrage est complet, que les essais sont correctement mis en œuvre et que les écarts qu'ils mettent en évidence sont traités;
- de veiller à ce que l'exploitant prenne les mesures nécessaires 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 du réacteur EPR de la centrale nucléaire de Flamanville et à l'exploitation des deux réacteurs 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 ESPN qui feront partie des circuits primaire et secondaires de la chaudière nucléaire. Les principales actions menées par l'ASN en 2018 sont décrites ci-après.

• Le contrôle des activités de construction, de montage et d'essais sur le site du réacteur EPR de Flamanville

Sur le [chantier du réacteur EPR de Flamanville](#), l'ASN a réalisé, en 2018, 20 inspections consacrées au contrôle de la construction, de la réalisation des essais de démarrage et de la préparation des équipes qui seront chargées de l'exploitation du réacteur. Celles-ci ont porté en particulier sur les thèmes techniques suivants :

- les activités de montage mécanique, concernant notamment les circuits secondaires de la chaudière nucléaire, les soupapes de protection du circuit primaire principal, les circuits auxiliaires nucléaires, les traversées mécaniques de l'enceinte de confinement, les circuits de traitement des effluents ainsi que les équipements nécessaires au fonctionnement des groupes électrogènes de secours. En 2018, l'ASN a notamment contrôlé la mise en conformité des circuits secondaires principaux (voir en introduction de ce rapport), à la suite de la déclaration par EDF de deux événements significatifs pour la sûreté;
- les activités de montage des systèmes électriques, dont les opérations de raccordement de câbles dans les bâtiments;
- la conservation des équipements et des structures présents sur le chantier jusqu'à la mise en service du réacteur. En raison des reports annoncés par EDF, l'ASN veille à ce qu'EDF continue à porter une attention particulière à la définition et au respect d'exigences associées à la conservation des équipements déjà installés et des structures construites, en tenant notamment compte de la mise en eau des circuits pour les épreuves hydrauliques et les essais de démarrage;
- la poursuite des essais de démarrage, en particulier lors des premiers essais d'ensemble de l'installation. L'ASN a renforcé son contrôle sur ces essais qui doivent contribuer à la

démonstration que les structures, systèmes et composants du réacteur respectent les exigences qui leur sont assignées. L'ASN a porté une attention particulière à l'organisation mise en place pour garantir la représentativité et la traçabilité des essais;

- l'impact environnemental du chantier, en particulier la gestion des déchets enfouis découverts sur le site en 2017, la préparation à l'exploitation avec la prise en compte de la gestion des déchets conventionnels et nucléaires, la maîtrise des risques pour l'environnement ainsi que la prise en compte des nouvelles prescriptions adoptées par l'ASN pour encadrer les prélèvements d'eau et les rejets des réacteurs de Flamanville;
- la radioprotection des travailleurs dans le cadre des contrôles radiographiques de soudures;
- la préparation à l'exploitation de l'entité d'EDF qui sera chargée de l'exploitation de l'EPR de Flamanville après son démarrage. Cette entité est actuellement composée de plus de 400 agents. En vue de la mise en service du réacteur, EDF poursuit le transfert progressif de la responsabilité du fonctionnement des structures, systèmes et composants depuis l'entité chargée des activités de construction et des opérations de démarrage du réacteur vers l'entité chargée de son exploitation future. À travers son contrôle, l'ASN s'assure que 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 qu'elles s'approprient au mieux le fonctionnement des matériels pendant la construction du réacteur et les essais de démarrage des systèmes. Par ailleurs, l'ASN veille à ce que ces activités de préparation à l'exploitation soient achevées avant la mise en service du réacteur.

D'autre part, au regard de l'importance des essais de démarrage dans la démonstration de sûreté de l'installation, l'ASN a réalisé une inspection renforcée dédiée à cette thématique en octobre 2018.

