

10



LES CENTRALES NUCLÉAIRES D'EDF

1	Généralités sur les centrales nucléaires	280	2.3 Les enceintes de confinement	2.7 La radioprotection des personnels
1.1	Présentation générale d'un réacteur à eau sous pression		2.3.1 Le contrôle des enceintes de confinement	2.7.1 Le contrôle de la radioprotection des personnels
1.2	Le cœur, le combustible et sa gestion		2.3.2 L'évaluation de l'état des enceintes de confinement	2.7.2 L'évaluation de la radioprotection des personnels
1.3	Le circuit primaire et les circuits secondaires		2.4 La prévention et la maîtrise des risques	2.8 Le droit du travail dans les centrales nucléaires
1.4	Le circuit de refroidissement du circuit secondaire		2.4.1 Le contrôle de l'élaboration et de l'application des règles générales d'exploitation (RGE)	2.8.1 Le contrôle du droit du travail dans les centrales nucléaires
1.5	L'enceinte de confinement		2.4.2 L'évaluation de l'exploitation des réacteurs	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
1.6	Les principaux circuits auxiliaires et de sauvegarde		2.4.3 Le contrôle de la maintenance des installations	2.9 Le retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima
1.7	Les autres systèmes importants pour la sûreté		2.4.4 L'évaluation de la maintenance	2.10 La poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires
2	Le contrôle de la sûreté nucléaire	284	2.4.5 La prévention des effets des agressions internes et externes	2.10.1 L'âge des centrales nucléaires
2.1	Le combustible		2.4.6 L'évaluation de la maîtrise des risques liés aux agressions	2.10.2 Le réexamen périodique
2.1.1	Les évolutions du combustible et de sa gestion en réacteur		2.4.7 Le contrôle de la conformité des installations aux exigences	2.10.3 Les réexamens périodiques en cours des centrales nucléaires
2.1.2	L'évaluation de l'état du combustible et de sa gestion en réacteur		2.4.8 L'évaluation de la conformité des installations aux exigences qui leur sont applicables	2.11 L'EPR de Flamanville
2.2	Les équipements sous pression nucléaires		2.5 La prévention et la maîtrise de l'impact environnemental et sanitaire	2.11.1 L'instruction des demandes d'autorisation
2.2.1	Le contrôle de la conformité de la conception et de la fabrication des équipements sous pression nucléaires (ESPN)		2.5.1 Le contrôle des rejets et de la gestion des déchets	2.11.2 Le contrôle de la construction, des essais de démarrage et de la préparation au fonctionnement
2.2.2	L'évaluation de la conception et de la fabrication des ESPN		2.5.2 La prévention des impacts sanitaires et des pollutions des sols	2.11.3 L'évaluation de la construction, des essais de démarrage et de la préparation au fonctionnement du réacteur EPR de Flamanville
2.2.3	Le contrôle de l'exploitation des équipements sous pression		2.5.3 L'évaluation de la maîtrise des nuisances et de l'impact sur l'environnement	2.12 Les études sur les réacteurs du futur
2.2.4	L'évaluation des équipements sous pression (ESP) en exploitation		2.6 La contribution de l'homme et des organisations à la sûreté	3 Perspectives
			2.6.1 Le contrôle du fonctionnement des organisations	315
			2.6.2 L'évaluation du fonctionnement des organisations et de la maîtrise des activités	

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 200 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 200 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

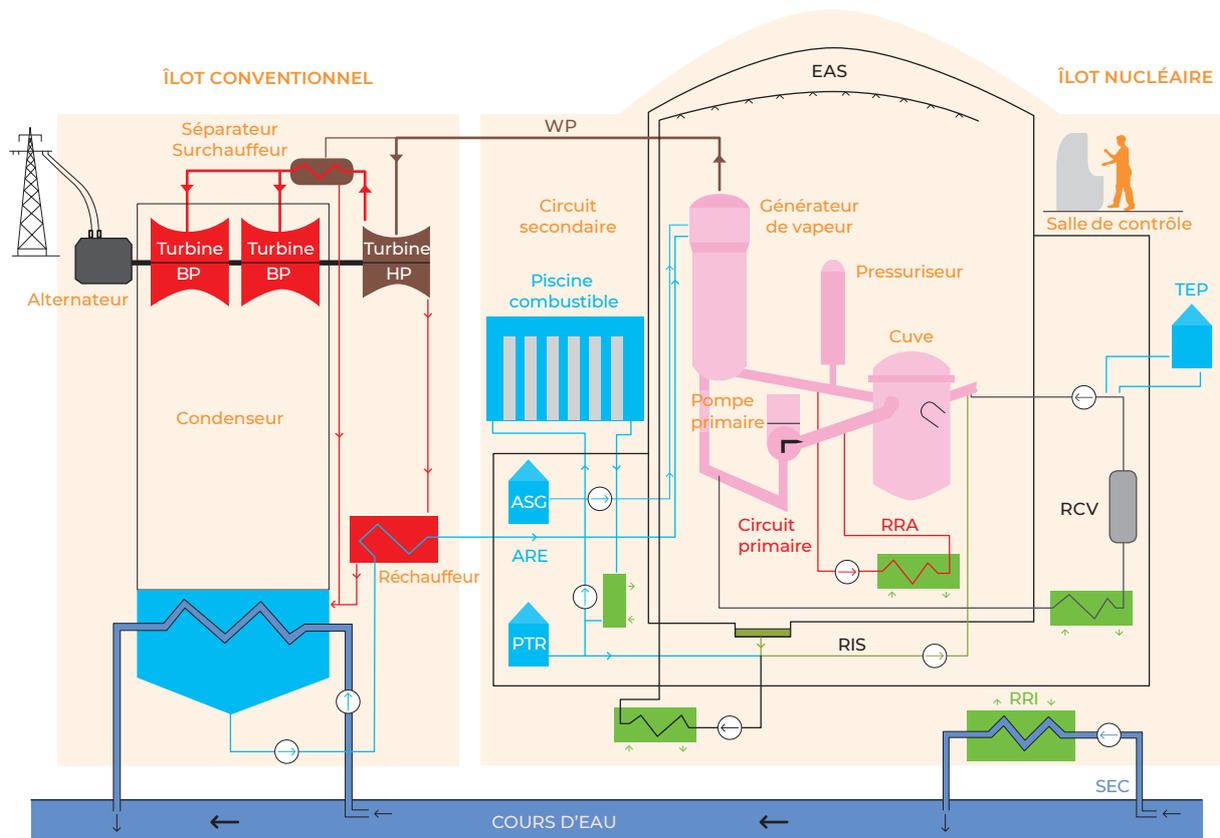
Toute centrale électrique thermique produit, en faisant passer de la chaleur d'une source chaude vers une source froide, de l'énergie mécanique qu'elle transforme en électricité. Les centrales thermiques classiques utilisent la chaleur dégagée par la combustion de combustibles fossiles (fioul, charbon, 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 ([REP](#)) 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 aëroréfrigérant.

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 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,

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

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 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 mégawatts électriques (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 gigawatts 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).

1.3 Le circuit primaire et les circuits secondaires

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

Le circuit primaire est composé de boucles de refroidissement, au nombre de trois pour un réacteur de 900 MWe, et de quatre pour les réacteurs de 1300 MWe, de 1450 MWe ou de 1650 MWe de type EPR (*Evolutionary Power Reactor*). 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.

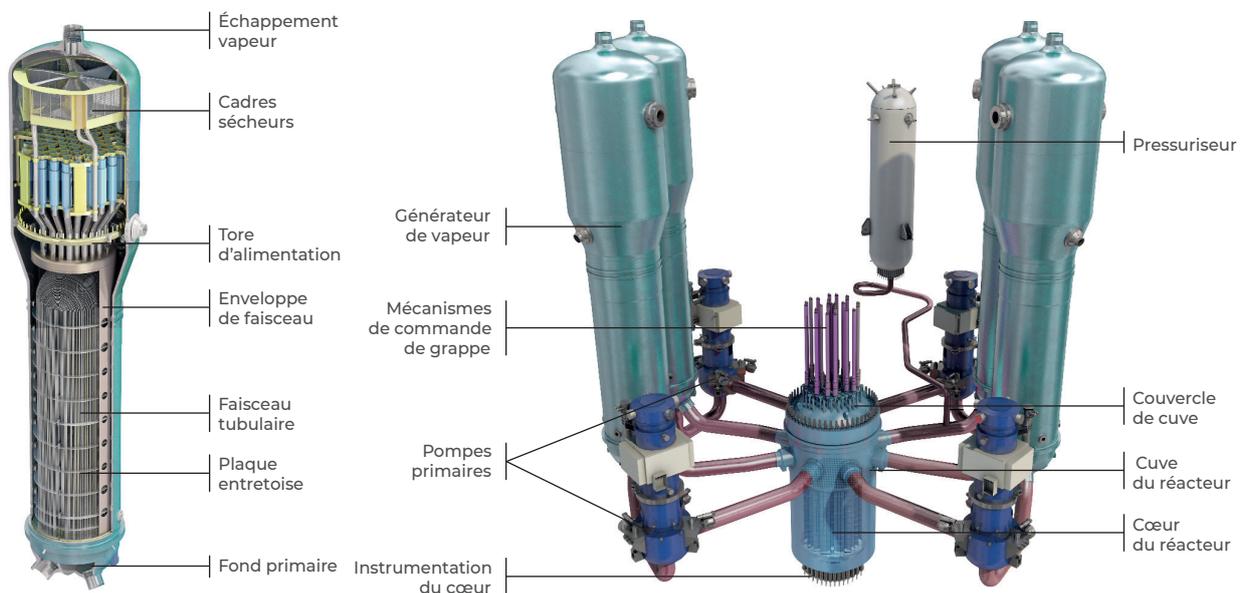
Chaque circuit secondaire est constitué principalement d'une boucle fermée parcourue par de l'eau sous forme liquide dans une partie, et sous forme de vapeur dans l'autre partie. La vapeur, produite dans les générateurs de vapeur, subit une détente partielle dans une turbine haute pression, puis traverse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

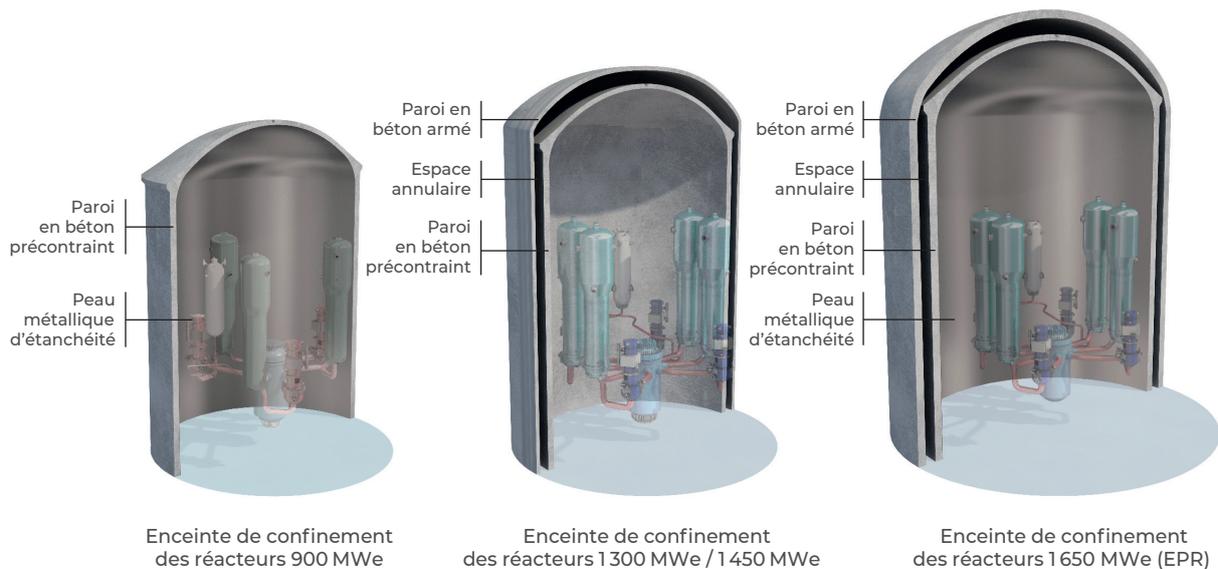
Le circuit de refroidissement du circuit secondaire a pour fonction de condenser la vapeur sortant de la turbine. Il comporte pour cela un condenseur composé d'un échangeur thermique comportant des milliers de tubes dans lesquels circule l'eau froide provenant du milieu extérieur (mer ou rivière). Au 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

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



Enceintes de confinement des réacteurs



Enceinte de confinement des réacteurs 900 MWe

Enceinte de confinement des réacteurs 1 300 MWe / 1 450 MWe

Enceinte de confinement des réacteurs 1 650 MWe (EPR)

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 circonferentielle 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 1 300 et 1 450 MWe sont constituées de deux parois : la paroi interne en béton précontraint et la paroi externe en béton armé. L'étanchéité est assurée par la paroi interne et par le système de ventilation (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 vapeur (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.

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'examens 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 son 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'ASN considère que, en 2019, l'ensemble des centrales nucléaires ont géré de manière globalement satisfaisante l'intégrité de la première barrière de confinement, constituée par la gaine des crayons de combustible.

