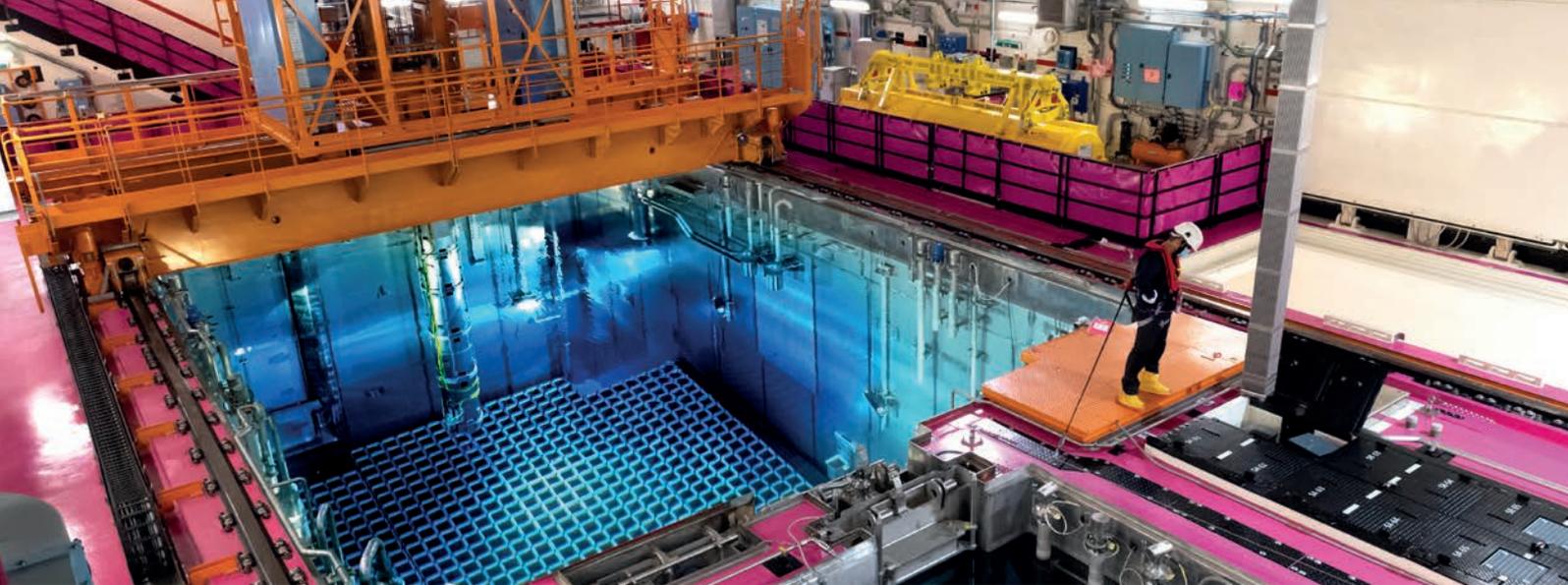


# CHAPITRE 10

## LES CENTRALES NUCLÉAIRES D'EDF



## 1 Généralités sur les centrales nucléaires ..... P. 288

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

## 2 Le contrôle de la sûreté nucléaire ..... P. 292

- 2.1 **Le combustible**
  - 2.1.1 Les évolutions du combustible et de sa gestion en réacteur
  - 2.1.2 L'évaluation de l'état du combustible et de sa gestion en réacteur
- 2.2 **Les équipements sous pression nucléaires**
  - 2.2.1 Le contrôle de la conformité de la conception et de la fabrication des équipements sous pression nucléaires
  - 2.2.2 L'évaluation de la conception et de la fabrication des équipements sous pression nucléaires
  - 2.2.3 Le contrôle de l'exploitation des équipements sous pression
  - 2.2.4 L'évaluation des équipements sous pression en exploitation
- 2.3 **Les enceintes de confinement**
  - 2.3.1 Le contrôle des enceintes de confinement
  - 2.3.2 L'évaluation de l'état des enceintes de confinement
- 2.4 **La prévention et la maîtrise des risques**
  - 2.4.1 Le contrôle de l'élaboration et de l'application des règles générales d'exploitation
  - 2.4.2 L'évaluation de l'exploitation des réacteurs
  - 2.4.3 Le contrôle de la maintenance des installations
  - 2.4.4 L'évaluation de la maintenance
  - 2.4.5 La prévention des effets des agressions d'origine interne ou externe
  - 2.4.6 L'évaluation de la maîtrise des risques liés aux agressions

- 2.4.7 Le contrôle de la conformité des installations aux exigences
- 2.4.8 L'évaluation de la conformité des installations aux exigences qui leur sont applicables

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

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

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

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

### 2.7 La radioprotection des personnels

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

### 2.8 Le droit du travail dans les centrales nucléaires

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

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

### 2.10 La poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires

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

### 2.11 L'EPR de Flamanville

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

### 2.12 Les études sur les réacteurs du futur

## 3 Perspectives ..... P. 323

## 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'Autorité de sûreté nucléaire (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