• Le contrôle des activités d'ingénierie de l'EPR de Flamanville

L'ASN a orienté en 2018 ses inspections réalisées dans les services d'ingénierie d'EDF sur les thématiques de gestion des écarts rencontrés et l'anticipation de la phase d'exploitation. L'ASN a ainsi réalisé, en 2018, dans les services d'ingénierie d'EDF en charge des études de conception détaillées du réacteur EPR de la centrale de Flamanville, des inspections ayant pour thème la qualification des équipements, la gestion des écarts et les modifications qui seront mises en œuvre après la mise en service de l'installation.

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

Les actions menées par les inspecteurs du travail de l'ASN en 2018 ont consisté en :

- la réalisation de contrôles des entreprises intervenant 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;
- l'instruction ou co-instruction de demandes de dérogation à des dispositions relevant de la réglementation du travail.

L'application des règles de sécurité a fait l'objet d'un contrôle régulier.

En 2018, les inspecteurs du travail de l'ASN ont également engagé et mené des actions de contrôle des dispositions réglementaires régissant les opérations de détachement transnational de travailleurs.



Essais « en air » de la machine de chargement du combustible

Autorisation de mise en service et d'utilisation de la cuve du réacteur EPR de Flamanville

Framatome a mis en évidence fin 2014 une anomalie de la composition chimique de l'acier du couvercle et du fond de la cuve du réacteur EPR de Flamanville, pouvant réduire sa capacité à résister à la propagation d'une fissure. Framatome a lancé, en lien avec EDF, un programme d'essais afin de justifier que la résistance mécanique de l'acier est suffisante dans toutes les situations de fonctionnement, y compris accidentelles. Framatome a transmis ses conclusions techniques à l'ASN en décembre 2016.

En s'appuyant sur l'analyse des dossiers transmis par Framatome et des éléments techniques complémentaires fournis par EDF, menée par sa direction des équipements sous pression nucléaires et son appui technique l'IRSN, sur les avis de son groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires et du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques, ainsi que sur les observations recueillies lors de la consultation du public, l'ASN a rendu [son avis le 10 octobre 2017](#) sur cette anomalie. Elle a ainsi indiqué considérer que cette anomalie n'était pas de nature, sous certaines réserves, à remettre en cause la mise en service de la cuve.

La mise en service et l'utilisation de la cuve du réacteur EPR de Flamanville étant par ailleurs soumises à une autorisation de l'ASN, au regard notamment du respect des autres exigences applicables à l'ensemble de la cuve, Framatome a déposé le 13 juillet 2018 une demande en ce sens, qui a été complétée à la suite des demandes de l'ASN. L'ASN a instruit cette demande, en s'appuyant sur les conclusions de son avis de 2017 et a, en outre, vérifié le respect des exigences techniques et réglementaires autres que celles relatives à la composition chimique de l'acier du couvercle et du fond de la cuve.

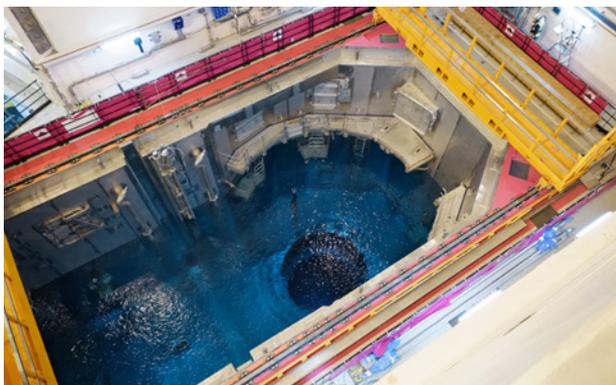
Sur la base des conclusions de cette instruction, [l'ASN a autorisé](#) la mise en service et l'utilisation de la cuve du réacteur EPR de Flamanville le 9 octobre 2018, sous réserve de la réalisation d'un programme d'essais de suivi du vieillissement thermique et de contrôles spécifiques lors de l'exploitation de l'installation. La faisabilité de ces derniers contrôles n'étant pas acquise pour le couvercle en l'état actuel des connaissances, l'ASN a limité à fin 2024 l'utilisation du couvercle actuel.