Les progrès constatés en 2018 vis-à-vis du risque d'introduction de corps étrangers dans le circuit primaire, pouvant par la suite détériorer la première barrière de confinement, se sont poursuivis en 2019. Certains sites ont développé de bonnes pratiques, par exemple, par la mise en place de formations et d'actions de sensibilisation destinées aux personnels intervenant sur les chantiers présentant ce risque spécifique. L'ASN considère qu'EDF doit poursuivre ses efforts dans le domaine.

Le nombre de réacteurs présentant des défauts de gainage a été similaire à l'année précédente. L'ASN restera attentive aux investigations réalisées par EDF sur les assemblages de combustible concernés dans le but de déterminer l'origine de ces défauts et d'identifier des actions correctives en matière de fabrication et d'exploitation.

Dans le cadre du traitement de l'obsolescence des cellules de ressuage⁽¹⁾ des bâtiments du combustible, l'ASN sera attentive à la bonne réalisation de l'ensemble des opérations de maintenance effectuées sur ces équipements. Cette attention sera maintenue jusqu'au déploiement de nouvelles cellules de ressuage mobiles actuellement en cours de conception.

Tout comme en 2018, peu d'événements sont à signaler en 2019 lors des opérations de manutention du combustible. Il est toutefois à noter un accrochage d'assemblage lors d'opérations de déchargement à la centrale nucléaire du [Tricastin](#). Cet aléa étant déjà survenu sur le même site par le passé, l'ASN accordera une attention particulière à l'efficacité des mesures correctives mises en place.

1. La technique de ressuage consiste à chauffer l'eau dans laquelle est logé l'assemblage et à contrôler l'activité de cette eau à la sortie.



Inspection de l'ASN à la centrale nucléaire du Blayais – Moyens mis en place pour gérer le risque de corps étrangers dans les circuits

En 2019, plusieurs réacteurs ont effectué une première montée en puissance après rechargement suffisamment longue pour nécessiter une autorisation de modification de leur référentiel d'exploitation. Les réacteurs concernés ont en effet réalisé un fonctionnement prolongé à puissance intermédiaire, qui accroît le risque de rupture de la première barrière lors de certains accidents. Ces allongements des durées de montée en puissance ont été dus, dans les cas rencontrés en 2019, à des aléas sur certains équipements du circuit secondaire, non importants pour la sûreté. L'ASN considère qu'EDF doit veiller à la disponibilité de ses installations, et plus particulièrement du circuit secondaire, avant la conduite des transitoires de divergence et de montée en puissance.

Concernant la fabrication des assemblages de combustible, l'ASN maintient sa vigilance suite aux anomalies sur les assemblages contenant du MOX rencontrées en 2017 (présence d'îlots enrichis en plutonium de grande taille), qui se sont renouvelées en 2019 malgré les dispositions mises en œuvre à l'usine [Melox](#) d'Orano Cycle. La déclaration par EDF d'un événement significatif relatif à un phénomène de remontée de flux neutronique en bas et en haut de colonne fissile des assemblages de combustible MOX a conduit l'ASN à demander à EDF en 2018 des mesures compensatoires dans l'attente de la modification de la conception de ces assemblages et d'une démonstration complète des risques associés. Le déploiement de ces mesures compensatoires a été réalisé en 2019 pour la partie basse de la colonne fissile, et se poursuivra début 2020 pour la partie haute. En parallèle, EDF a étudié et a commencé à charger en réacteur des assemblages de combustible MOX modifiés qui réduisent l'impact de cet écart de conception. EDF va également adopter des mesures de conduites particulières pour les réacteurs comportant du combustible MOX dès le début de l'année 2020.

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 (ESPN)

L'ASN évalue la conformité aux [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 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 2019, en ce qui concerne la conception et la fabrication des ESPN, 2219 actions de contrôle pour les ESPN destinés à l'EPR de Flamanville et 3501 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

• Des actions orientées vers les écarts et irrégularités détectées dans les usines de fabrication

Les actions de l'ASN en 2019 en matière d'évaluation de la conformité des équipements et du contrôle de leur fabrication ont été fortement orientées sur l'instruction des écarts détectés, en particulier ceux ayant affecté la réalisation du traitement thermique de détensionnement de soudures de raccordement de composants de générateurs de vapeur de rechange réalisés à l'[usine Saint-Marcel de Framatome](#).

L'année 2019 a également été marquée, comme en 2018, par les suites du traitement des [irrégularités](#) détectées en 2016 dans plusieurs usines de fabrication d'ESPN, en particulier dans l'usine Creusot Forge de Framatome. En 2019, l'ASN s'est attachée d'une part à poursuivre l'examen de l'impact de ces irrégularités sur la conformité des équipements, d'autre part à examiner la poursuite de la mise en œuvre du plan d'amélioration de l'usine de Creusot Forge qui prévoit notamment le renforcement de la culture de sûreté, une meilleure maîtrise des outils industriels et la consolidation des compétences techniques.

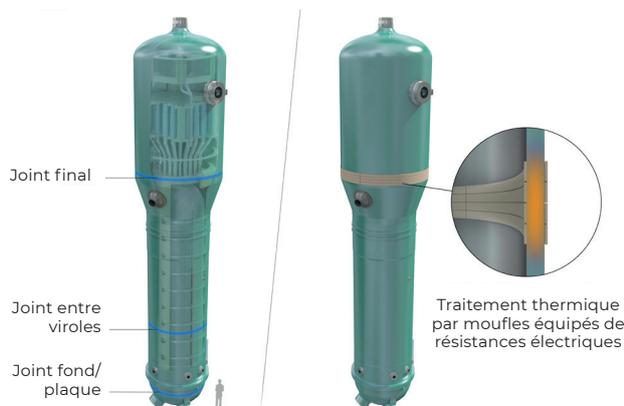
Des [irrégularités](#) ont également été déclarées fin 2018 par le fournisseur Aubert & Duval de Framatome. Ces irrégularités impactent de nombreuses fabrications d'équipements passées ou en cours. Les investigations menées n'ont pas identifié à ce stade de conséquences sur la sûreté des installations. L'ASN examine, en lien avec les organismes qu'elle mandate, les actions de Framatome et d'EDF visant à définir l'étendue et l'impact de ces irrégularités.

En parallèle, et forte de ces constats, l'ASN veille à ce que les fabricants et les exploitants développent au sein de leurs propres structures une organisation et des moyens associés à la détection de telles pratiques, afin que les mesures nécessaires soient prises pour prévenir plus efficacement les [risques de fraudes](#). Elle adapte également sa pratique de contrôle, en réalisant notamment plus d'actions de contrôle inopinées.

• 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,

Défaut de qualification d'un procédé de traitement thermique de détensionnement lors de la fabrication de générateurs de vapeur de Framatome



Framatome a mis en évidence en 2019 que les conditions de traitement thermique de détensionnement de certaines soudures d'assemblage de composants de GV réalisées par le passé n'ont pas respecté les requis en matière d'homogénéité de chauffe et de plage des températures atteintes. [Cet écart dans les conditions de réalisation](#) du traitement thermique de détensionnement peut entraîner des modifications des caractéristiques métallurgiques des matériaux par rapport aux hypothèses retenues dans les dossiers de conception ou une résorption insuffisante des contraintes mécaniques résultant du soudage.

EDF a justifié le maintien de l'intégrité des équipements en service concernés, en s'appuyant sur des résultats d'essais réalisés sur une maquette représentative, sur des coupons de matière et sur des modèles numériques de prédiction des hétérogénéités des températures. Lors de chaque arrêt de réacteur et avant le redémarrage, les soudures concernées sont spécifiquement contrôlées (mesures d'épaisseur et recherche de défauts). En parallèle, EDF a mis en place un programme de caractérisation détaillé appuyé sur des maquettes et des essais sur matière. L'ASN a sollicité l'expertise de l'IRSN sur les modélisations et les programmes d'essais d'EDF.

Cet écart affecte également des équipements en cours de fabrication pour différents projets, tels que des GV de remplacement et le réacteur EPR de Flamanville.

Enfin l'ASN a demandé à EDF et Framatome de conduire une revue des différents procédés mis en œuvre dans le temps pour déterminer l'extension possible de ce problème. Cette revue est en cours.

L'ASN a conduit en 2019 trois inspections depuis le signalement de cet écart en septembre 2019. Ces inspections ont confirmé la mobilisation d'EDF et Framatome. Elles ont conduit à constater que le procédé n'était pas correctement encadré. Des demandes ont été formulées vis-à-vis des stratégies de caractérisation du comportement des matériaux et de la représentativité des hypothèses rentrant dans les démonstrations.

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 de les mettre en conformité avec les exigences réglementaires. L'ASN a suivi ces actions, dont la plus grande partie a été 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.



Inspection de revue de l'ASN à la centrale nucléaire de Gravelines – Générateur de vapeur – Mai 2018

• Les zones en alliage à base de nickel

Plusieurs parties des réacteurs à eau sous pression (REP) 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 REP, 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 t.

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.

• 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

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.

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. 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 (lançages à l'aide de jets hydrauliques), remplacement du matériau (laiton par acier inoxydable ou alliage de titane, plus résistants à la corrosion) de certains faisceaux tubulaires d'échangeurs du circuit secondaire, 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.

• Méthodes de contrôle appliquées aux équipements sous pression (ESP) 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 ESP 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 ([Cofrac](#)).

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 ESP des circuits primaire et secondaires principaux a été qualifiée en amont de la visite complète initiale (VCI) du CPP et des CSP, ce qui correspond à plus de 30 procédés qualifiés spécifiques à l'EPR.

2.2.4 L'évaluation des équipements sous pression en exploitation

• Les cuves des réacteurs

Dans le cadre de la préparation des quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe, EDF a transmis à l'ASN, en 2017, un dossier justifiant la résistance en service des cuves de ces réacteurs après 40 ans d'exploitation. Ce dossier a été soumis à l'avis du Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GPESPN) le [20 novembre 2018](#) et le [15 octobre 2019](#). L'examen a porté sur les défauts analysés, l'estimation du vieillissement sous irradiation du métal de la cuve, les analyses thermomécaniques et les études d'évaluation des marges vis-à-vis du risque de rupture brutale des cuves. La démarche générique mise en place par EDF consiste à considérer, suivant une approche enveloppe, les propriétés mécaniques issues de la cuve présentant la fragilisation sous irradiation la plus pénalisante des réacteurs de 900 MWe.

L'examen mené de cette démarche générique doit encore se poursuivre en 2020, notamment par une nouvelle présentation au GPESPN. Compte tenu des échéances de la quatrième visite décennale du réacteur 1 de la centrale nucléaire du Tricastin et de celle du réacteur 2 de la centrale nucléaire du Bugey, EDF a par ailleurs apporté une démonstration spécifique de la résistance des cuves de ces deux réacteurs. L'ASN considère que cette démonstration spécifique est satisfaisante et permet à ces deux cuves de fonctionner au-delà de leur quatrième visite décennale.

• Les coudes moulés

Les coudes moulés sont des composants de tuyauterie installés sur le circuit primaire principal des réacteurs à eau sous pression. Ils sont présents en branches chaudes (coudes C) et en branches froides (coudes A, B et D sur les branches en U et coudes E à l'entrée de la cuve).

Les coudes moulés installés sur les réacteurs de 900 MWe ont été fabriqués en acier inoxydable austéno-ferritique. La phase ferritique subit un vieillissement sous l'effet de la température de fonctionnement du CPP. Certains éléments d'alliage présents dans le matériau favorisent cette sensibilité au vieillissement. Il en résulte une dégradation de certaines propriétés mécaniques, telles que la résilience et la résistance à la déchirure ductile.

Par ailleurs, ces coudes comportent des retassures sous forme d'amas ou de filaments, ou encore des criques de solidification, inhérentes au mode de fabrication par moulage statique, qui pourraient, combinées au vieillissement thermique, en augmenter le risque de rupture brutale.

EDF a mené de nombreux travaux afin d'approfondir sa connaissance de ces matériaux, de leur cinétique de vieillissement et d'évaluation des marges vis-à-vis du risque de rupture brutale.

Le dossier établi par EDF a fait l'objet d'une instruction par l'ASN et d'un [avis du GPESPN le 23 mai 2019](#). À l'issue de cette analyse, l'ASN a formulé des demandes de démonstration complémentaire à EDF sur la prévision du comportement du matériau vieilli, la connaissance des défauts présents dans les coudes, les analyses des marges vis-à-vis de la rupture brutale des coudes et le suivi en service de ces composants. Les éléments de justification demandés doivent être présentés à l'ASN dans le courant de l'année 2020.

• Les dossiers de référence réglementaires

L'exploitant est tenu de conserver et de mettre à jour les dossiers de référence réglementaires qui sont exigés par l'arrêté du 10 novembre 1999 précité relatif à la surveillance du CPP et des CSP. Ces dossiers sont constitués des dossiers de conception, de fabrication, de protection contre les surpressions, des dossiers relatifs aux matériaux, des constatations faites en exploitation et, le cas échéant, des dossiers de traitement des [écarts](#). L'exploitant doit mettre à jour ces dossiers aussi souvent que nécessaire et au moment de la requalification périodique des circuits primaire et secondaires principaux. En raison du caractère standardisé des réacteurs électronucléaires français, EDF a la possibilité de réaliser une mise à jour générique de ces dossiers. Dans le cadre de la réalisation des quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe, EDF a procédé à cette mise à jour qui revêt un caractère particulier dans la mesure où les hypothèses de conception étaient établies initialement pour un fonctionnement de 40 ans.