maintenances 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

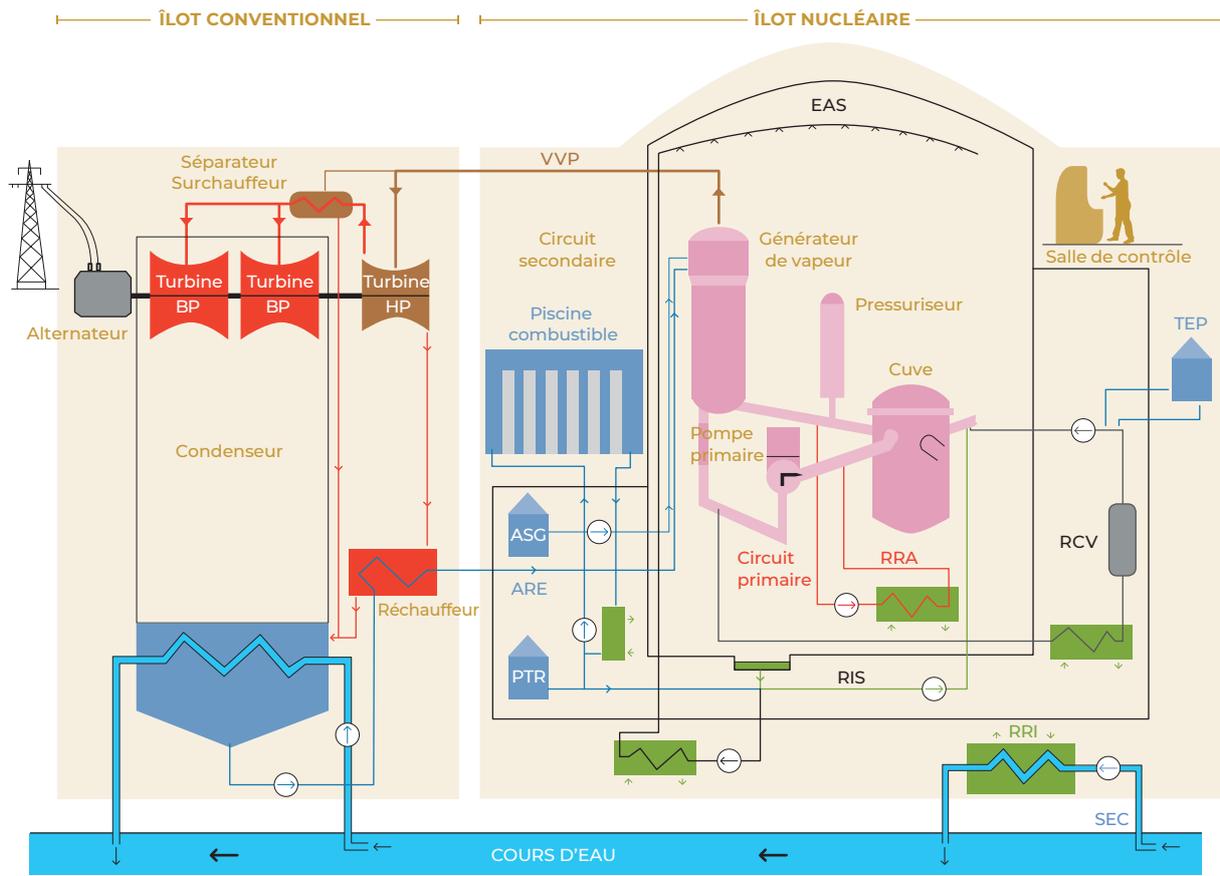
Toute centrale électrique thermique produit, en faisant passer de la chaleur d'une source chaude vers une source froide, de l'énergie mécanique qu'elle transforme en électricité. Les centrales thermiques classiques utilisent la chaleur dégagée par la combustion de combustibles fossiles (fioul, charbon, 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 dont la tension est élevée à 400 000 volts (V) par un transformateur. La vapeur, après détente, est refroidie dans un condenseur au contact de tubes dans lesquels circule de l'eau froide provenant de la mer, d'un cours d'eau (fleuve, rivière) ou d'un circuit de réfrigération atmosphérique. L'eau condensée est réutilisée dans le cycle de production de vapeur.

Chaque [réacteur](#) comporte un îlot nucléaire, un îlot conventionnel, des ouvrages de prise et de rejet d'eau et éventuellement un aéroréfrigérant.

L'îlot nucléaire comprend essentiellement la cuve du réacteur, le [circuit primaire](#), les générateurs de vapeur (GV) et des circuits et systèmes assurant le fonctionnement et la sûreté du réacteur : les circuits de contrôle chimique et volumétrique, de refroidissement à l'arrêt, d'injection de sécurité, d'aspersion dans l'enceinte, d'alimentation en eau des GV, les systèmes électriques, de [contrôle-commande](#) et de protection du réacteur. À ces éléments sont également associés des circuits et systèmes assurant des fonctions support : contrôle et traitement 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. L'eau de celle-ci, mélangée à de l'acide borique, sert à absorber les neutrons émis par les noyaux des éléments

## 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

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 ( $UO_2$ ) 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 UO<sub>2</sub> enrichi à 3,7 % en uranium 235. Ce combustible peut être utilisé dans les 24 réacteurs de 900 mégawatts électriques (MWe) dont les décrets d'autorisation de création 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;
- 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. 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.

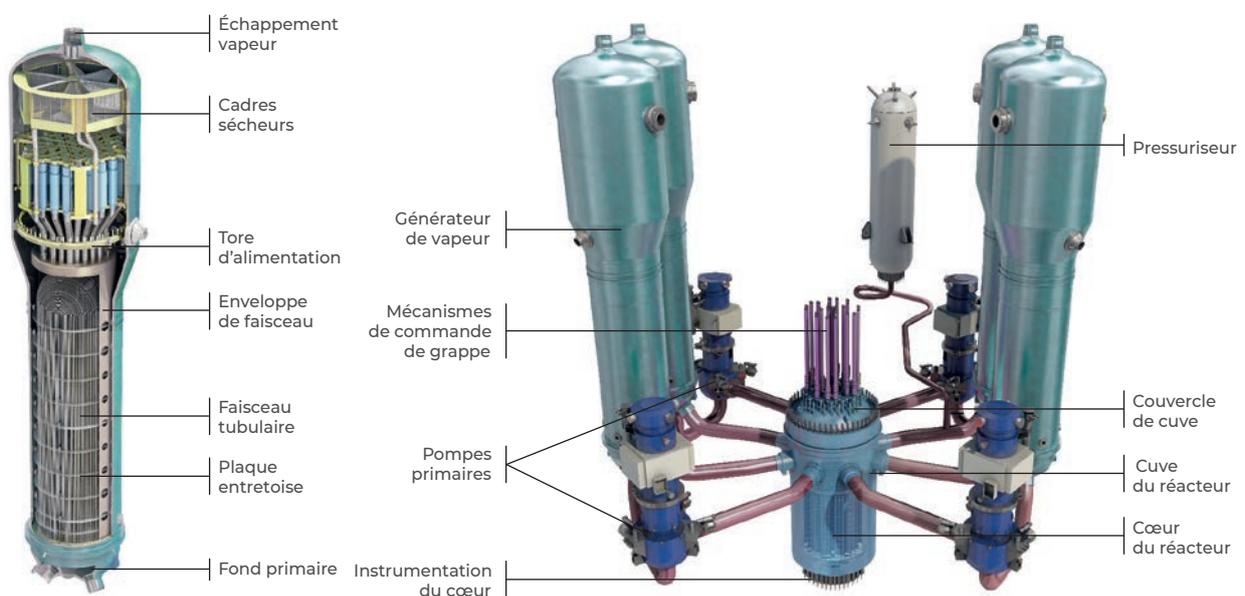
Chaque circuit secondaire est constitué principalement d'une boucle fermée parcourue par de l'eau sous forme liquide dans une partie, et sous forme de vapeur dans l'autre partie. La vapeur, produite dans les générateurs de vapeur, subit une détente partielle dans une turbine haute pression, puis traverse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