• Le contrôle de la conception des ESPN du réacteur EPR de Flamanville

Au cours de l'année 2018, l'ASN a poursuivi l'évaluation de la conformité de la conception des ESPN des circuits primaire et secondaires principaux.

L'ASN ayant constaté des manques de justification et une incomplétude des dossiers de conception de ces équipements, notamment en ce qui concerne les analyses de risque, les choix des matériaux et l'inspectabilité des équipements en service, elle a tenu avec Framatome (ex-Areva NP), en 2013 et 2014, de nombreuses réunions techniques destinées à définir les compléments devant être apportés. Framatome a engagé en 2015 et achevé en 2018 la révision de l'ensemble de la documentation technique de conception de ces équipements.

Les organismes habilités pour l'évaluation de la conformité des ESPN apportent leur appui à l'ASN, qui les mandate à cet effet, pour l'examen de cette documentation de conception.



Remplissage de la piscine du bâtiment réacteur dans le cadre des essais fonctionnels cuve ouverte

• Le contrôle de la fabrication des ESPN du réacteur EPR de Flamanville

Au cours de l'année 2018, l'ASN a poursuivi l'évaluation de la conformité de la fabrication des ESPN des circuits primaire et secondaires principaux, la fabrication des équipements étant par ailleurs achevée.

L'ASN et les organismes qu'elle habilite procèdent à l'examen de la documentation technique et à des actions de surveillance des opérations de montage des ESPN qui sont réalisées sur site.

L'évaluation de la conformité des équipements destinés à l'EPR de Flamanville est également réalisée au regard du retour d'expérience des opérations de montage et des essais réalisés sur d'autres réacteurs de type EPR, tels que ceux de Taishan (Chine) et d'Olkiluoto (Finlande). L'ASN demande à Framatome qu'elle identifie et mette en œuvre les mesures correctives nécessaires vis-à-vis de ce retour d'expérience. C'est notamment le cas des fissurations détectées sur les portées d'étanchéité de certains robinets et des vibrations détectées sur la ligne d'expansion du pressuriseur.

L'ASN examine également, avec l'appui des organismes qu'elle mandate, le traitement des écarts identifiés par la revue des dossiers de fabrication des composants forgés à l'usine Creusot Forge et installés sur le réacteur EPR de Flamanville.

L'ASN a réalisé en 2018 six inspections d'EDF et de son fabricant Framatome portant sur le montage de la chaudière nucléaire et la préparation des épreuves hydrauliques et trois inspections des organismes ou organes d'inspection mandatés par l'ASN pour exercer une surveillance de ces activités. Par ailleurs, ces organismes et organes d'inspection ont eux-mêmes conduit plusieurs milliers d'actions de contrôle en 2018 sur l'ensemble des équipements sous pression nucléaires du réacteur EPR de Flamanville (voir point 2.2.2).

• Les attestations de conformité des équipements sous pression nucléaires du réacteur EPR de Flamanville

Au terme des contrôles réalisés pour leur conception et leur fabrication, l'ASN délivre, si ces contrôles sont satisfaisants au regard des exigences réglementaires, des attestations de conformité des ESPN. Au cours des années 2017 et 2018, l'ASN a délivré les toutes premières attestations. L'évaluation de la conformité des autres ESPN ou ensembles nucléaires de niveau N1 se poursuivra en 2019.

L'ASN a par ailleurs autorisé la mise en service et l'utilisation de la cuve du réacteur en 2018 (voir encadré).

2.11.3 – L'évaluation de la construction, des essais de démarrage et de la préparation au fonctionnement du réacteur EPR de Flamanville

De façon générale, l'ASN considère que l'organisation mise en place pour la préparation de l'exploitation est globalement satisfaisante.