Dans ce cadre l'ASN a examiné les hypothèses et les méthodes mises en œuvre par EDF afin de mettre à jour les dossiers des équipements. L'ensemble de l'analyse a fait l'objet d'un [avis du GPESPN le 8 octobre 2019](#). Par ailleurs, l'ASN a examiné l'ensemble des programmes de surveillance prévus sur les équipements des circuits primaire et secondaires principaux. Cet examen a conduit l'ASN à considérer que la démarche globale mise en œuvre par EDF est satisfaisante tout en lui demandant de renforcer certains examens.

• L'exploitation des équipements sous pression

L'ASN considère que la situation de la deuxième barrière de confinement reste un point de vigilance en 2019, l'année ayant été marquée par le constat de niveaux d'encrassement importants dans certains GV de quelques réacteurs, susceptibles d'altérer la sûreté de leur fonctionnement. Ce constat a révélé l'insuffisance de la maintenance pour garantir un état de propreté satisfaisant.

En complément de cette appréciation, l'ASN note que les opérations de remplacement des GV des réacteurs 5 et 6 de la centrale nucléaire de [Gravelines](#) et 1 et 2 de la centrale nucléaire de [Flamanville](#) ont dû être décalées à cause de nombreux écarts affectant la fabrication de ces équipements et ont conduit à la mise en œuvre d'opérations de sécurisation des tubes présentant des fissures.

Le suivi en service des autres équipements du CPP, en application de l'arrêté du 10 novembre 1999, apparaît approprié. La détection en 2017 d'une fissure sur une traversée de fond de cuve du réacteur 3 de la centrale nucléaire de [Cattenom](#), la fissuration de deux bouchons dans les GV du réacteur 1 de la centrale nucléaire de [Paluel](#) en 2016 et le percement de tubes de GV sur les réacteurs 2 des centrales nucléaires de Belleville et Flamanville en 2019 illustrent le risque de nouvelles dégradations associées au vieillissement des installations. Elle confirme la nécessité d'adapter en conséquence le niveau d'exigence du suivi en service et l'anticipation du développement des procédés de réparation. La réparation de la traversée de fond de cuve du réacteur 3 de la centrale nucléaire de Cattenom a été réalisée en 2019.

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 (INB).

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 les systèmes susceptibles d'avoir un impact sur le confinement statique et dynamique des installations est globalement satisfaisante, même si celle-ci n'est pas toujours formalisée. Cela se traduit localement par des écarts affectant certains matériels qui ne sont pas traités dans les délais adéquats, ce qui a pour conséquence de fragiliser le confinement statique ou dynamique des installations.

EDF a engagé depuis 2016 un plan d'action dont l'objectif principal est de vérifier que les débits des systèmes de ventilation répondent aux exigences de sûreté nécessaires à la fois au confinement et au conditionnement thermique des installations. Ce plan d'action va se poursuivre jusqu'en 2025. Il permettra de dresser un état des lieux de tous les systèmes de ventilation des réacteurs. Il prévoit des remises en état quand elles sont nécessaires et des améliorations. L'ASN sera ainsi vigilante dans les années à venir sur les moyens organisationnels et opérationnels qu'EDF mettra en œuvre pour s'assurer du maintien dans le temps du respect des réglages réalisés et du bon état des matériels de ventilation concernés.

Des améliorations sont par ailleurs encore attendues sur l'état de certains composants participant au confinement tels que les siphons de sol. L'ASN sera vigilante, lors de ses inspections, à la maintenance assurée par EDF sur ces composants.

• 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 et quatrième visite décennale n'ont en général pas mis en lumière de problèmes particuliers susceptible de remettre en cause leur exploitation. L'enceinte du réacteur 5 de la centrale nucléaire du [Bugey](#) a toutefois dû faire l'objet d'une réparation, à la suite d'une dégradation de l'étanchéité du revêtement métallique de l'enceinte au niveau de la partie basse du bâtiment du réacteur constatée en 2015. EDF a par ailleurs mis en place une surveillance dédiée.

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 prévenir le risque de stagnation d'eau, de débris, de mousses et d'autres végétaux. EDF a engagé des contrôles visuels des dômes des enceintes. L'ASN mènera des inspections visant à s'assurer de la pertinence de ces contrôles.

• Les enceintes à double paroi

Les épreuves des enceintes à double paroi réalisées lors des premières visites décennales des réacteurs de 1300 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 et l'extrados de la paroi interne des enceintes des réacteurs de 1300 MWe les plus affectés, ainsi que des réacteurs de 1450 MWe. Ces travaux ont d'ores et déjà été menés sur sept réacteurs et se poursuivront jusqu'en 2022. Les épreuves réalisées depuis ces travaux ont toutes respecté les critères de taux de fuite.

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.

Lors de l'instruction menée en 2013 sur l'efficacité de la fonction de confinement des réacteurs à double paroi, l'ASN avait noté que certaines enceintes présentaient des caractéristiques susceptibles de les affecter par des phénomènes de gonflement interne du béton préjudiciables à terme à la performance de la fonction de confinement de ces enceintes. Depuis cette instruction, EDF a engagé des actions de caractérisation et de surveillance des phénomènes pouvant affecter le béton des enceintes. Il ressort notamment des analyses menées par EDF que les cinétiques d'évolution de ces phénomènes sont très lentes et qu'aucun désordre structurel n'affecte les enceintes concernées. Sur ce point également, l'ASN reste vigilante sur l'évolution à moyen et long terme des phénomènes en jeu. L'ASN a réalisé en 2019 une inspection visant à s'assurer de la surveillance et de la caractérisation par EDF de ces phénomènes.

Les modélisations de l'enceinte de confinement des réacteurs de 1300 MWe et 1450 MWe en situation d'accident grave font apparaître un comportement particulier, qui conduit à un risque de fissuration d'une partie de l'épaisseur du dôme, dans certains scénarios accidentels. Ces observations sont principalement liées aux comportements thermomécaniques différentiels du béton du dôme et de poutres métalliques. La fissuration ainsi observée intervient nettement avant 24 heures, correspondant au délai minimal prévu par EDF pour demander l'ouverture du dispositif de filtration avant rejet de l'enceinte. Cette fissuration est susceptible de conduire à une augmentation sensible des fuites au travers du dôme. L'ASN note que les résultats obtenus à l'issue de ces modélisations dépendent fortement des hypothèses retenues

(courbe de fragilité de l'enceinte, représentativité du modèle de l'enceinte ...). L'ASN a demandé à EDF d'étudier ce phénomène, d'évaluer la sensibilité des résultats aux différents paramètres du modèle, et de présenter les éventuelles modifications qui seraient nécessaires pour limiter ce risque.

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 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 RGE, 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 la sûreté 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 et les fiches d'alarme et la formation des acteurs chargés de leur application.

Les essais périodiques

Les éléments importants pour la protection ([EIP](#)) des personnes et de l'environnement 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 des essais périodiques des matériels importants pour la sûreté sont intégrées dans les règles générales d'exploitation des réacteurs. Elles fixent la nature des contrôles techniques à réaliser, leur fréquence et les critères qui permettent de statuer sur le caractère satisfaisant des contrôles.

L'ASN s'assure que les essais périodiques des matériels importants pour la sûreté 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 les RGE 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. 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'ASN constate que les règles et consignes de conduite des réacteurs électronucléaires, en fonctionnement normal et dégradé, sont connues et maîtrisées par les équipes de conduite des réacteurs. Les [inspections de l'ASN](#) ont néanmoins mis en exergue en 2019 que les contrôles des activités réalisées par les opérateurs de conduite devaient être renforcés. L'analyse des causes profondes des événements significatifs révélant un défaut de surveillance des activités accomplies en salle de commande par l'équipe de conduite confirme cette tendance : le délai moyen de détection d'un non-respect des règles de conduite est trop important sur plusieurs centrales nucléaires. Il apparaît que les sites qui ont éprouvé le plus de difficultés en fonctionnement normal et dégradé sont ceux qui ont eu à gérer un arrêt décennal.

Les événements significatifs dont l'analyse des causes révèle un défaut de conduite représentent parfois plus d'un tiers des événements significatifs déclarés par un site.

Les sorties non autorisées des domaines d'exploitation restent limitées en nombre et sont correctement gérées, même si celles-ci révèlent des signaux faibles.

L'ASN note qu'EDF met en place sur certains sites des plans d'action pour renforcer la rigueur et traiter les difficultés identifiées en matière de sûreté. L'ASN considère que l'efficacité de ces plans reste à confirmer. Elle concentrera une part significative de ses contrôles sur les sites concernés. Dans ce cadre, elle portera une attention particulière à la capacité d'EDF à faire face aux modifications importantes des installations et de leurs modalités d'exploitation, notamment lors des arrêts décennaux des réacteurs. Les dispositions prises par EDF pour prévenir des gestes et décisions inadéquates de l'équipe de conduite et renforcer la rigueur dans l'application des règles de conduite et la gestion des alarmes feront également l'objet d'une vigilance accrue.

La planification et la réalisation des essais périodiques, ainsi que l'analyse de leurs résultats constituent des domaines dans lesquels la majorité des sites doit progresser. Un manque de rigueur dans la préparation des essais périodiques, ainsi que des déficiences dans la fiabilisation des interventions conduisent parfois à des dépassements de périodicité de réalisation et à ce que les conditions de réalisation de ces essais soient inadéquates. 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. Par ailleurs, l'ASN observe également des problèmes dans la documentation opérationnelle qui est parfois inadéquatement à la réalisation des activités, en raison par exemple de son volume ou d'erreurs dans les gammes d'essais. Enfin, malgré des efforts dans ces domaines, des défauts de formation ou de compétences persistants sont à l'origine d'événements significatifs dans le cadre de la réalisation des essais périodiques. Lors de ses contrôles en 2020, l'ASN portera une attention particulière aux dispositions mises en œuvre par EDF pour apporter la rigueur nécessaire à la réalisation des essais périodiques en ce qui concerne les dimensions matérielle, documentaire et humaine.

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

Comme chaque année, l'ASN a mené en 2019 plusieurs inspections sur les dispositions organisationnelles et techniques prévues par EDF en situation d'incident et d'accident. Deux [inspections renforcées](#) ont en particulier été menées dans les centrales nucléaires de [Chooz](#) et de [Nogent-sur-Seine](#) avant la mise en œuvre des règles générales d'exploitation issues respectivement du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe et du troisième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe.

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.

Lors de ces inspections, l'ASN contrôle, d'une part, l'application des procédures de conduite en situation d'incident ou d'accident et, d'autre part, la capacité de certains matériels à remplir leur fonction. Ces inspections intègrent quasi systématiquement une mise en situation des équipes d'EDF. En 2019, la connaissance des consignes guidant les gestes que les opérateurs de terrain ont à accomplir a été jugée satisfaisante. Toutefois, comme en 2018, l'ASN a constaté que certaines consignes contiennent des erreurs, des imprécisions, voire des instructions impossibles à exécuter. Bien qu'ayant été identifiées par EDF lors de ses contrôles internes, ces défauts ne sont pas corrigés avant la mise en application des documents concernés. Ces constats révèlent que les actions mises en œuvre par EDF en réponse aux demandes de l'ASN formulées en 2016 n'ont pas produit les effets attendus. Cette situation trouve notamment son origine dans une saturation des équipes d'ingénierie nationales d'EDF du fait de la charge de travail générée par les réexamens périodiques. L'ASN a accentué son contrôle de ces activités et a constaté, fin 2019, une implication renforcée de ces équipes dans le traitement réactif des écarts qui affectent les règles et consignes de conduite.

En 2019, EDF n'a pas activé de PUI sur ses centrales nucléaires.

Les inspections sur l'organisation et les moyens de crise ont confirmé les constats effectués les années précédentes, avec un niveau d'appropriation satisfaisant des principes d'organisation, de préparation et de gestion des situations d'urgence relevant d'un plan d'urgence interne.

Enfin, l'ASN poursuivra en 2020 le contrôle de l'application des dispositions de sa [décision n° 2017-DC-0592 du 13 juin 2017](#) relative aux obligations des exploitants d'INB en matière de préparation et de gestion des situations d'urgence et au contenu du PUI. La mise en conformité par rapport aux dispositions de cette décision se poursuit, avec des échéances s'échelonnant jusqu'au 1^{er} janvier 2022.

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 importants pour la sûreté, mais aussi la performance industrielle, EDF optimise ses activités de maintenance en s'inspirant des 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 en 2016, EDF a fait 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

La plupart des centrales nucléaires s'est organisée de manière satisfaisante pour mener à bien les opérations de maintenance conséquentes réalisées actuellement.

Toutefois, l'ASN relève régulièrement des points à améliorer concernant la maintenance des réacteurs. Malgré la mise en place par EDF de plans d'action pour réduire leur occurrence, les défauts de qualité de maintenance à l'origine d'événements significatifs pour la sûreté persistent à un niveau encore élevé alors que plusieurs d'entre eux auraient pu être évités par une meilleure préparation des activités. Des défauts de maîtrise des activités sont parfois dus à des difficultés dans l'approvisionnement et le montage des pièces de rechange. Des pièces de rechange sont régulièrement non disponibles, non conformes ou leurs conditions d'entreposage inadéquates. Des documents nationaux d'EDF mal appliqués ou des documents opérationnels incorrects sont à l'origine de maintenances inadéquates ou de défauts de qualité de maintenance. Une mauvaise réalisation des travaux est trop souvent détectée tardivement, c'est-à-dire seulement lors des opérations de requalification des équipements après des travaux de maintenance. Par ailleurs, l'ASN constate que les essais de requalification ne permettent pas toujours de détecter les défauts de matériels. Enfin, la mise en œuvre des actions correctives pour le traitement des écarts liés à des activités de maintenance s'avère parfois inefficace ou non pérenne.