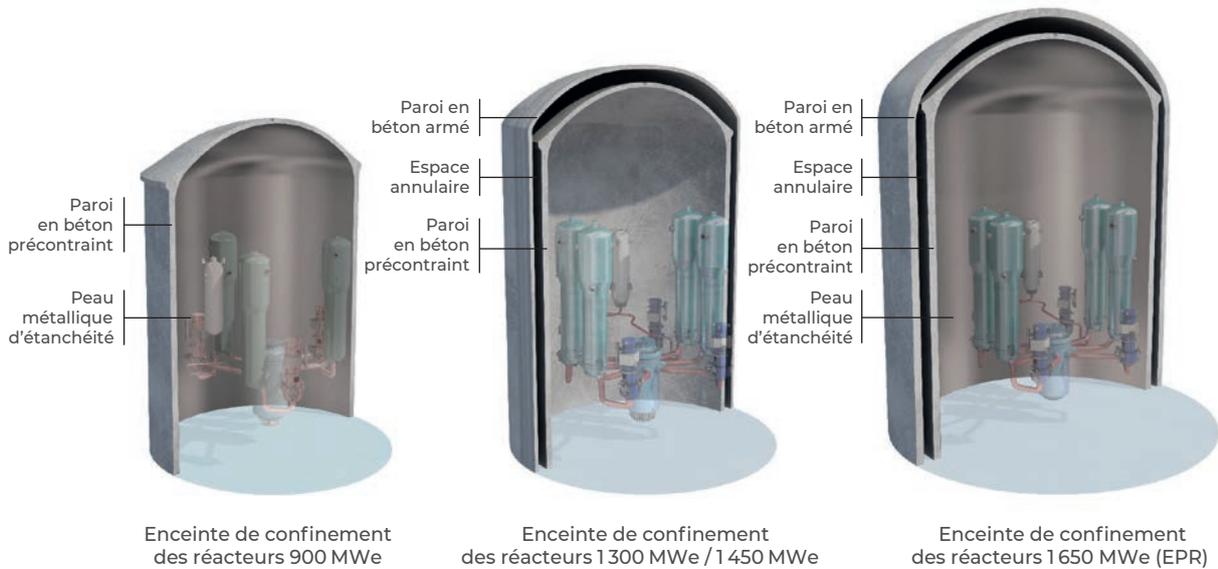
Le circuit de refroidissement du circuit secondaire a pour fonction de condenser la vapeur sortant de la turbine. Il comporte pour cela un condenseur composé d'un échangeur thermique comportant des milliers de tubes dans lesquels circule l'eau froide provenant du milieu extérieur (mer ou rivière). Au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

Les circuits de refroidissement sont des milieux favorables au développement de micro-organismes pathogènes. Le remplacement du laiton par du titane ou des aciers inoxydables comme matériau de construction des condenseurs des réacteurs en bord de rivière, pour réduire les rejets métalliques dans le milieu naturel, impose la mise en œuvre de moyens de désinfection, principalement par traitement biocide. Le cuivre contenu dans le

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



## Enceintes de confinement des réacteurs



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, etc.) et une surveillance.

### 1.5 L'enceinte de confinement

L'enceinte des REP assure deux fonctions :

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

Ces enceintes ont été conçues selon trois modèles :

- celles des réacteurs de 900 MWe sont constituées d'une seule paroi en béton précontraint (béton comportant des câbles d'acier tendus de manière à assurer la compression de l'ouvrage dans l'objectif d'augmenter la résistance à la traction de celui-ci). Cette paroi assure la résistance mécanique à la pression, ainsi que l'intégrité de la structure vis-à-vis d'une agression externe. L'étanchéité est assurée par un revêtement métallique recouvrant l'ensemble de la face interne de la paroi en béton ;
- celles des réacteurs de 1300 et 1450 MWe sont constituées de deux parois : la paroi interne en béton précontraint et la paroi externe en béton armé. L'étanchéité est assurée par la paroi interne et par le système de ventilation (EDE) qui assure, entre les deux parois, la collecte et la filtration des fuites résiduelles de la paroi interne avant leur rejet. La résistance aux agressions externes est principalement assurée par la paroi externe ;
- celle de l'EPR de Flamanville est constituée de deux parois en béton et d'un revêtement métallique qui recouvre l'ensemble de la face interne de la paroi interne.

### 1.6 Les principaux circuits auxiliaires et de sauvegarde

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

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

- le circuit d'injection de sécurité (RIS), dont le rôle est d'injecter de l'eau dans le circuit primaire en cas de fuite de ce dernier ;
- le circuit d'aspersion dans l'enceinte du bâtiment réacteur (EAS), dont le rôle est de diminuer la température et donc la pression dans l'enceinte de confinement en cas de fuite importante du circuit primaire ;
- le circuit d'alimentation de secours des générateurs de 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. 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. Enfin, ces moyens ont été complétés, après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, 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'examen des crayons non étanches afin de déterminer l'origine des défaillances et de prévenir leur réapparition. Les actions préventives et correctives peuvent concerner la conception des crayons et des assemblages, leur fabrication ou les conditions d'exploitation des réacteurs. Par ailleurs, les conditions de manutention des assemblages, de chargement et de déchargement du cœur, ainsi que la prévention de la présence de corps étrangers dans les circuits et les piscines font également l'objet de dispositions d'exploitation dont certaines participent à la démonstration de sûreté et dont le respect par EDF est contrôlé par sondage par l'ASN en inspection. L'ASN effectue en outre des inspections

afin de contrôler la nature de la surveillance qu'EDF réalise sur ses fournisseurs de combustible. Enfin, l'ASN consulte périodiquement 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 qu'EDF a assuré en 2020, pour l'ensemble des centrales nucléaires, une gestion globalement satisfaisante de l'intégrité de la première barrière, constituée par la gaine des crayons de combustible.

Les progrès constatés en 2019 en matière de maîtrise du risque d'introduction de corps étrangers dans le circuit primaire, pouvant par la suite détériorer la première barrière, se sont poursuivis en 2020.

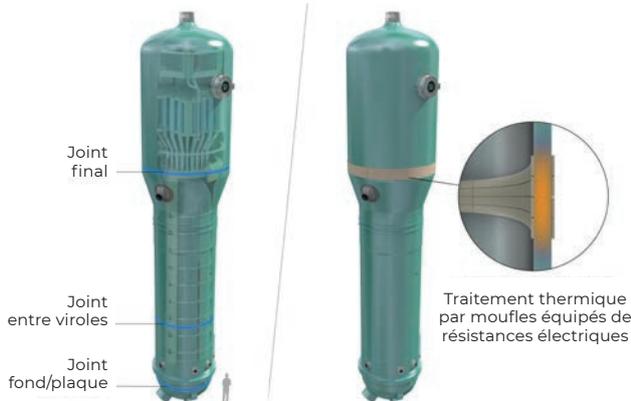
Le nombre de réacteurs dont un ou plusieurs assemblages présentent des défauts de gainage a été similaire à l'année précédente. L'ASN sera attentive aux résultats des investigations réalisées par EDF sur les assemblages de combustible concernés et à ce que les enseignements en soient tirés pour améliorer leur conception, leur fabrication et leur exploitation.