Malgré des améliorations en termes de traçabilité des conditions et des résultats d'essais, EDF doit encore faire évoluer ses pratiques en matière de réalisation des essais de démarrage pour qu'ils soient réalisés dans les conditions prévues et pour documenter les justifications associées à leur représentativité.

Les inspections réalisées sur le thème de la qualification des matériels mettent par ailleurs en évidence une traçabilité insuffisante du traitement des réserves de qualification jusqu'à leur levée. EDF devra compléter le processus de qualification sur ce point. Enfin, des lacunes importantes de la surveillance d'EDF sur les intervenants extérieurs ont été mises en exergue lors du montage et des contrôles des circuits secondaires principaux. L'ASN a ainsi demandé d'étendre la revue de la qualité des matériels du réacteur EPR de Flamanville 3 à un périmètre plus large d'équipements et de sous-traitants, en adaptant la profondeur de la revue en fonction des enjeux. En 2019, l'ASN poursuivra son action de contrôle sur ces thèmes, en particulier sur la préparation de l'exploitation, les essais de démarrage et la mise en conformité des circuits secondaires principaux.

2.12 – Les études sur les réacteurs du futur

• EPR nouveau modèle et EPR 2

En avril 2016, EDF a sollicité l'avis de l'ASN sur les options de sûreté d'un projet de réacteur à eau sous pression dénommé EPR nouveau modèle (EPR NM), en cours de développement par EDF et Framatome.

Ce projet vise à répondre aux objectifs généraux de sûreté des réacteurs de troisième génération. Il a pour ambition d'intégrer le retour d'expérience de conception, de construction et de mise en service des réacteurs de type EPR de Flamanville 3, Olkiluoto 3, Taishan 1 et 2 et Hinkley Point C, ainsi que le retour d'expérience d'exploitation des réacteurs existants. Par ailleurs, ce réacteur a vocation à intégrer, dès sa conception, l'ensemble des leçons de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima. Cela se traduit, en particulier, par un renforcement de la conception vis-à-vis des agressions naturelles externes et une consolidation de l'autonomie de l'installation et du site en situation accidentelle (avec ou sans fusion du cœur) avant l'intervention de moyens extérieurs au site.

L'ASN a mené l'instruction du dossier d'options de sûreté (DOS) de l'EPR NM avec l'appui de l'IRSN au cours de l'année 2017, en tenant compte des recommandations du [guide n° 22](#) relatif à la conception de réacteurs à eau sous pression. À la demande de l'ASN, le GPR s'est réuni en janvier 2018 pour examiner ce dossier. Par ailleurs, EDF a communiqué à l'ASN sa décision



Inspection de l'ASN – Bâtiment réacteur : préparation à l'épreuve enceinte – mars 2018

de faire évoluer la configuration technique de l'EPR NM vers une nouvelle version, appelée EPR 2, qui intègre certaines conclusions de l'instruction du DOS de l'EPR NM. L'ASN prévoit de prendre position sur les options de sûreté proposées au début de l'année 2019.

• Petits réacteurs modulaires

Plusieurs projets de « petits réacteurs modulaires » (SMR, *Small Modular Reactors*) sont en cours de développement dans le monde. Il s'agit de réacteurs d'une puissance inférieure à 300 MWe, fabriqués en usine et livrés sur leur site d'implantation. Un projet de SMR français réunissant EDF, Technicatome, le CEA et Naval Group est actuellement au stade des études de faisabilité. L'ASN considère que ces projets constituent des opportunités de développer des réacteurs présentant des améliorations significatives en matière de sûreté nucléaire.