L'ASN perçoit une amélioration des actions de contrôle technique des interventions et de surveillance des prestataires, grâce notamment à l'utilisation d'outils informatiques récemment déployés dans les centrales.

L'ASN a demandé en 2019 à EDF un bilan de sa politique de maintenance, en particulier en ce qui concerne la méthode de maintenance AP-913 (voir point 2.4.3) et les adaptations qui ont été mises en œuvre. L'ASN examinera en 2020 les réponses fournies par EDF au regard des insuffisances qu'elle a relevées sur cette thématique.

Dans le cadre 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 la qualité de ses activités de maintenance.



Inspection de l'ASN à la centrale nucléaire du Blayais – Turbine en 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 INB 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 ont été soumises à l'analyse 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 qu'en matière de protection contre les inondations, les exigences résultant de la réévaluation complète conduite à la suite de l'inondation de la centrale nucléaire du Blayais en 1999 permettaient de conférer aux centrales nucléaires un haut niveau de protection contre le risque d'inondation externe. Toutefois, l'ASN a pris plusieurs [décisions en juin 2012](#) pour demander aux exploitants :

- de renforcer la protection des centrales nucléaires face à certains aléas comme les pluies de forte intensité et les inondations sismo-induites ;

- de définir et de mettre en place un « [noyau dur](#) » de dispositions matérielles et organisationnelles permettant de maîtriser les fonctions fondamentales de sûreté dans des situations extrêmes, notamment en cas d'inondation au-delà du référentiel de dimensionnement (voir point 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.

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.

• 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, 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.

L'ASN a demandé à EDF de prendre en compte le retour d'expérience des événements caniculaires de 2015, 2016 et 2019, ainsi que leurs effets sur les installations.

• 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, la foudre, 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 extrêmes. 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

L'ASN constate que la gestion du risque d'incendie doit être améliorée même si le nombre de départs de feu enregistrés pour l'année 2019 a été inférieur à celui de 2018.

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 d'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 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 2019, dans la continuité des années précédentes, 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.

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.

L'ASN constate les efforts entrepris par certains sites pour mener les actions correctives nécessaires avec 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 mis en œuvre, en 2019, des actions visant à fiabiliser la maîtrise des risques liés à l'incendie dans les locaux identifiés comme étant particulièrement sensibles à cette agression. De plus, à la demande de l'ASN, EDF s'est engagée, en 2019, à porter une attention particulière à la gestion des matières combustibles introduites dans le bâtiment du réacteur, notamment lors des phases d'arrêt de réacteur.

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.

Enfin, l'ASN a demandé à EDF d'améliorer son organisation en ce qui concerne la lutte contre l'incendie, notamment en renforçant la capacité de ses moyens d'intervention à faire face à un feu développé.

• Les risques liés aux explosions

Malgré les actions engagées par EDF, la maîtrise des risques liés aux explosions n'est pas encore satisfaisante pour 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 (notamment les procédures d'essais périodiques ou de contrôles de tuyauteries véhiculant des fluides dangereux), 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. De plus, en 2019, EDF a travaillé à la mise à jour des documents relatifs à la protection contre les explosions (DRPCE), requis par la réglementation relative aux risques liés à la formation d'ATEX. Cette démarche doit se poursuivre et aboutir à la prise en compte des nouvelles exigences issues de ces documents, notamment en ce qui concerne l'adéquation entre le zonage défini dans les DRPCE et les matériels situés dans ces zones. Toutefois, l'ASN considère qu'EDF doit continuer à exercer une attention toute particulière sur ce sujet 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 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. Il est également rare que des exercices de mise en situation d'inondation interne soient réalisés par EDF pour construire un retour d'expérience sur cette agression.

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 aux 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.

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 correctives identifiées lors des revues annuelles;
- la formation des référents et la sensibilisation du personnel EDF et des prestataires.

En 2019, l'ASN a donc formulé à EDF des demandes afin qu'elle complète la démarche mise en œuvre pour mieux maîtriser le risque d'inondation interne, qu'elle s'assure du bon fonctionnement des siphons de sol, qu'elle renforce la maintenance des tuyauteries susceptibles de conduire à une inondation interne et assure une meilleure maîtrise de leur vieillissement.

• Les risques liés au séisme

De façon plus générale, les programmes d'inspection mis en œuvre par EDF la conduisent à déclarer régulièrement des événements significatifs pour la sûreté par 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, qui sont alors systématiquement analysées. Ainsi, en 2019, EDF a déclaré un événement significatif de niveau 2 sur l'Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (INES) en raison de la [non-tenue au séisme de tuyauteries des groupes électrogènes de secours à moteur diesel](#) de plusieurs centrales nucléaires (voir encadré).

[Le 11 novembre 2019, un séisme s'est produit](#) au niveau de la commune du Teil. Ce séisme a conduit EDF à mettre en œuvre, sur la centrale nucléaire de [Cruas-Meyssse](#), la procédure de conduite prévue en cas de séisme. En effet, les mouvements sismiques détectés sur ce site ont atteint le niveau nécessitant la mise à l'arrêt des réacteurs afin de procéder à des vérifications. Un programme d'inspection a ensuite été défini et réalisé avant le redémarrage des réacteurs.

• 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 disposer, sur l'ensemble des sites, d'une organisation et d'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. Cette année encore, l'ASN a constaté 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.

Le contrôle par l'ASN des arrêts de réacteur

L'ASN a fait évoluer ses modalités de contrôles des arrêts de réacteur. Celles-ci reposaient jusqu'à présent principalement sur la mise en œuvre de la [décision n° 2014-DC-0444 du 15 juillet 2014](#) relative aux arrêts et redémarrages des réacteurs électronucléaires à eau sous pression qui demande à l'exploitant de transmettre un dossier à l'ASN en amont de l'arrêt puis en support à une demande d'accord au redémarrage.

Dans le cadre de son plan stratégique 2018-2020, l'ASN a expérimenté en 2019, au cours de dix arrêts

de réacteurs, un allègement de ses instructions documentaires et un renforcement de ses contrôles de terrain. Cette démarche l'a conduite à réaliser plus d'inspections en lien avec ces arrêts. Compte tenu du retour positif de cette expérimentation, l'ASN a décidé de généraliser en 2020 cette nouvelle approche de contrôle pour les 46 arrêts programmés pour rechargement de combustible par EDF en 2020. Ces nouvelles modalités de contrôle permettent de diriger les ressources de l'ASN vers les activités présentant le plus d'enjeux et de rendre le contrôle plus efficace.

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.

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 sûreté. 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.

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'enveloppe 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 REP, 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.



Réacteur 1 de la centrale nucléaire du Tricastin – Quatrième visite décennale – Juillet 2019

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 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](#).

L'ASN examine aux niveaux local et national l'ensemble des événements significatifs déclarés (la synthèse de leur analyse pour l'année 2019 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.

Événement significatif de niveau 2 portant sur les groupes électrogènes de secours à moteur Diesel des centrales nucléaires de Civaux, Gravelines et Paluel

L'ASN a classé en 2019 au niveau 2 de l'échelle INES un événement significatif pour la sûreté nucléaire relatif à un défaut de résistance au séisme de tuyauteries des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel (diesels de secours) des centrales nucléaires de Civaux, Gravelines et Paluel.

Chaque réacteur dispose de deux diesels de secours, qui 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.

L'événement significatif porte sur un risque de dégradation de tuyauteries du fait de leur potentiel contact avec des éléments de génie civil des diesels de secours en cas de séisme. Cette dégradation pouvait conduire à la rupture de ces tuyauteries et au dysfonctionnement des diesels de secours.

EDF a détecté cet écart initialement fin octobre 2018 sur un des deux diesels de secours des réacteurs 2 et 3 de la centrale nucléaire du Tricastin. EDF a déclaré à l'ASN le 6 mai 2019 qu'il concerne également, après caractérisation, les deux diesels de secours des réacteurs des centrales nucléaires de Civaux, Gravelines et Paluel ainsi qu'un des deux diesels de secours des réacteurs des centrales nucléaires de Fessenheim, Cruas, Saint-Laurent-des-Eaux et Nogent-sur-Seine, et du réacteur 3 de la centrale nucléaire de Dampierre-en-Burly, des réacteurs 2 et 3 de la centrale nucléaire du Tricastin et du réacteur 1 de la centrale nucléaire du Blayais.

Les réparations ont été réalisées sur les réacteurs concernés.

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

L'ASN inspecte la gestion par EDF des écarts affectant les centrales nucléaires. Elle a régulièrement signalé à EDF que les dispositions organisationnelles prises pour traiter les écarts présentaient des fragilités, que la traçabilité des actions mises en œuvre pour le traitement des écarts était insuffisante, et que les délais de caractérisation, de contrôle et de traitement des écarts et d'information de l'ASN n'étaient pas toujours conformes aux exigences de l'arrêté du 7 février 2012. EDF a donc révisé en 2019 son référentiel interne relatif à la gestion des écarts afin d'améliorer leur traitement et assurer une information de l'ASN réactive et proportionnée aux enjeux pour la sûreté. L'ASN a constaté en 2019 que la propension d'EDF à résorber rapidement un écart s'est confirmée, même si, en la matière, les efforts doivent encore se poursuivre.

Les contrôles menés en 2019 par EDF, certains à la demande de l'ASN, ont mis en évidence plusieurs écarts mettant en cause la capacité de certains systèmes importants pour la sûreté à assurer leurs fonctions, tels que les sources électriques, des systèmes de sauvegarde, certains systèmes de ventilation et des systèmes liés au refroidissement du réacteur.

En 2019, EDF a de nouveau déclaré plusieurs événements significatifs concernant les générateurs de secours à moteur Diesel qui mettent en évidence des défauts présents depuis leur installation ou liés à des problèmes de suivi en exploitation. À cet égard, l'ASN a prescrit à EDF la réalisation de contrôles de conformité complets des diesels de secours par [décision du 19 février 2019](#). De nombreux écarts ont également concerné les stations de pompage, qui apparaissent très dégradées dans certains sites de bord de mer.

La moitié des écarts de conformité génériques à plusieurs réacteurs déclarés par EDF en 2019 ont concerné un [défaut de résistance au séisme de matériels](#). Certains écarts remontent à l'origine de la construction des réacteurs, d'autres ont été générés lors de la mise en œuvre de modifications des installations, y compris récemment. Il est à noter que la fin d'année 2019 a mis en lumière plusieurs écarts liés à la fabrication de composants de matériels importants pour la sûreté. Cela a été plus particulièrement le cas de composants électriques défectueux qui ont conduit à un événement significatif classé au niveau 2 de l'échelle INES sur le réacteur 2 de la centrale nucléaire de [Penly](#).

Par ailleurs, l'ASN a porté en 2019 une vigilance particulière sur la maîtrise de la conformité des installations lors de la quatrième visite décennale du réacteur 1 de la centrale nucléaire du [Tricastin](#). Le programme de contrôle d'EDF a fait l'objet d'une instruction et d'inspections dédiées.

L'ASN continuera à être particulièrement attentive à la conformité des installations en 2020, et poursuivra à cet égard les inspections sur l'état des matériels et des systèmes.

• 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 2019, 745 déclarations d'événements significatifs au titre de la sûreté (ESS), 171 au titre de la radioprotection (ESR) et 83 au titre de la protection de l'environnement (ESE). Le nombre d'événements significatifs a augmenté d'environ 7,5 % en 2019 par rapport à l'année précédente.

Le graphique 1 présente l'évolution du nombre d'événements significatifs déclarés par EDF et classés sur l'échelle INES depuis 2009.

Le graphique 2 présente l'évolution depuis 2009 du nombre d'événements significatifs en fonction du domaine de déclaration : ESS, ESR et ESE. Les événements hors échelle INES sont également pris en compte.

Les événements significatifs affectant plusieurs réacteurs nucléaires sont regroupés sous l'appellation d'événements significatifs à caractère générique. 29 événements de ce type ont été déclarés en 2019 dans le domaine de la sûreté nucléaire.

• Les arrêts de réacteur

L'ASN constate que les programmes d'activités prévus lors des [arrêts de réacteur](#) sont respectés dans l'ensemble. 78 % des arrêts de réacteurs ont connu un dépassement de leur durée prévisionnelle, ce qui reste un taux élevé, même s'il a baissé de 10 points par rapport à 2018. La durée réelle des arrêts a été supérieure de 34 % à celle prévue. Ces dépassements montent à 40 % de la durée prévue pour les visites décennales.

L'ASN constate une corrélation entre la prolongation des durées d'arrêts et le nombre d'événements significatifs déclarés par EDF,

en particulier lors des visites décennales. Les retards pendant les arrêts de réacteur est en effet un facteur pouvant désorganiser les équipes sur le terrain. L'ASN considère qu'EDF doit améliorer son organisation pour éviter que ces retards soient préjudiciables pour la sûreté.

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 INB (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 (REP), 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 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 meilleures techniques disponibles dans des conditions techniquement et économiquement acceptables, en prenant en considération les caractéristiques de l'installation, son implantation et les conditions locales de l'environnement.