Dans le cadre du traitement de l'obsolescence des cellules de ressuage des bâtiments du combustible, dans lesquelles les assemblages sont contrôlés, l'ASN sera également attentive à la bonne réalisation de l'ensemble des opérations de maintenance effectuées sur ces équipements. Cette attention sera maintenue jusqu'au déploiement des nouvelles cellules de ressuage mobiles actuellement en conception.

Tout comme en 2019, l'ASN constate que peu d'événements ont été signalés lors des opérations de manutention du combustible en 2020. L'ASN continue de porter une attention particulière à la bonne application des mesures d'amélioration mises en œuvre sur l'ensemble des sites à la suite de l'accrochage d'un assemblage lors d'opérations de déchargement au Tricastin en 2019.

Par rapport à 2019, l'ASN note qu'en 2020, moins de réacteurs ont effectué une première montée en puissance longue après rechargement, nécessitant une modification de leur référentiel d'exploitation. Les réacteurs concernés ont fonctionné de manière prolongée à puissance intermédiaire, ce qui est de nature à accroître le risque de rupture de la première barrière lors de certains accidents. Ces durées longues de montée en puissance

## Défaut dans la mise en œuvre d'un procédé de traitement thermique de détensionnement lors de la fabrication de générateurs de vapeur Framatome



L'assemblage de composants par soudage crée des contraintes mécaniques au niveau des zones soudées. Pour réduire ces contraintes, le fabricant met en œuvre un traitement thermique de détensionnement (TTD) qui consiste à chauffer le matériau pendant plusieurs heures à des températures de quelques centaines de degrés. Ce chauffage peut être réalisé dans un four sur l'ensemble de l'équipement lorsque sa dimension le permet, ou localement par l'utilisation de dispositifs chauffants tels que des résistances électriques. La température et la durée de traitement doivent être maîtrisées afin de résorber les contraintes résultant du soudage et de ne pas altérer les propriétés mécaniques du matériau.

En 2019, le fabricant Framatome a mis en évidence que certains procédés mis en œuvre au sein de son usine de Saint-Marcel ou dans les centrales nucléaires pour l'assemblage des composants ou l'installation de générateurs de vapeur, avaient conduit à une maîtrise insuffisante des températures sur les circonférences des soudures traitées.

Sont concernés par cet écart 177 des 192 générateurs de vapeur (GV) installés dans les réacteurs en fonctionnement d'EDF. EDF a justifié le maintien de l'intégrité des équipements concernés, en s'appuyant sur des résultats d'essais réalisés sur maquettes représentatives, sur des coupes de matière et sur des modèles numériques

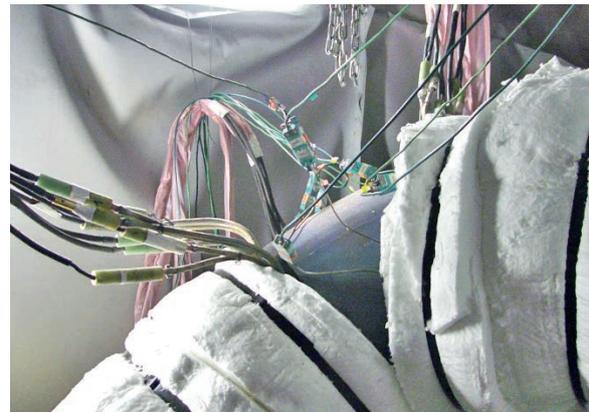
de prédiction des températures. Lors de chaque arrêt de réacteur, les soudures concernées sont spécifiquement contrôlées (mesures d'épaisseur et recherche de défauts). L'ASN contrôle les justifications apportées par EDF pour chaque réacteur avant son redémarrage.

En parallèle, EDF a mis en place un programme de caractérisation détaillé s'appuyant sur des maquettes et des essais sur matière.

L'ASN a classé cet événement au niveau 1 sur l'échelle INES.

Par ailleurs, des équipements en cours de fabrication par Framatome sont également concernés : 22 générateurs de vapeur destinés aux réacteurs en fonctionnement, ainsi que les générateurs de vapeur, le pressuriseur et des tuyauteries du circuit secondaire du réacteur EPR de Flamanville. Framatome définit des stratégies de traitement adaptées à chacun des équipements concernés. Elles comprennent des études de remise en conformité, des maquettes d'essais et des études de simulation numérique permettant d'évaluer l'impact des écarts sur les propriétés mécaniques attendues.

L'ASN a interrogé les autres fabricants de gros équipements (Westinghouse et MHI), afin de vérifier la pertinence de mise en œuvre des procédés de traitement thermique de détensionnement qu'ils utilisent.



10

ont été dues, dans les cas rencontrés en 2020, à des aléas sur certains équipements du circuit secondaire. 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.

Lors du déchargement du réacteur 2 de la centrale nucléaire de Paluel fin 2019, EDF avait constaté la présence d'un dépôt de corrosion sur plus d'un tiers des assemblages de combustible du cœur. Observé pour la première fois sur un réacteur électronucléaire français, ce dépôt est notamment dû au remplacement des générateurs de vapeur lors de l'arrêt précédent. Cette opération est en effet à l'origine d'une forte concentration en produits de corrosion dans le circuit primaire. Usuellement neutralisés et évacués, ces produits de corrosion se sont déposés sur le cœur en raison, notamment, d'une première remontée en puissance lente après rechargement. Plusieurs analyses visant à caractériser le phénomène ont été menées en 2020 et se poursuivront en 2021.

Concernant la fabrication des assemblages de combustible, l'ASN maintient sa vigilance à la suite des anomalies rencontrées

en 2017 sur le combustible MOX (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. La déclaration par EDF d'un événement significatif relatif au 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 l'exploitant des mesures compensatoires en 2018, dans l'attente du déploiement d'une modification de la conception de ces assemblages.

Enfin, en 2020, une anomalie générique sur les assemblages de combustible conçus par Westinghouse a été mise en évidence. L'une des grilles de ces assemblages subit des dégradations en exploitation, générant ainsi des corps migrants. Dans l'attente d'éléments techniques complémentaires et du remplacement de ces grilles par des grilles renforcées pour les prochains assemblages, l'ASN a demandé à EDF de réaliser des essais supplémentaires sur les réacteurs concernés, afin de s'assurer du maintien de la disponibilité des fonctions de sûreté.

## 2.2 Les équipements sous pression nucléaires

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

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

Ces exigences réglementaires permettent de garantir leur sécurité. Elles sont définies par une [directive européenne](#) relative aux équipements sous pression (ESP) 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 (GV 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. [Quatre organismes](#) ou organes d'inspection, sont actuellement habilités par l'ASN pour l'évaluation de la conformité des ESPN : Apave SA, Bureau Veritas Exploitation, Vinçotte International et l'organe d'inspection des utilisateurs d'EDF.