• Les réacteurs de génération IV

Le CEA mène depuis 2000, en partenariat avec EDF et Framatome, des réflexions sur les réacteurs de quatrième génération, notamment au sein du Forum international « Génération IV » (GIF, *Generation IV International Forum*). Pour leurs promoteurs, le principal enjeu des réacteurs de quatrième génération est de permettre un développement durable de l'énergie nucléaire en optimisant l'utilisation des ressources naturelles, en réduisant la production de déchets radioactifs, en améliorant la sûreté nucléaire et en assurant une meilleure protection contre les risques en matière de sécurité, de prolifération et de terrorisme. Le déploiement industriel des réacteurs de quatrième génération est envisagé en France au plus tôt au milieu de ce siècle.

3 — Perspectives

En 2019, 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 2019 sera marquée par les premières visites décennales associées au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe et au deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1 450 MWe. L'ASN assurera un contrôle spécifique de ces arrêts de réacteur lors desquels EDF mènera une partie importante des contrôles de la conformité et déploiera une grande part des modifications associées au réexamen.

L'ASN achèvera par ailleurs en 2019 la plupart des instructions des études génériques réalisées par EDF dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, en vue d'une prise de position de l'ASN fin 2020. L'ASN prendra notamment en compte les observations du public recueillies dans le cadre de la concertation lancée en 2018 sur les dispositions proposées par EDF pour répondre aux objectifs de ce réexamen.

L'ASN finalisera également l'instruction générique des troisièmes réexamens périodiques des réacteurs de 1 300 MWe et adoptera des prescriptions applicables à tous les réacteurs afin de renforcer leur sûreté.

• Le retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima

EDF poursuivra en 2019 le déploiement des modifications de la phase 2 définie après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (voir point 2.9).

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, restera une priorité de l'ASN.

• La conformité des installations à leurs référentiels de conception, construction et d'exploitation

Dans la continuité de ses actions menées en 2017 et 2018, l'ASN poursuivra ses actions de contrôle renforcées sur le terrain, dans la mesure où le retour d'expérience d'exploitation révèle qu'EDF doit encore améliorer sa connaissance de l'état réel de ses installations. Au-delà du contrôle de la capacité d'EDF à corriger dans les meilleurs délais les non-conformités constatées sur les réacteurs en fonctionnement, l'ASN contrôlera que les dispositions prises par EDF permettent, dans les faits, de prévenir la survenue d'écarts. À ce titre, les premiers réacteurs électronucléaires de 1 450 MWe et de 900 MWe déployant les améliorations de sûreté associées respectivement à leurs deuxième et quatrième réexamens périodiques feront l'objet d'une vigilance particulière de l'ASN.

• Le contrôle du réacteur EPR de Flamanville

L'ASN poursuivra le contrôle de la mise en place des équipements, de la préparation et de la réalisation des essais de démarrage et de la préparation des différents documents supports à l'exploitation. Les contrôles des inspecteurs de la sûreté nucléaire resteront soutenus.

L'ASN poursuivra l'instruction de la demande d'autorisation de mise en service et prendra position sur la demande de mise en service partielle en vue de l'arrivée sur le site du combustible nucléaire.

Enfin, l'ASN poursuivra l'instruction du traitement des écarts affectant les soudures des circuits secondaires principaux et les évaluations de conformité des équipements sous pression nucléaires les plus importants pour la sûreté.

• Le contrôle des équipements sous pression nucléaires

Le contrôle des équipements sous pression nucléaires a été ces dernières années marqué par deux événements majeurs : la mise en évidence des problématiques liées à la ségrégation majeure en carbone de certains composants forgés et la découverte d'irrégularités pouvant s'apparenter à des falsifications au sein de l'usine Creusot Forge de Framatome.

L'ASN poursuivra en 2019 les actions qu'elle a entreprises les années précédentes. En particulier, elle poursuivra son contrôle de la mise en œuvre de la revue de tous les composants fabriqués par le passé au sein de l'usine Creusot Forge. Elle s'assurera que ce processus de revue est conduit à son terme pour les composants forgés et moulés afin d'apprécier l'ensemble des irrégularités qui ont pu affecter les fabrications passées et en analyser les conséquences sur la sûreté des installations.