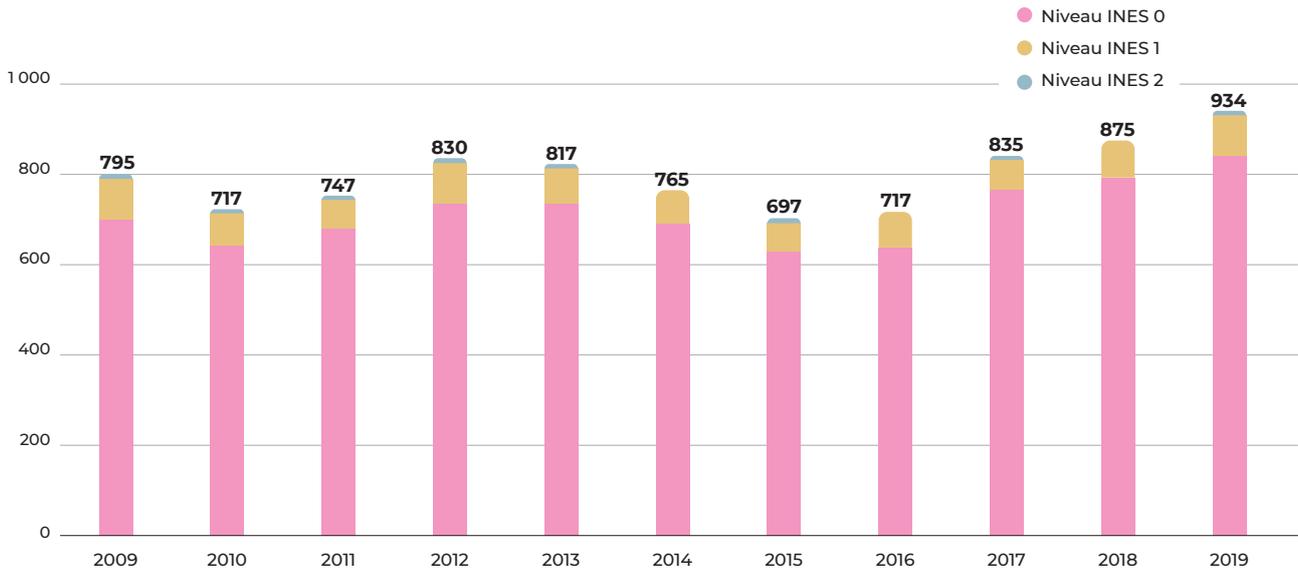
L'ASN fixe également les règles relatives à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des REP. Ces prescriptions sont notamment applicables à la gestion et à la surveillance des prélèvements d'eau et des rejets d'effluents, à la surveillance de l'environnement et à l'information 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.

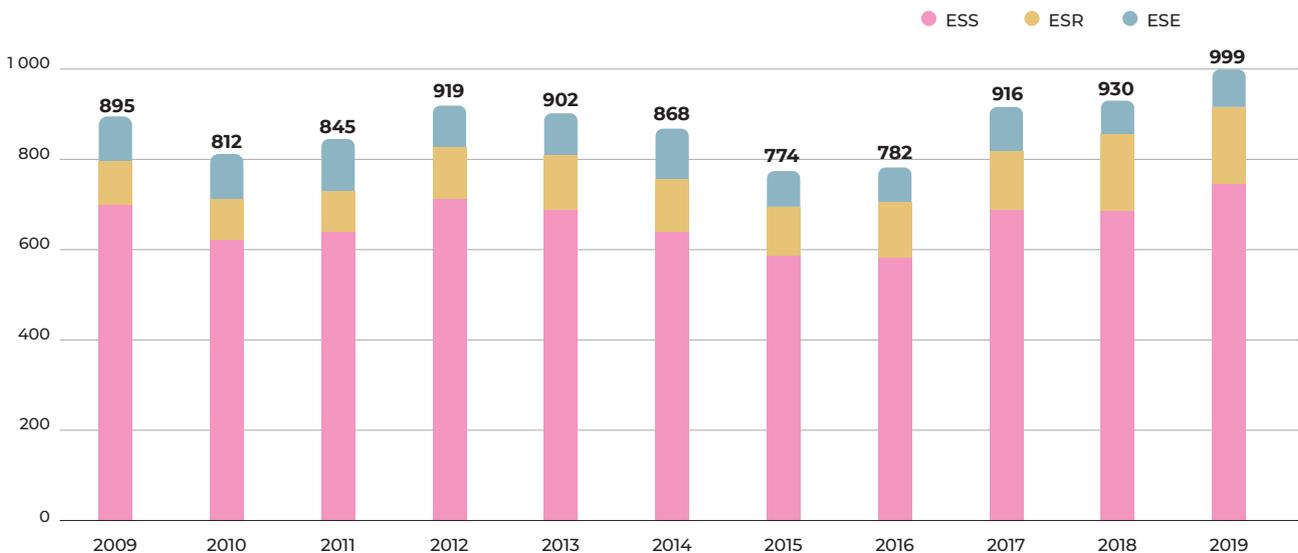
GRAPHIQUE 1

Évolution du nombre d'événements significatifs classés sur l'échelle INES dans les centrales nucléaires d'EDF de 2009 à 2019



GRAPHIQUE 2

Évolution du nombre d'événements significatifs par domaine dans les centrales nucléaires d'EDF de 2009 à 2019



• 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 INB. Le cadre juridique relatif à la gestion des déchets applicable aux centrales nucléaires 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



Entreposage de déchets à la centrale nucléaire du Blayais

sur la gestion des déchets. Ce document est spécifique à chaque installation, tel que requis par la réglementation (voir rubrique « [Réglementer](#) » sur [asn.fi](#)). 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.

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 liquides dangereuses sur ses sites.

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 REP 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

L'ASN a mené, en 2019, 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 [Paluel](#), [Penly](#) et [Flamanville](#) – y compris le réacteur EPR – ont fait l'objet d'une inspection renforcée sur ces thèmes.

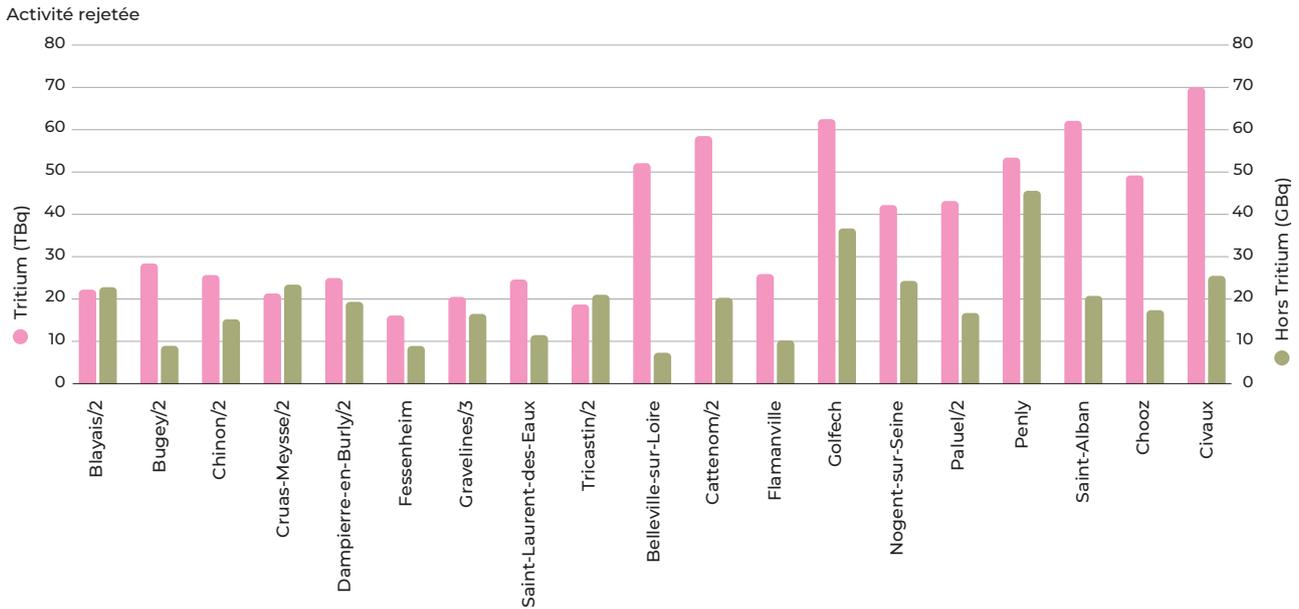
L'organisation d'EDF en matière de maîtrise des nuisances et de l'impact des centrales nucléaires sur l'environnement doit être améliorée sur la plupart des sites et l'ASN considère que l'exploitant doit encore accroître sa vigilance sur cette thématique.

Si l'ASN constate des avancées pour la réalisation des analyses méthodiques des risques microbiologiques et une meilleure appropriation par les sites des exigences de la décision encadrant ces risques, l'ASN estime que des actions correctives doivent être menées sur la gestion des déchets et la prévention des pollutions.

Les événements conduisant à des déversements de substances dangereuses ont été à nouveau trop nombreux en 2019. Si ces situations n'ont pas conduit à des impacts notables sur l'environnement, elles soulignent la nécessité pour l'exploitant de poursuivre le renforcement de ses efforts dans ce domaine.

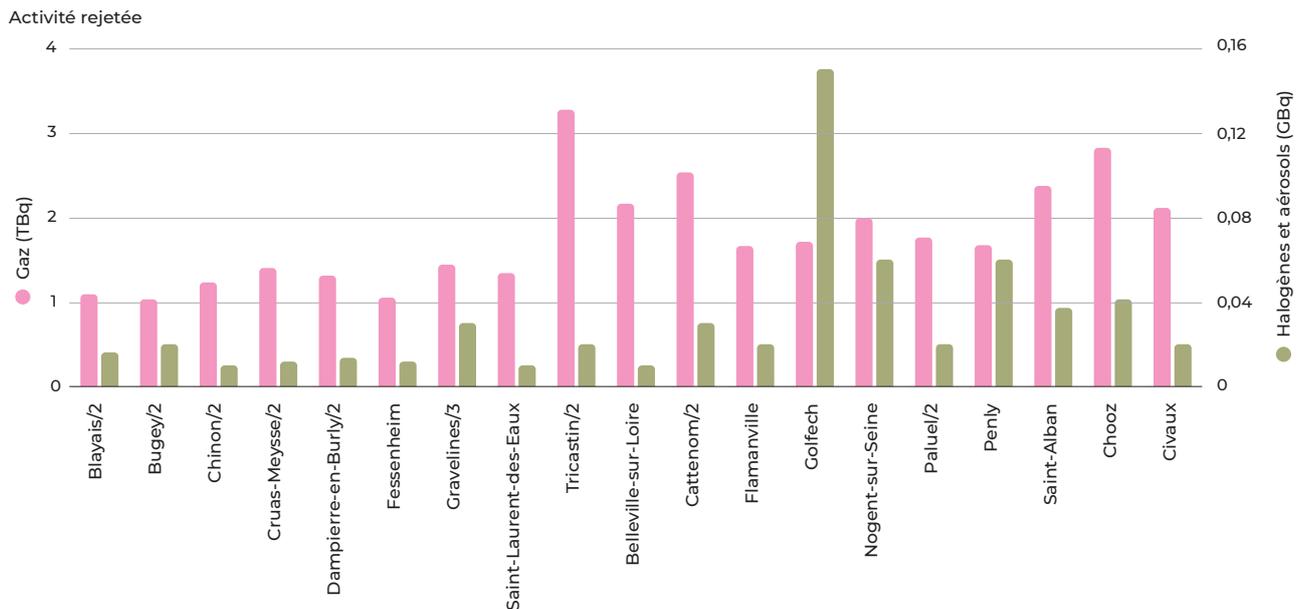
GRAPHIQUE 3

Rejets radioactifs liquides pour les centrales nucléaires en 2019 (par paire de réacteurs)



GRAPHIQUE 4

Rejets radioactifs gazeux pour les centrales nucléaires en 2019 (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.

À la suite d'une inspection menée en 2018, l'ASN a encadré, par la [décision n° 2019-DC-0666 du 18 avril 2019](#), la mise en œuvre de nouveaux ouvrages de confinement sur le site de Civaux. Lors d'inspections menées en 2019, des exercices de déversement ont à nouveau montré des lacunes dans le confinement des substances dangereuses liquides. En plus des actions curatives demandées sur les sites concernés, l'ASN a demandé à EDF de dresser un état des lieux de la situation pour l'ensemble de ses centrales nucléaires. Par ailleurs, l'ASN a demandé à EDF des améliorations du contrôle et de l'entretien des tuyauteries véhiculant des substances dangereuses.

Sur certains sites, l'ASN a constaté d'importantes lacunes dans les activités de tri, de conditionnement, d'entreposage et de traçabilité des évacuations de déchets que l'exploitant doit corriger à brève échéance.

L'ASN a constaté en 2019, dans la continuité des années précédentes, que la gestion des rejets reste bien maîtrisée par la plupart des sites. Cependant, certains événements traduisent des fragilités ponctuelles.