En ce qui concerne la conception et la fabrication des ESPN, les organismes habilités ont réalisé en 2020, 2750 actions de contrôle pour les ESPN destinés à l'EPR de Flamanville et 5000 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 équipements sous pression nucléaires

#### Des actions orientées vers la détection et le traitement des écarts et la mise en œuvre de plans d'amélioration dans les usines de fabrication

L'année 2020 a fortement mobilisé les ressources du fabricant Framatome sur la poursuite de 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 2020 a également été marquée par 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. Tenant compte des résultats obtenus, l'ASN s'est prononcée favorablement sur la reprise de la fabrication de viroles destinées au programme de remplacement des générateurs de vapeur. Framatome devra maintenir les efforts requis pour pérenniser au sein de l'usine du Creusot une organisation robuste, performante et adaptée aux enjeux de sûreté. L'ASN maintiendra une surveillance particulière de cette usine.

Le fabricant Westinghouse a poursuivi la déclinaison de son plan d'amélioration dans son usine de fabrication des générateurs de vapeur en Italie en matière de système qualité de surveillance interne. Les conditions pour une levée de la surveillance renforcée en place ont ainsi pu être définies.

Le traitement des [irrégularités](#) déclarées fin 2018 par le fournisseur d'alliages et d'aciers spéciaux Aubert & Duval se poursuit également. Les investigations menées n'ont pas identifié à ce stade de conséquences sur la sûreté des installations.

En parallèle, les organismes, les fabricants et les exploitants développent au sein de leurs propres structures une organisation et des moyens associés à la prévention et à la détection des risques de fraude. Bien que des avancées soient observées, la déclinaison des modalités techniques définies reste à parfaire.

#### Renforcer les justifications de la conception des ESPN

L'ASN a été régulièrement amenée à faire le constat que les justifications et les démonstrations apportées par les fabricants dans le cadre de la réglementation relative aux ESPN, notamment en ce qui concerne la bonne conception de ces équipements, sont insatisfaisantes. Les industriels, en particulier EDF et Framatome, ont en conséquence mis en place, à partir de 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, qui prennent la forme de guides ou de méthodes. Cette démarche a été reconduite pour les années 2019 à 2022 afin de continuer à faire progresser la profession sur certaines thématiques et pour tirer le retour d'expérience des premières applications des guides et méthodes créées et des écarts relevés lors des fabrications en cours.

### 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 CPP et des CSP 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 10 ans, qui comprend une visite complète des circuits impliquant des examens non destructifs, une épreuve hydraulique sous pression et une vérification du bon état et du bon fonctionnement des accessoires de protection contre les surpressions.

#### Les zones en alliage à base de nickel

Plusieurs parties des 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 mètres (m), un diamètre de 4 m pour une épaisseur de 20 centimètres (cm) et une masse de 330 tonnes (t). 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 une 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 CPP et l'autre au CSP. L'intégrité des principaux éléments constitutifs des GV est surveillée, tout particulièrement celle des tubes qui constituent le faisceau tubulaire. En effet, une dégradation du faisceau tubulaire (corrosion, usure, fissure, etc.) 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

### 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 la cuve ;
- 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.

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 confirmer l'innocuité des produits chimiques employés.

#### 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 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 CPP et CSP 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 CPP et CSP a été qualifiée en amont de la visite complète initiale 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 (voir point 2.10.3 et Faits marquants en introduction de ce rapport), 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. 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. EDF a réalisé des études de résistance à la rupture brutale en tenant compte de l'évolution des caractéristiques des matériaux et mènera des contrôles pour s'assurer de l'absence de défaut préjudiciable dans l'acier lors de la visite décennale de chaque réacteur.

Cette démarche générique a été soumise à l'avis du Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GPESPN) le [20 novembre 2018](#), le [15 octobre 2019](#) et le [8 septembre 2020](#). L'examen a porté sur les défauts analysés, l'estimation du vieillissement sous irradiation du métal de la cuve, les analyses thermomécaniques, les études d'évaluation des marges vis-à-vis du risque de rupture brutale, le classement des transitoires de petites brèches primaires et la justification du niveau de contraintes résiduelles dans les soudures circulaires des viroles de cœur.

Les études réalisées permettent de conclure sur la capacité des cuves ne présentant pas de défaut à fonctionner dix années supplémentaires.

Pour les cuves dont les contrôles réalisés par le passé ont montré qu'elles comportent des défauts de fabrication, des études spécifiques seront réalisées avant la visite décennale de chacun des réacteurs concernés. Cela a été notamment le cas pour le réacteur 1 de la centrale nucléaire du Tricastin.

### Les coudes moulés

Les coudes moulés sont des composants de tuyauterie installés sur le CPP des REP. Ils sont présents en branches chaudes et en branches froides.

Les coudes moulés installés sur les réacteurs de 900 MWe ont été fabriqués en acier inoxydable austéno-ferritique. La phase ferritique subit un vieillissement en fonctionnement sous l'effet de la température. 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 justifications complémentaires 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 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 CPP et CSP. 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 CPP et CSP. 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 2020, l'année restant marquée par le constat de niveaux d'encrassement importants de 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. La stratégie de contrôle de la partie secondaire des GV déployée par l'EDF a été revue mi-2020 afin de mieux prévenir ces situations.

En complément de l'appréciation de cet état des lieux, l'ASN note que le remplacement des GV du réacteur 6 de la centrale nucléaire de Gravelines a dû être de nouveau décalé à cause d'écarts affectant la fabrication de ces équipements.

Le suivi en service des autres équipements du CPP, en application de l'arrêté du 10 novembre 1999, est réalisé de manière appropriée. La détection en 2017 d'une fissure d'une traversée de fond de cuve du réacteur 3 de la centrale nucléaire de Cattenom, la fissuration de deux bouchons installés sur les GV du réacteur 1 de la centrale nucléaire de Paluel en 2016, le percement de cinq tubes de GV sur les réacteurs 2 des centrales nucléaires de Belleville et de Flamanville en 2019, le percement d'un tube de GV du réacteur 1 de la centrale nucléaire de Belleville et la détection d'un effet chaudière dans un GV du réacteur 1 de la centrale nucléaire de Nogent en 2020 illustrent le risque de nouvelles dégradations associées au vieillissement des installations. En réponse aux situations rencontrées en 2020, EDF a renforcé les dispositions de maintenance et de contrôle, en augmentant le niveau d'exigence et en développant de nouveaux procédés de réparation.

## 2.3 Les enceintes de confinement

### 2.3.1 Le contrôle des enceintes de confinement

Les enceintes de confinement font l'objet de contrôles et d'essais destinés à vérifier leur conformité aux exigences de sûreté. En particulier, leur comportement mécanique doit garantir une bonne étanchéité du bâtiment réacteur si la pression à l'intérieur de celui-ci venait à dépasser la pression atmosphérique, ce qui peut survenir dans certains types d'accident. C'est pourquoi ces essais comprennent, à la fin de la construction, puis lors des visites décennales, une montée en pression de l'enceinte interne avec une mesure de taux de fuite. Ces essais sont imposés par l'[arrêté du 7 février 2012](#) fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (INB).

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

#### Gestion globale de la fonction de confinement

L'ASN constate des indisponibilités ponctuelles mais répétées affectant certains matériels participant à la fonction de confinement, tels que les accès à l'intérieur de l'enceinte de confinement (dénommés sas et tampon matériel), le circuit de mise en dépression de l'espace inter-enceinte des enceintes de confinement à double paroi ou le circuit de ventilation de la salle de commande. Ces indisponibilités vont nécessiter une analyse et des échanges avec EDF en 2021 afin d'identifier, le cas échéant, les améliorations nécessaires.

Par ailleurs, EDF a engagé depuis 2016 un plan d'action dont l'objectif principal est de garantir que les débits des systèmes de ventilation répondent aux exigences de sûreté requises à la fois pour le confinement et pour le conditionnement thermique des installations, compte tenu des évolutions des réacteurs depuis leur construction. Afin d'atteindre cet objectif, le plan d'action est déployé, réacteur par réacteur, sur tous les systèmes de ventilation concernés, et inclue un état des lieux de l'état des matériels et des gaines. EDF procède, quand elles sont nécessaires, à des remises en état et des améliorations, et réalise les réglages nécessaires des débits de ventilation. Afin de contrôler la bonne mise en œuvre de ce plan et l'atteinte des objectifs de sûreté associés, l'ASN mènera en 2021 une campagne d'inspections dédiées.

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

Les épreuves décennales des enceintes des réacteurs de 900 MWe réalisées depuis 2009 dans le cadre de leur troisième visite décennale n'ont en général pas mis en lumière de problème particulier 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 de la dégradation constatée en 2015 de l'étanchéité de son revêtement

métallique au niveau de la partie basse du bâtiment du réacteur. EDF a mis en place une surveillance dédiée. L'étanchéité de cette enceinte de confinement fera l'objet d'une attention particulière lors du quatrième réexamen périodique de ce réacteur en 2022.

Les résultats des épreuves des enceintes des réacteurs de 900 MWe réalisées pour la première fois dans le cadre de leur quatrième visite décennale sur le réacteur 1 de la centrale nucléaire du Tricastin et 2 de la centrale nucléaire du Bugey ont été satisfaisants.

La surveillance des enceintes de confinement a été examinée par l'ASN dans le cadre de la phase générique du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. L'ASN considère que la surveillance doit également porter sur l'état de la propreté des dômes des enceintes et qu'EDF doit prévoir des moyens d'investigation appropriés des zones d'ancrages des câbles de précontrainte présentes au niveau de ces dômes.

#### 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 la précontrainte de certains câbles plus importantes qu'anticipées lors de la conception.

EDF a alors engagé d'importants travaux consistant à recouvrir localement, par un revêtement d'étanchéité en résine, l'intrados de la paroi interne des enceintes des réacteurs de 1300 MWe les plus affectés, ainsi que des réacteurs de 1450 MWe. Ces travaux se sont poursuivis en 2020. Les épreuves réalisées depuis ces travaux ont toutes respecté les critères de taux de fuite.

L'ASN reste vigilante à l'évolution de l'étanchéité de ces enceintes et au 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 d'engendrer des phénomènes de gonflement interne du béton potentiellement préjudiciables à terme à son étanchéité. 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. L'ASN reste vigilante sur l'évolution à moyen et long terme des phénomènes en jeu.

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. EDF a transmis en 2019 des éléments concernant ce comportement qui sont en cours d'instruction par l'ASN.

## 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 électro-nucléaires. 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 la grande majorité des centrales nucléaires a significativement progressé en 2020 en ce qui concerne la rigueur de la surveillance en salle de commande et le pilotage des installations. Cette progression s'accompagne dans la majorité des cas d'une nette diminution du nombre de situations de sortie non autorisée du domaine d'exploitation et du nombre de non-respects des règles de conduite. Cette amélioration pourrait être le fruit de la mise en place sur certains sites de plans d'action pour renforcer

La crise sanitaire liée à la pandémie de Covid-19 a nécessité la mise en place de dispositions particulières pour garantir la sûreté des centrales nucléaires d'EDF.

Les restrictions de déplacement mises en place par le Gouvernement lors du printemps 2020 ont, dans un premier temps, fortement réduit la capacité d'EDF à réaliser les opérations de maintenance programmées pendant les arrêts de réacteur pour rechargement du combustible. Face à cette situation, EDF a décidé de rallonger les durées théoriques de tous les arrêts programmés et d'en repousser ou annuler certains. L'ASN s'est assurée que les décalages des opérations de maintenance et d'arrêt ont été conduits par EDF dans le respect des règles applicables en matière de sûreté.

En matière d'organisation, EDF a adopté des mesures pour garantir la sûreté des installations tout en respectant les règles sanitaires en vigueur. De nombreux salariés ont été placés en télétravail. Pour les personnes dont la présence sur les centrales

nucléaires était indispensable, notamment pour les équipes de conduite, des dispositions ont été prises pour réduire au maximum les contacts au sein des équipes et pour éviter les croisements entre les différentes équipes. Des dispositions ont été prises pour garantir la capacité d'intervention en situation de crise.

L'ASN a constaté qu'EDF a porté une attention particulière à ce que la sûreté des installations reste la priorité de tous. Une attention particulière devra par ailleurs être portée à la priorisation et au bon déroulement des activités qui ont été décalées de quelques mois en raison de la crise sanitaire; ces décalages induisent une augmentation des activités à réaliser dans les mois à venir et des dispositions sont à prévoir pour garantir qu'elles pourront être faites dans le respect des règles applicables en matière de sûreté.

L'ASN a demandé à EDF de tirer les enseignements de cette période, notamment en ce qui concerne les évolutions d'organisation qu'elle a entraînées.

la rigueur d'exploitation et traiter les difficultés identifiées en matière de sûreté. Elle pourrait aussi s'expliquer par les mesures mises en place par EDF dans le cadre de la gestion de la pandémie de Covid-19: des évolutions d'organisation ont été apportées au fonctionnement des équipes de conduite et ont conduit, pour limiter les contacts, à limiter au maximum les accès à la salle de commande par les autres personnels. Cela a conduit à une sérénité renforcée dans les salles de commande.

L'ASN suivra avec intérêt l'évolution de la situation dans les prochaines années et continuera à contrôler le déploiement des plans d'actions engagés sur le sujet.