2.6 La contribution de l'homme et des organisations à la sûreté

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 organisationnels et humains (FOH) 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 d'exploitation. 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 personnes et de l'environnement 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

• Les environnements de travail

L'ASN considère qu'EDF doit porter une attention accrue à la qualité des environnements de travail. L'exploitant doit en effet garantir pour chaque intervenant des conditions de travail qui ne dégradent pas la qualité de son intervention, plus particulièrement en termes d'accessibilité des locaux et d'identification

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 du Rhône et les centrales nucléaires du Blayais, de Golfech et de Civaux, les sites de la région Normandie (Paluel, Penly et Flamanville) ont fait l'objet d'inspections renforcées en mai et juin 2019.

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 dans l'environnement, la maîtrise des risques non radiologiques, 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.

Les inspecteurs ont constaté la prise en compte par les équipes d'EDF de certains points relevés les années précédentes par l'ASN et une volonté d'amélioration dans l'appropriation par les agents des enjeux environnementaux. Cependant, les lacunes documentaires et organisationnelles sur la maîtrise de la prévention des pollutions observées ont conduit l'ASN à demander à EDF un plan d'action national sur le sujet.

des cheminements, de logistique qui ne doit pas entraver le déroulement de l'activité, de mise à disposition des outils et des pièces de rechange et de documentation opérationnelle à jour qui doit donner des indications de manière fiable et sécurisée.

• La maîtrise de la documentation opérationnelle

En 2018, l'ASN avait fait le constat que, pour l'ensemble de ses centrales nucléaires, EDF devait améliorer significativement sa maîtrise de la documentation opérationnelle. À ce titre, l'ASN a renforcé en 2019 son contrôle de la gestion de cette documentation. De nombreuses analyses d'événements significatifs déclarés en 2019 mettent toujours en évidence des problèmes liés à la documentation opérationnelle. De plus, l'ASN relève régulièrement que la documentation pourrait être améliorée (ergonomie inadaptée, documents d'intervention incomplets, trop génériques ou non mis à jour, gammes ne tenant pas compte des états du réacteur ou des spécificités du site...), et que leur utilisation par les intervenants n'est pas toujours rigoureuse (manquements dans la complétude des dossiers de suivi d'intervention, l'appropriation des dossiers et le renseignement des gammes). Ces fragilités se retrouvent dans différents domaines de l'exploitation, notamment la conduite en cas d'incident ou d'accident dont la documentation appelle à des améliorations significatives.

• 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 en 2019. La déclinaison des référentiels nationaux au niveau des sites, ainsi que la mise en place de dispositions comme les comités de formations à plusieurs niveaux de l'organisation (équipe, service et direction) semblent donner de bons résultats. Mais l'ASN relève toujours régulièrement des compétences techniques insuffisantes pour certains intervenants et chargés de surveillance (défaut de connaissances sur un matériel, 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...). Ces lacunes sont particulièrement saillantes dans les sites subissant un fort taux de renouvellement de leur effectif.

• La surveillance des activités sous-traitées

L'ASN considère que la qualité de la surveillance reste globalement stable en 2019 sur l'ensemble des sites comparativement à 2018. Les progrès observés en 2018 au niveau de la préparation des programmes de surveillance sont confirmés en 2019. Ils sont dus en partie à l'efficacité, à la bonne appropriation du nouvel outil d'aide à l'établissement des programmes de surveillance et à la réalisation des actions de surveillance. Mais les modalités d'exercice de la surveillance des activités sous-traitées laissent toujours apparaître des difficultés sur certains sites (lacunes dans la surveillance des gestes techniques, difficultés à transmettre les exigences définies à certains prestataires ou à les sensibiliser plus globalement sur les enjeux liés aux activités sensibles, maîtrise fragile de la qualité des activités effectuées par des sous-traitants).

• 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. Celui-ci doit toutefois encore être amélioré sur une majorité de sites. Des lacunes en matière de détection et de caractérisation des difficultés et écarts remontant du terrain sont toujours présentes. Comme en 2018, l'incitation des prestataires à faire remonter les constats positifs ou négatifs *via* les débriefings et les outils dédiés ne porte ses fruits que sur une minorité de sites. L'ASN déplore à ce titre le passage à un nouvel outil de saisie des constats réalisés sur le terrain dont l'accès est à ce jour interdit aux prestataires. L'ASN a également noté des fragilités sur la plupart des sites

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 de Chinon, Dampierre-en-Burly, Saint-Laurent-des-Eaux et Belleville-sur-Loire, situées dans la vallée de la Loire, ont ainsi fait l'objet d'une campagne d'inspections renforcées en septembre et octobre 2019.

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 mise en œuvre de bonnes pratiques au sein des différents sites inspectés. Cependant, ils ont noté certains écarts illustrant un manque de culture de la radioprotection sur les sites. L'ASN attend d'EDF une action coordonnée pour que les enjeux de la radioprotection des personnels soient partagés par tous.

concernant la détection, la remontée et le traitement des signaux faibles, ainsi qu'une insuffisance de la prise en compte du retour d'expérience positif.

Des fragilités persistent également dans l'exploitation du retour d'expérience des autres centrales nucléaires d'EDF (notamment des événements significatifs), voire des autres réacteurs d'un même site. Beaucoup d'événements significatifs mettent en effet en évidence des défauts de prise en compte du retour d'expérience externe.

Les analyses menées par les sites à la suite d'événements significatifs sont généralement pertinentes et l'identification des causes organisationnelles est en progrès. Cependant l'analyse des causes profondes aboutit encore trop souvent à des actions correctives peu ambitieuses qui ne remettent pas suffisamment en cause l'organisation et qui restent limitées à des actions de sensibilisation ponctuelles des agents, services ou entreprises identifiés comme responsables de l'écart. Enfin, trop de sites montrent encore de réelles limites dans l'évaluation de l'efficacité des actions correctives.

• L'approche organisationnelle globale

Au-delà des éléments rapportés ci-dessus, l'ASN relève en 2019 quelques situations préoccupantes (surveillance en salle de commande, gestion des consignes de conduite en cas d'incident ou d'accident, radioprotection...) dans lesquelles les collectifs de travail en arrivent à perdre la conscience que leurs actions contribuent à la sûreté, avec parfois une normalisation de certaines déviations. Dans ce contexte, il apparaît nécessaire d'aborder de manière plus systématique le volet organisationnel. L'ASN s'attachera à travailler dans ce sens en 2020, notamment par le biais de méthodes d'entretiens dits « d'explicitation », au cours desquels les inspecteurs invitent les personnels à échanger sur leur vécu et leurs conditions de travail au quotidien.



Inspection de l'ASN à la centrale nucléaire de Chooz – Entrée en zone contrôlée

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 majoritairement de l'activation des produits de corrosion du circuit primaire 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.

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

La déclaration d'événements de contamination significative des travailleurs dans les centrales nucléaires exploitées par EDF est en hausse par rapport à l'année 2018 : sept événements ont été déclarés en 2019, contre deux événements au cours de l'année 2018. Ces événements, qui ont entraîné une exposition supérieure au quart de la limite réglementaire annuelle par centimètre carré de peau, ont été classés au niveau 1 sur l'échelle INES. La procédure prévue par EDF, consistant à retirer les particules contaminantes à l'aide d'une lingette lors de leur détection au vestiaire chaud a été mise en œuvre dans la plupart des cas susmentionnés et a permis de diminuer le temps d'exposition des travailleurs. De manière générale, l'ASN note des progrès dans la prise en charge des intervenants contaminés, qui avait fait l'objet de demandes d'actions correctives en 2016, 2017 et 2018.

Des écarts subsistent néanmoins, en particulier concernant la prise en charge des travailleurs dans les locaux à risque de contamination autres que les îlots nucléaires.

2.7.2 L'évaluation de la radioprotection des personnels

La dosimétrie collective sur l'ensemble des réacteurs a augmenté en 2019 par rapport à l'année 2018 (graphique 1), tandis que la dose moyenne reçue par les travailleurs pour une heure de travail en zone contrôlée est restée globalement stable (graphique 2). Les doses reçues par les travailleurs sont réparties selon une distribution illustrée ci-après par les graphiques 3 et 4.

Le graphique 3 présente la répartition des intervenants en fonction de la dosimétrie externe pour le corps entier. On constate que la dosimétrie de 76% des travailleurs exposés est inférieure à 1 mSv (millisievert) pour l'année 2019, 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 2019.

Le graphique 1 présente l'évolution au cours des dix dernières années de la dose collective reçue par les travailleurs dans les centrales nucléaires. Ce graphique montre une augmentation de la dose collective reçue en 2019 par rapport à 2018 et 2017. La dose collective moyenne reçue en 2019 est à un niveau comparable à celui enregistré entre les années 2013 et 2016.

Le graphique 4 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 2019 sont les personnels en charge du calorifugeage, du soudage, du contrôle et de la mécanique. Les doses enregistrées par les travailleurs les plus exposés sont en augmentation par rapport à l'année 2018.

L'ASN a relevé au cours de ses inspections que la prise en compte de la radioprotection des travailleurs au sein des centrales nucléaires a régressé en 2019, notamment en ce qui concerne l'[application des règles de radioprotection](#) et la prise en compte de la protection des intervenants dans la planification des activités. Des défaillances sont relevées en particulier dans la mise en œuvre des processus d'accès et de délimitation des zones d'opération et des zones contrôlées rouge, dans lesquelles le débit d'équivalent de dose est susceptible d'être supérieur à 100 mSv/h (millisievert par heure), traduisant notamment une perception inadéquate des risques radiologiques. Dans le cadre des inspections menées lors des arrêts de réacteur pour maintenance, les inspecteurs de l'ASN formulent de manière récurrente des demandes relatives à la mise à disposition de matériels de radioprotection, ainsi qu'aux analyses de risques et d'optimisation des doses. Ils soulignent néanmoins des progrès dans la mise en œuvre des moyens de confinement des chantiers.

La dégradation de la prise en compte de la radioprotection est particulièrement marquée au sein de certaines centrales nucléaires. Pour celles-ci, l'ASN a renforcé son contrôle. Elle constate que les dispositions mises en œuvre par EDF ne portent pas pleinement leurs fruits, notamment en ce qui concerne la résorption des écarts de nature organisationnelle. L'ASN maintiendra sa vigilance sur ces problématiques au cours de l'année 2020.

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 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 2000 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 mène ses actions de contrôle en lien avec les autres activités de contrôle de la sûreté des installations et de la radioprotection.

En 2019, l'ASN disposait pour les missions d'inspection du travail de :

- 14 inspecteurs du travail, dont 1 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 2019 ont notamment porté sur :

- l'utilisation des installations électriques. Les inspecteurs continuent de suivre les actions engagées par EDF en matière de mise en conformité par rapport aux dispositions du code du travail ;
- 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 ;
- la conformité des équipements de travail et plus spécialement les appareils de levage. Les inspecteurs du travail constatent encore des lacunes ;
- 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 de ces risques, qui sont importants à la fois pour la sécurité des travailleurs et pour la sûreté nucléaire (voir point 2.4.6).

Par ailleurs, une enquête est menée de façon systématique en cas d'accident grave ou de presque accident grave. Un accident mortel, dû à des problèmes d'organisation de chantier et de manutention a été à déplorer en 2019.

• Sous-traitance et prestations de service internationales

Des actions ont été menées en 2019 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](#).

• 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 2019, à l'ouverture de deux procédures pénales à l'encontre d'EDF ou d'entreprises prestataires en matière d'absence d'organisation et de coordination de chantier et d'absence d'équipements de protection individuelle adaptés.

Des procédures de sanctions administratives pour infractions à la durée du travail ont été initiées par les inspecteurs du travail et suivies par les directions régionales des entreprises, de la concurrence, du travail et de l'emploi (Direccte) qui ont le pouvoir de prononcer les sanctions en ce domaine.

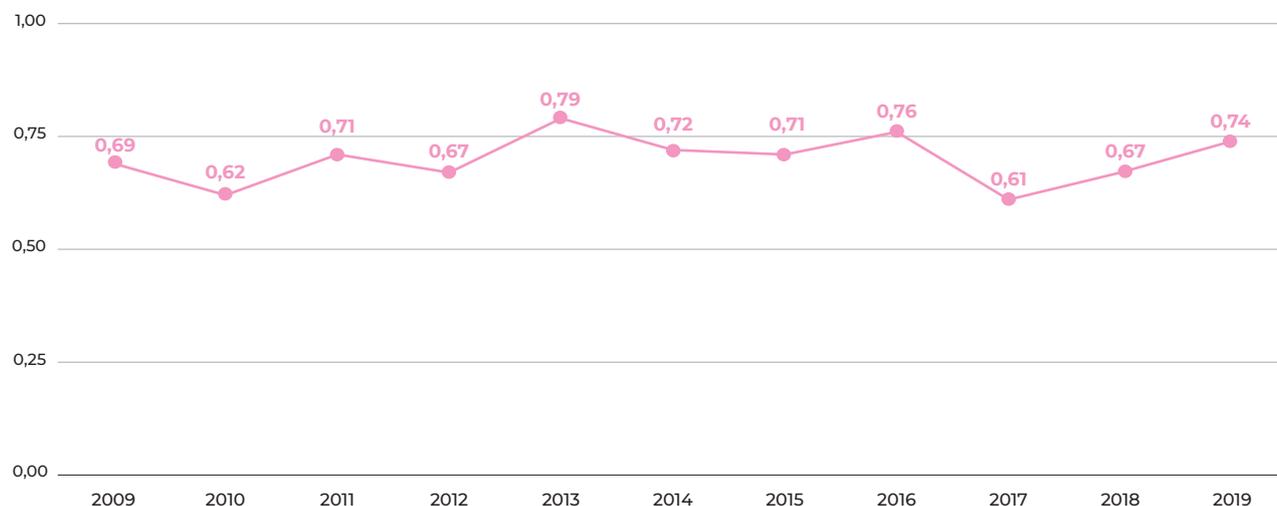
2.8.2 L'évaluation de la santé et de la sécurité, des relations professionnelles et de la qualité de l'emploi dans les centrales nucléaires

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, les risques d'explosion et d'incendie 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.