Toutefois, l'ASN observe une augmentation, sur une majorité des sites, du nombre d'événements significatifs dont l'analyse des causes met en évidence une documentation inadéquate utilisée par l'équipe de conduite ou une mauvaise utilisation de cette documentation. D'autre part, l'ASN constate également une augmentation notable des délais moyens de détection des non-respects des spécifications techniques d'exploitation. Les dispositions prises par EDF dans le cadre de la gestion de la pandémie de Covid-19 évoquées au paragraphe précédent ont pu conduire à un certain isolement des différents acteurs et pourraient être l'une des causes de ces évolutions.

L'ASN renforcera donc sa vigilance sur la qualité de la documentation d'exploitation et sur sa bonne utilisation par les équipes de conduite. Les causes profondes conduisant à des retards dans la détection des non-respects de règles de conduite devront être identifiés et traités.

En 2020, les essais périodiques ont été à l'origine de plusieurs événements significatifs génériques, à cause de déclinaisons inadéquates des règles d'essais dans les documents opératoires ou de règles d'essais incohérentes avec le reste des règles générales d'exploitation. L'ASN sera attentive à la bonne prise en compte par EDF des enseignements tirés de ces événements.

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

L'ASN a mené en 2020 plusieurs inspections sur les dispositions organisationnelles et techniques prévues par EDF en situation d'incident ou d'accident. Malgré le contexte sanitaire, la majorité de ces inspections a été réalisée en présentiel. Une inspection renforcée a en particulier été menée à la centrale nucléaire de Cattenom.

Lors de ces inspections, l'ASN a contrôlé l'application des consignes de conduite en situation d'incident ou d'accident. Ces inspections intègrent quasi systématiquement une mise en situation des équipes d'EDF.

Lors de ces inspections, la gestion par les intervenants des situations de conduite en cas d'incident ou d'accident a été jugée satisfaisante. Toutefois, comme en 2018 et 2019, l'ASN a constaté que certains documents opératoires contiennent des erreurs, des imprécisions, voire des instructions impossibles à exécuter. EDF corrige les erreurs et imprécisions détectées dans des délais globalement satisfaisants, sauf lorsque leur correction dépend des équipes d'ingénierie nationales d'EDF.

En 2020, EDF a activé son plan d'urgence interne pour un incendie hors zone contrôlée à la centrale nucléaire de Belleville. La situation n'a pas nécessité d'action de protection des populations.

Les inspections sur l'organisation et les moyens de crise ont été réalisées en nombre limité en 2020 du fait des conditions sanitaires. Elles ont toutefois confirmé les constats effectués les années précédentes, à savoir un niveau d'appropriation satisfaisant des principes d'organisation, de préparation et de gestion des situations d'urgence.

Enfin, l'ASN poursuivra en 2021 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<sup>er</sup> janvier 2022. L'ASN poursuivra le contrôle des dispositions prises par EDF en matière d'organisation de crise en cas d'agression externe d'intensité extrême.

#### 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

L'organisation de la plupart des centrales nucléaires pour mener à bien les opérations de maintenance conséquentes a été satisfaisante en 2020, y compris dans un contexte rendu plus difficile par la pandémie de Covid-19. Toutefois, l'ASN relève régulièrement des points à améliorer concernant la maintenance des réacteurs, comme la prise en compte des différents risques, la préparation des activités ou la traçabilité des interventions. L'approvisionnement de pièces de rechange non-conformes a encore généré cette année des défauts de maîtrise des activités. Des documents nationaux d'EDF mal appliqués ou des documents opérationnels incorrects sont également à l'origine d'opérations de maintenance inadaptées ou de défauts de qualité de maintenance. Une mauvaise réalisation des travaux est parfois détectée tardivement, c'est-à-dire seulement lors des opérations de requalification des équipements après des travaux de maintenance. Enfin, l'ASN constate que les essais de requalification ne permettent pas toujours de détecter les défauts des matériels à la suite d'activités de maintenance ou de modifications.

#### La filière indépendante de sûreté

Au sein d'EDF, la filière indépendante de sûreté (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.

L'ASN confirme l'amélioration en 2020 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. Cependant, plusieurs événements significatifs ont toujours pour cause profonde des non-qualités de maintenance non détectées par la surveillance ou par les analyses de premier niveau.

L'ASN a demandé à EDF en 2019 un bilan de sa politique de maintenance et des adaptations qui ont été mises en œuvre. L'ASN examinera en 2021 les réponses fournies par EDF en 2020, en particulier au regard des constats qu'elle formule régulièrement.

Dans le cadre de la poursuite du fonctionnement des réacteurs, du programme « grand carénage » et de l'intégration de l'ensemble des modifications qui découlent des enseignements de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, l'ASN considère important qu'EDF maintienne les efforts engagés pour remédier aux difficultés rencontrées et améliorer la qualité de ses activités de maintenance.

#### 2.4.5 La prévention des effets des agressions d'origine interne ou externe

##### Les risques liés aux incendies

Les centrales nucléaires, comme les autres INB, 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. Il ressort de cette instruction que les évolutions proposées par EDF constituent des améliorations notables de la démonstration (par exemple, études relatives à la tenue de la sectorisation, prise en compte de l'effet des fumées). Par ailleurs, les nouvelles méthodes mises en œuvre ont permis l'identification des éléments de sectorisation dont le bon fonctionnement est particulièrement important. Par exemple, les portes coupe-feu dont la position fermée est indispensable ont été identifiées et feront l'objet de mesures de surveillance spécifiques.

#### 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, etc.) 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, etc.). 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 INB contre les inondations externes. Pour les installations existantes, l'ASN a demandé à EDF, en 2014, de prendre en compte les recommandations du guide 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 n° 2001-01 du 31 mai 2001](#) définit la méthodologie relative à la détermination du risque sismique pour les INB de surface (à l'exception des installations de stockage à long terme de déchets radioactifs).

Cette règle fondamentale de sûreté 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.

## Le fonctionnement des réacteurs nucléaires en période de canicule

**Les températures prises en compte dans la démonstration de sûreté des réacteurs nucléaires sont régulièrement réévaluées, notamment à l'occasion des réexamens périodiques. Ces réévaluations prennent en compte les évolutions climatiques.**

**Une période de canicule a trois principales conséquences sur le fonctionnement des réacteurs nucléaires.**

### 1. Le fonctionnement des systèmes de sûreté en période de canicule :

- En cas d'épisode caniculaire, des équipements de ventilation et de climatisation sont nécessaires pour garantir le fonctionnement des systèmes de sûreté des réacteurs nucléaires.
- Depuis les canicules de 2003 et 2006, EDF a renforcé les capacités de ventilation et de climatisation des locaux dans lesquels sont situés les systèmes de sûreté. Ces dispositifs font l'objet d'actions préventives d'entretien, de contrôle et de maintenance et les règles générales d'exploitation des réacteurs prévoient les conduites à tenir en cas de défaillance de ces équipements. Ces conduites requièrent, en cas de besoin, la mise en œuvre de mesures spécifiques, voire l'arrêt du réacteur.
- En complément, EDF prévoit entre avril et octobre de chaque année des règles particulières de conduite qui adaptent le niveau de mobilisation des organisations internes en fonction des prévisions météorologiques.