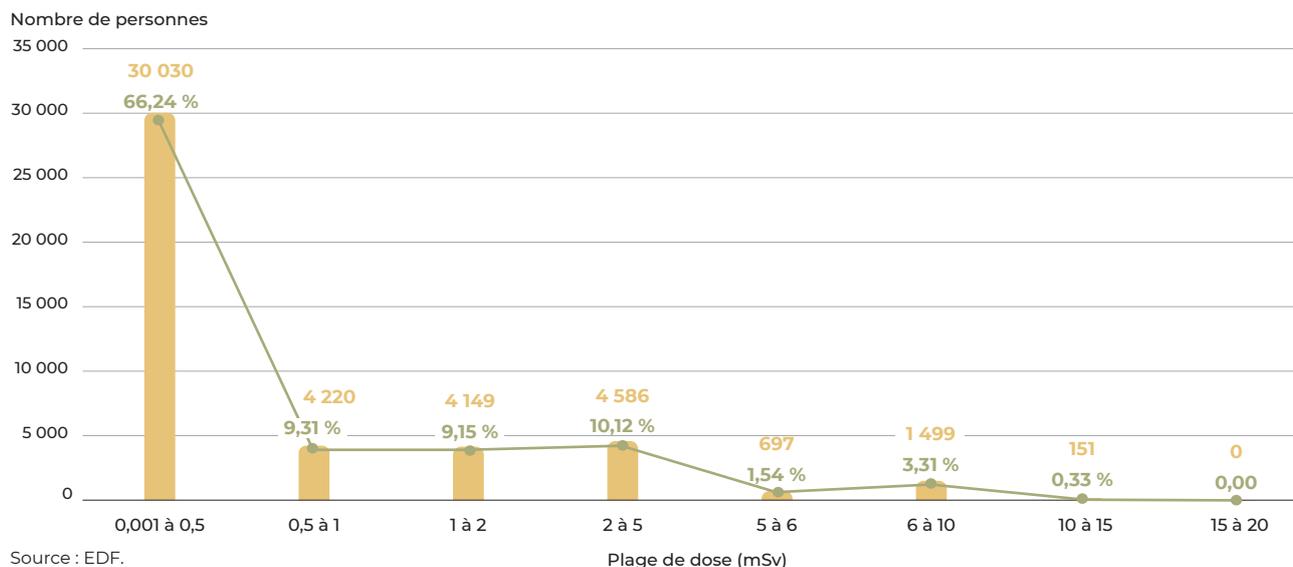
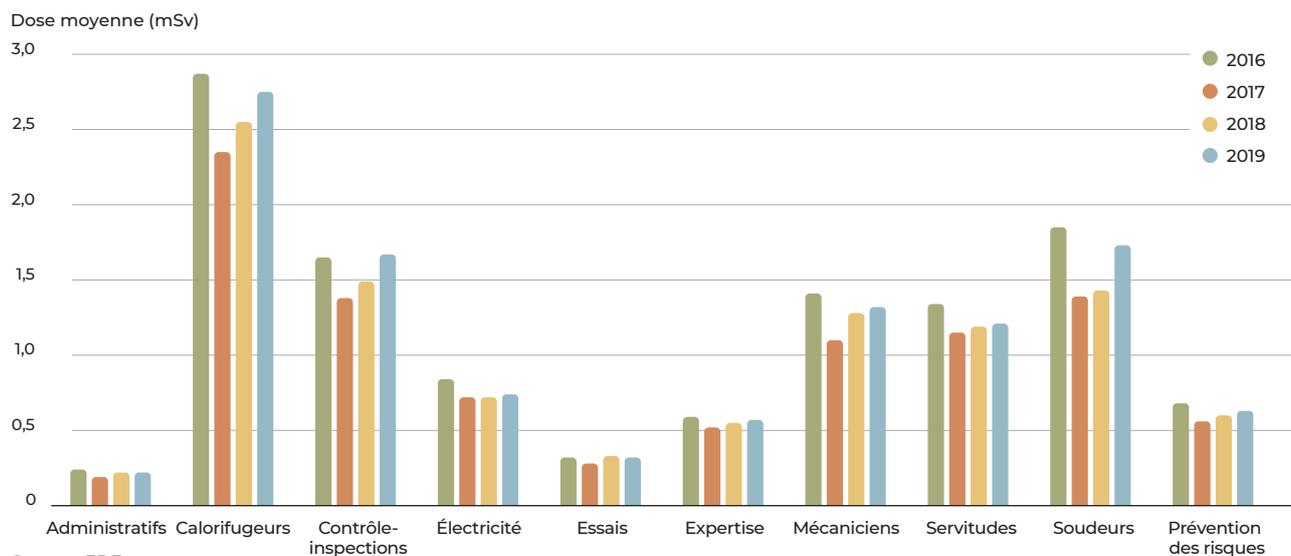
Enfin, des progrès sont encore attendus dans le domaine de la gestion de la co-activité (qualité des plans de prévention notamment), du recours à la sous-traitance et des situations de détachement de salariés étrangers.

GRAPHIQUE 5

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



Source : EDF.

GRAPHIQUE 6**Nombre et pourcentage d'intervenants par plage de dose (en mSv) sur l'année 2019****GRAPHIQUE 7****Évolution de la dose individuelle moyenne en fonction des catégories de métiers des travailleurs intervenant dans les centrales nucléaires****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 adopté un ensemble de [décisions en date du 5 mai 2011](#) demandant aux exploitants d'installations nucléaires importantes de procéder à des [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 (tests de résistance de sûreté).

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 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 ;

- 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 centre de crise local, permettant de gérer une situation d'urgence sur l'ensemble du site nucléaire en cas d'agression externe extrême ;
- 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.

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, 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 DUS. 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 DUS 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.

Fin 2019, EDF avait mis en service 35 DUS.

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 également 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.

En 2015, EDF a achevé la 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. En particulier, des moyens de connexion ont été installés afin qu'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](#)). Ces dispositions permettent de répondre aux recommandations issues de l'examen par les pairs européens mené en avril 2012 dans le cadre des [stress tests européens](#).

EDF a par ailleurs engagé la mise en place 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 et aux accidents avec fusion du cœur.

Les mesures les plus importantes sont :

- la mise en place d'un diesel d'ultime secours (DUS) de grande puissance nécessitant la construction d'un bâtiment dédié. En raison des difficultés industrielles rencontrées par EDF dans leur construction, l'ASN a décidé en 2019 de modifier le calendrier de mise en service de ces DUS. 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. Fin 2019, 35 DUS avaient été mis en service par EDF ;
- la mise en place d'une source d'eau ultime. Au 31 décembre 2019, EDF a mis en place la source d'eau ultime du site de [Flamanville](#). EDF a par ailleurs engagé la mise en place de celle des autres sites et prévoit un achèvement des travaux fin 2021, sauf pour les sites du [Blayais](#), de [Gravelines](#) et de [Dampierre-en-Burly](#) pour lesquels les travaux seront achevés en 2022 ;
- 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 achevé en 2019 la construction du centre de crise local du site de Flamanville qui devrait être mis en service en 2020. Pour les autres sites, EDF prévoit un achèvement des travaux entre 2022 et mi-2025.

Par ailleurs, ces dispositions seront complétées lors des réexamens périodiques par la mise en œuvre du « noyau dur ». Ces moyens ont été partiellement déployés sur le réacteur 1 de la centrale nucléaire du [Tricastin](#) lors de sa quatrième visite décennale.

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 », 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 2019, la moyenne d'âge des réacteurs, calculée à partir des dates de première divergence, se répartit comme suit :

- 38 ans pour les 34 réacteurs électronucléaires de 900 MWe ;
- 32 ans pour les 20 réacteurs électronucléaires de 1 300 MWe ;
- 22 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 code de l'environnement.

• 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 ensuite 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.

Chronologie de première divergence des réacteurs électronucléaires français à la fin 2019

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 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 second 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.

Pour la poursuite du fonctionnement des réacteurs électronucléaires au-delà de leur quatrième visite décennale, EDF reconduit une telle démarche qui est appliquée non seulement 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 remettant 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.

Début 2020, 33 des 34 réacteurs de 900 MWe ont effectué leur troisième réexamen périodique et ont intégré les améliorations issues du réexamen périodique.

L'ASN a, par ailleurs, transmis en 2019 au ministre chargé de la sûreté nucléaire son analyse du [rapport de conclusions du réexamen du réacteur 1 de la centrale nucléaire de Blayais](#). 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

Un réexamen aux enjeux importants

Mis en service entre 1977 et 1987, les 34 réacteurs d'EDF d'une puissance de 900 MWe atteignent, pour les premiers d'entre eux, l'échéance de leur [quatrième réexamen périodique](#). C'est dans ce cadre que seront définies les conditions de poursuite de fonctionnement de ces réacteurs, hormis pour les deux réacteurs de la centrale nucléaire de [Fessenheim](#) dont l'arrêt définitif est prévu en 2020. Ces deux réacteurs feront l'objet d'un réexamen périodique spécifique.

Pour les 32 autres réacteurs, ce quatrième réexamen périodique présente des enjeux particuliers :

- certains matériels atteignent la durée de vie prise en compte pour leur conception. Les études portant sur la conformité des installations et la maîtrise du vieillissement des matériels doivent donc être réexaminées en prenant en compte les mécanismes de dégradation réellement constatés et les stratégies de maintenance et de remplacement mises en œuvre par EDF ;
- les modifications associées à ce réexamen périodique permettront de terminer l'intégration sur ces réacteurs des modifications prescrites par l'ASN à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima ;
- la réévaluation de la sûreté de ces réacteurs, et les améliorations qui en découlent, doivent être réalisées par rapport aux réacteurs de nouvelle génération, comme l'EPR, dont la conception répond à des exigences de sûreté significativement renforcées.

Position ASN fin 2020 sur les études génériques d'EDF applicables à tous les réacteurs

EDF a proposé en 2013 à l'ASN des objectifs pour ce réexamen périodique, c'est-à-dire le niveau de sûreté à atteindre pour poursuivre l'exploitation des réacteurs.

Après instruction, avec l'appui de l'IRSN, des objectifs proposés par EDF et consultation de ses groupes permanents d'experts, l'ASN a pris position sur ces objectifs et a formulé des demandes complémentaires en avril 2016. EDF a complété son programme de travail et présenté en 2018 à l'ASN les mesures qu'elle envisage pour répondre à ces demandes.

L'ASN poursuit, avec l'appui de l'IRSN, l'instruction des études génériques liées à ce réexamen. En particulier, l'ASN a recueilli en 2018 et 2019 l'avis de ses groupes permanents d'experts sur :

- la maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence ;
- la résistance mécanique des cuves ;
- les ESPN ;
- les études d'accidents de la démonstration de sûreté ;
- la capacité des installations à résister aux agressions internes et externes ;
- les études probabilistes de sûreté ;
- la gestion des accidents avec fusion du cœur.

Elle sollicitera à nouveau leur avis en 2020 sur la résistance mécanique de la zone de cœur des cuves et le bilan de la phase générique de ce réexamen périodique.

L'ASN a transmis à EDF [en septembre 2018 ses premières observations](#) sur les contrôles et les modifications qu'EDF prévoit de mettre en œuvre sur ses réacteurs pour répondre aux objectifs du réexamen. L'ASN prendra position, à la fin de l'année 2020, sur les conditions de la poursuite de fonctionnement des réacteurs.

2019 : l'année de la première visite décennale

En 2019, le réacteur 1 de la centrale nucléaire du [Tricastin](#) a effectué sa quatrième visite décennale, qui constitue une étape majeure de son quatrième réexamen périodique. Pendant cet arrêt, EDF a réalisé une partie importante des contrôles attendus et déploiera les premières améliorations de sûreté associées au réexamen. L'ASN prendra position sur la poursuite de fonctionnement de ce réacteur en 2022, après sa prise de position sur les études génériques et l'instruction du rapport de conclusion du réexamen de ce réacteur qu'EDF remettra en 2020.

L'association du public à chaque étape

Pour ce réexamen, l'ASN a associé le public dès 2016 pour l'élaboration de sa position sur les objectifs proposés par EDF. Cette démarche s'est poursuivie en 2018, sous l'égide du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire ([HCTISN](#)), sous la forme d'une concertation sur les dispositions prévues par EDF pour répondre à ces objectifs. L'ASN

consultera également le public fin 2020 sur la position qu'elle adoptera sur la phase générique du réexamen. Conformément à la loi, une enquête publique sera ensuite effectuée, réacteur par réacteur, après la remise du rapport de conclusion du réexamen de chacun d'eux.

• 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 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](#), 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 1300 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 2020 des prescriptions génériques complémentaires applicables à tous les réacteurs de 1300 MWe, visant à renforcer leur sûreté.

Le réacteur 1 de la centrale nucléaire de [Flamanville](#), les réacteurs de la centrale nucléaire de [Saint-Alban](#) ceux de la centrale nucléaire de [Paluel](#), le réacteur 2 de la centrale nucléaire de [Belleville-sur-Loire](#), les réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de [Cattenom](#) et le réacteur 1 de la centrale nucléaire de [Nogent-sur-Seine](#) ont réalisé leur troisième visite décennale entre 2015 et 2019. Ces troisième visites décennales des réacteurs de 1300 MWe s'échelonneront jusqu'en 2024.

Le quatrième réexamen périodique

En juillet 2017, EDF a présenté un dossier présentant les orientations envisagées pour la phase générique du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe. En 2019, l'[ASN a pris position](#) sur ces orientations, notamment en consultant le [GPR](#) le 22 mai 2019. L'ASN considère que les objectifs généraux retenus par EDF pour ce réexamen sont acceptables dans leur principe. Toutefois, dans la continuité de ses demandes formulées dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, l'ASN demande à EDF de modifier ou de compléter ces objectifs généraux pour ce réexamen, de considérer certains référentiels pour réévaluer la sûreté de ses installations et d'ajouter des thèmes d'études à son programme de réexamen.

• Les réacteurs de 1450 MWe

Le deuxième réexamen périodique

EDF a transmis en 2011 ses propositions d'orientations pour le programme générique d'études du deuxième réexamen périodique des réacteurs de 1450 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 a pris position en février 2015 sur les orientations de ce deuxième réexamen périodique. Elle considère notamment que les objectifs de sûreté à retenir pour le deuxième réexamen des réacteurs de 1450 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 1450 MWe.

Le réacteur B2 de la centrale nucléaire de [Chooz](#) a réalisé sa deuxième visite décennale en 2019, les autres visites décennales des réacteurs de 1450 MWe s'échelonneront 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

délaï 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, 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 sur le sujet de la maîtrise du vieillissement, a confirmé que la démarche de maîtrise du vieillissement mise en place pour les réacteurs nucléaires d'EDF est appropriée. Un plan d'action national a été élaboré pour répondre aux conclusions de cette revue, notamment en ce qui concerne la prise en compte des spécificités des sites dans leur programme local de maîtrise du vieillissement, 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. L'ASN analysera en 2020 la mise en œuvre de ce plan d'action.

2.11 L'EPR de Flamanville

L'[EPR](#) est un REP 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 1 650 MWe, sur le site de Flamanville, déjà équipé de deux réacteurs de 1 300 MWe.

Le Gouvernement en a autorisé la création par le [décret n° 2007-534 du 10 avril 2007](#), après un avis favorable rendu par l'ASN à l'issue de l'instruction. 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 2022. Ce délai prend en compte le temps nécessaire d'une part aux réparations de certaines soudures des CSP, d'autre part à la fin des opérations de montage et d'essai.

2.11.1 L'instruction des demandes d'autorisation

• L'instruction de la demande d'autorisation de mise en service

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 PUI, 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 la demande d'autorisation de mise en service. L'ASN a engagé l'instruction technique des sujets pour lesquels l'essentiel des éléments était disponible, en formulant des demandes sur certains points.

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. L'ASN a en particulier 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. En 2019, l'ASN a formulé des demandes de [compléments de démonstration de sûreté](#) nécessaires pour se prononcer sur la demande d'autorisation de mise en service.

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

EDF a adressé, en même temps que la demande d'autorisation de mise en service, une demande de mise en service partielle de l'installation pour l'arrivée du combustible sur site. L'ASN prendra position en 2020 sur cette demande.

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 s'assurer que le programme des essais de démarrage est satisfaisant, que les essais sont correctement mis en œuvre et que les résultats sont conformes à l'attendu ;
- 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, approvisionnements...), qui permettront à l'installation telle que construite d'être conforme à la démonstration de sûreté tout au long du projet ;
- de veiller à ce que l'exploitant prenne les mesures nécessaires à la bonne préparation des équipes qui seront 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 du réacteur 3 de Flamanville et à l'exploitation des réacteurs 1 et 2 de Flamanville à proximité du chantier². Le respect de ces prescriptions fait régulièrement l'objet de vérifications par l'ASN en inspection et dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de mise en service. S'agissant d'un réacteur électro-nucléaire, 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 2019 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 2019, 12 inspections d'EDF. De plus, deux inspections d'EDF portant notamment sur des activités de chantier ont été réalisées dans les locaux de la direction industrielle d'EDF à Saint-Denis (93).

Dans ses activités de contrôle du chantier, l'ASN a porté en 2019 une attention particulière aux sujets suivants :

- la définition et la mise en œuvre d'un programme de contrôles complémentaires dans le cadre la revue de la qualité des matériels du réacteur EPR de Flamanville 3 demandée à EDF par l'ASN. Cette demande fait suite au constat de défaillance de la surveillance d'EDF sur les intervenants extérieurs;
- la préparation et la réalisation des essais de démarrage des différents systèmes de l'installation et l'organisation d'EDF pour la gestion des essais d'ensemble. L'ASN a accentué son contrôle sur ces essais devant contribuer à la démonstration que les structures, systèmes et composants du réacteur respectent les exigences qui leur sont assignées. L'ASN a notamment mené une inspection renforcée consacrée à la réalisation des essais à chaud;
- la préparation à l'exploitation de l'entité d'EDF qui sera chargée 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. Les étapes de ce processus permettent aux futurs personnels d'exploitation de parfaire leurs compétences, de se familiariser avec les équipements du réacteur, d'élaborer la documentation d'exploitation et de développer les outils adéquats. À travers son contrôle, l'ASN 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 contrôle les activités de préparation à l'exploitation;
- l'application d'une stratégie de conservation, de maintenance et d'essais des équipements et des structures présents sur le chantier jusqu'à la mise en service du réacteur 3 de Flamanville. En raison des reports annoncés par EDF pour la mise en service du réacteur, 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, la maintenance et les essais des équipements déjà installés et des structures construites afin de s'assurer du maintien du respect des exigences acquises lors des montages et des essais de démarrage;

- la gestion appropriée par EDF de la protection de l'environnement avec notamment le contrôle de la mise en place d'une gestion intégrée entre l'exploitant du réacteur Flamanville 3 et ceux de Flamanville 1 et 2.

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

En 2019, l'ASN a réalisé trois inspections dans les services d'ingénierie d'EDF sur le traitement des écarts, l'analyse des résultats des essais de démarrage et la qualification des matériels. Sur ce dernier point, l'inspection réalisée en 2018 avait conduit l'ASN à [mettre EDF en demeure](#) de respecter les dispositions de l'article 2.5.6 de l'arrêté du 7 février 2012. En septembre 2019, l'ASN a réalisé une nouvelle inspection sur le thème de la qualification des matériels. L'ASN a constaté que les dispositions mises en œuvre par EDF pour assurer la traçabilité des réserves de qualification et de leur traitement sont satisfaisantes. Ainsi, l'ASN n'envisage pas de suite à la mise en demeure susmentionnée. Enfin, l'ASN a réalisé une inspection à la suite d'une déclaration d'événement significatif relative à de multiples écarts affectant une pompe du système d'injection de sécurité. Cette inspection a été réalisée sur le site du fournisseur de cette pompe.

• 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 2019 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 la 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 2019, les inspecteurs du travail de l'ASN ont également mené des actions de contrôle des dispositions réglementaires régissant les opérations de détachement transnational de travailleurs.

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

Au cours de l'année 2019, l'ASN a poursuivi l'évaluation de la conformité de la conception des ESPN des CPP et CSP.

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 la révision de l'ensemble de la documentation technique de conception de ces équipements. Cette dernière doit être étayée pour tenir compte des écarts constatés.

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. L'année 2020 devrait connaître une forte activité sur ce thème.

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

En ce qui concerne le contrôle de la fabrication des équipements du réacteur EPR de Flamanville, les actions menées par l'ASN en 2019 ont principalement porté sur les écarts affectant les [soudures des tuyauteries principales](#) d'évacuation de la vapeur.

2. Décision n°2013-DC-0347 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 mai 2013.



Inspection de l'ASN sur le chantier de l'EPR de Flamanville sur le thème des contrôles non destructifs de fin de fabrication des soudures des tuyauteries des circuits VVP et ARE – Avril 2018

L'ASN a en particulier réuni à deux reprises son groupe permanent d'experts pour les ESPN en vue de statuer sur le traitement proposé par EDF.

Tenant compte de l'avis du groupe permanent d'experts, l'ASN a considéré que la remise en conformité avant le démarrage du réacteur des soudures situées au niveau des traversées de l'enceinte de confinement doit être la solution de référence. EDF a depuis décidé de réparer ces soudures. Ce sujet est présenté dans une fiche thématique dédiée (voir en introduction de ce rapport).

Par ailleurs, l'ASN s'est prononcée favorablement sur le traitement proposé par EDF de remise en conformité des autres soudures en identifiant les conditions préalables à ces opérations et a contrôlé le respect de ces conditions.

L'ASN a également engagé l'analyse des écarts ayant affecté la réalisation du traitement thermique de détensionnement de soudures de raccordement de composants des générateurs de vapeur et du pressuriseur réalisés à l'[usine Saint-Marcel de Framatome](#).

• Les attestations de conformité des équipements sous pression nucléaires (ESPN) 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 2020.

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

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 réalisation des essais de démarrage du réacteur EPR de Flamanville 3 et la préparation de son exploitation a été satisfaisante en 2019.

Néanmoins, EDF doit encore compléter son programme de contrôles complémentaires mené dans le cadre de la revue de la qualité des matériels et le mettre en œuvre avec rigueur. De plus, malgré la mobilisation de moyens et l'amélioration sensible de l'organisation des essais de démarrage, EDF doit améliorer la gestion des configurations du contrôle commande et des essais conduits sur des installations modifiées temporairement. Elle doit également améliorer l'exploitation du retour d'expérience accumulé et la mise en œuvre des actions correctives néces-

saies. Enfin, EDF doit veiller à l'application d'une stratégie de conservation, de maintenance et d'essais des équipements et des structures présents sur le chantier jusqu'à la mise en service du réacteur. En 2020, l'ASN poursuivra son action de contrôle sur ces thèmes et veillera également à la mise en conformité des CSP.

2.12 Les études sur les réacteurs du futur

• 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), développé 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, en tenant compte des recommandations du [Guide n° 22](#) relatif à la conception de REP. À la demande de l'ASN, le GPR s'est réuni en janvier 2018 pour examiner ce dossier.

En 2018, EDF a communiqué à l'ASN sa décision de faire évoluer la configuration technique de l'EPR NM vers une nouvelle version, appelée EPR 2.

L'ASN a ainsi publié le [16 juillet 2019 son avis](#) sur les options de sûreté proposées pour le réacteur EPR NM et son évolution de configuration EPR 2. L'ASN considère que les objectifs généraux de sûreté, le référentiel de sûreté et les principales options de conception sont globalement satisfaisants. L'avis de l'ASN identifie les sujets à approfondir en vue d'une éventuelle demande d'autorisation de création d'un réacteur. Des justifications complémentaires sont en particulier attendues sur la démarche d'exclusion de rupture des tuyauteries primaires et secondaires principales, la démarche de prise en compte des agressions, notamment l'incendie et l'explosion, et les choix de conception de certains systèmes de sûreté. EDF devra ainsi préciser, dans une éventuelle demande d'autorisation de création d'un réacteur, les études et les justifications complémentaires apportées en réponse à cet avis, ainsi que les modifications des options de sûreté qui en résulteraient.

• 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 préliminaires. 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*). Compte tenu de l'abandon du projet Astrid du CEA, le déploiement industriel des réacteurs de quatrième génération est envisagé au plus tôt à la fin de ce siècle.

3. Perspectives

En 2020, les actions de l'ASN dans le domaine du contrôle des centrales nucléaires porteront plus particulièrement sur les thèmes suivants.

- **Les réexamens périodiques**

L'ASN prendra position en 2020 sur les conditions de la poursuite de fonctionnement des réacteurs de 900 MWe au-delà de leur quatrième réexamen périodique. Elle 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.

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

L'ASN continuera à être particulièrement attentive à la conformité des installations en 2020, et poursuivra à cet égard ses inspections sur l'état des matériels et des systèmes. Elle s'assurera que le nouveau référentiel de traitement des écarts d'EDF permettra de bien répondre aux obligations réglementaires liées à la détection et au traitement des écarts et à l'information de l'ASN.

L'ASN sera également particulièrement vigilante à la bonne réalisation par EDF du programme de contrôle de la conformité des installations lors de la quatrième visite décennale du réacteur 2 de la centrale nucléaire de Bugey.

- **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 CSP et les évaluations de conformité des ESPN les plus importants pour la sûreté.

- **Le contrôle des équipements sous pression nucléaires (ESPN)**

Ces dernières années, le contrôle des ESPN a été marqué par trois événements majeurs : la mise en évidence des problématiques liées à la ségrégation majeure en carbone de certains composants forgés, la découverte d'irrégularités pouvant s'apparenter à des falsifications, notamment au sein de l'usine Creusot Forge de Framatome et du site des Ancizes d'Aubert et Duval, et par ailleurs le problème de maîtrise de la qualité des soudures sur l'EPR de Flamanville.

L'ASN conduira en 2020 les actions de contrôle associées à ces trois événements et poursuivra, par ailleurs, le travail visant à prévenir le renouvellement de telles problématiques.