### 2. Le refroidissement du réacteur et la gestion des effluents en cas de sécheresse et d'étiage :

- Les réacteurs nucléaires doivent être refroidis en permanence pour assurer leur sûreté. À cette fin, de l'eau est prélevée dans un cours d'eau ou dans la mer.
- Une période de sécheresse peut conduire à une baisse du niveau du cours d'eau et de son débit. L'exploitant doit s'assurer en permanence que ceux-ci restent suffisants pour refroidir les systèmes de sûreté. Ces paramètres sont spécifiques à chaque réacteur nucléaire.
- Le débit du cours d'eau affecte également la dispersion des effluents liquides issus des réacteurs nucléaires. L'ASN a fixé, pour chaque centrale, une valeur minimale du débit du cours d'eau pour laquelle

les rejets d'effluents peuvent être réalisés. En deçà de ce débit (situation d'étiage), les opérations de rejet d'effluents sont interdites et l'exploitant doit entreposer ses effluents.

### 3. La maîtrise des rejets thermiques :

- L'eau prélevée dans les cours d'eau ou dans la mer pour refroidir le réacteur est, de manière générale, rejetée à une température plus élevée, soit directement, soit après refroidissement dans des tours aéroréfrigérantes permettant une évacuation partielle de la chaleur dans l'atmosphère.
- Dans le cas des centrales nucléaires utilisant un cours d'eau, l'ASN a défini pour chaque site les conditions de rejet de l'eau utilisée pour le refroidissement. Afin de préserver l'environnement, notamment l'écosystème, l'échauffement du cours d'eau dû au fonctionnement de la centrale nucléaire ainsi que la température de l'eau à son aval sont encadrés par des valeurs limites. En cas de dépassement des valeurs limites, l'exploitant doit réduire la puissance du réacteur ou l'arrêter. Depuis 2006, l'ASN a intégré dans les décisions encadrant les rejets des centrales nucléaires des dispositions visant à définir les modalités de fonctionnement des centrales nucléaires en cas de conditions climatiques exceptionnelles conduisant à un échauffement significatif des cours d'eau. La mise en œuvre de ces dispositions n'est toutefois possible que si la sécurité du réseau électrique est en jeu. Un assouplissement temporaire des valeurs limites des rejets thermiques peut aussi être autorisé par l'ASN, sur la base d'une demande justifiée d'EDF, en cas de risque pour la sécurité du réseau électrique, comme cela a été le cas durant les épisodes caniculaires des étés 2003 et 2006. Dans ce cas, la surveillance de l'environnement est renforcée.
- Lors des épisodes caniculaires de 2019, EDF a été amenée à arrêter plusieurs réacteurs et à réduire la puissance de certains autres.

## 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, etc.) 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 pour 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 avec un nombre de départs de feu enregistrés pour l'année 2020 comparable à celui constaté en 2018, alors qu'il avait été inférieur en 2019.

Des constats déjà effectués les années précédentes restent d'actualité sur certains sites inspectés :

- des écarts de gestion des entreposages de matériels qui représentent des potentiels calorifiques importants ;
- des écarts dans la mise en œuvre des permis de feu, et une gestion perfectible des mesures compensatoires qui sont définies dans les analyses du risque d'incendie ;
- des écarts liés à la gestion des inhibitions de la détection incendie ;
- une gestion perfectible des anomalies de sectorisation des locaux afin de prévenir la propagation d'un incendie ;
- la disponibilité non garantie de matériels de lutte contre l'incendie.

En 2020, l'ASN a réalisé des inspections abordant le thème de la maîtrise des risques liés à l'incendie sur l'ensemble des centrales nucléaires malgré les contraintes liées au contexte sanitaire et a demandé la mise en œuvre d'actions correctives visant à remédier aux constats formulés.

L'ASN constate les efforts entrepris par certains sites pour mener des 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 poursuivi, en 2020, ses actions visant à fiabiliser la maîtrise des risques liés à l'incendie dans les locaux identifiés comme étant particulièrement sensibles à cette agression.

Toutefois, 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, à la suite d'une demande de l'ASN formulée en 2019, EDF a engagé des réflexions visant à 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 2020, EDF a travaillé à la mise à jour des documents relatifs à la protection contre les explosions, requis par la réglementation relative aux risques liés à la formation d'ATEX et a réalisé des audits de conformité des matériels censés répondre aux exigences de cette réglementation. Cette démarche doit se poursuivre dans les années à venir. Ainsi, l'ASN considère qu'EDF doit continuer à porter 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

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, etc.) ;
- 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.

Par ailleurs, 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.

Enfin, dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, EDF a fait évoluer sa démonstration de sûreté relative aux risques d'inondation interne, en considérant notamment plusieurs possibilités de cheminement de l'eau.

#### Les risques liés au séisme

Les programmes d'inspection mis en œuvre par EDF la conduisent à déclarer régulièrement des événements significatifs pour la sûreté pour défaut de résistance au séisme de certains matériels. Ces événements résultent d'actions de contrôle ciblées, progressivement déployées par EDF. Ces non-conformités peuvent avoir, en cas de séisme, des conséquences importantes, qui sont alors systématiquement analysées. Ainsi, en 2020, EDF a déclaré un événement significatif en raison de la [non-tenue au séisme d'équipements nécessaires au bon fonctionnement des groupes électrogènes de secours à moteur diesel](#) de plusieurs centrales nucléaires que l'ASN a classé au niveau 2 sur l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques ([INES](#)) (voir encadré page 306).

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-Meysse](#), la procédure de

### 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.

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. L'ASN a demandé à EDF dès novembre 2019 de déterminer si ce séisme devait conduire à revoir les niveaux de séisme à retenir pour la protection des sites des centrales nucléaires du Tricastin et de Cruas. La réponse transmise par EDF en 2020 est en cours d'instruction.

#### 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.

EDF a mené en 2020, à la demande de l'ASN, des essais de fonctionnement des groupes électrogènes de secours à moteur diesel en période de température élevée. Ces essais permettront de conforter la démonstration de la qualification de ces matériels.

#### 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. Malgré quelques améliorations enregistrées en 2020, l'ASN a constaté un retard notable dans la réalisation des travaux identifiés dans les études techniques. Par ailleurs, l'ASN constate régulièrement que les échéances de réalisation des vérifications périodiques des systèmes de protection contre la foudre par des

organismes de contrôle compétents ne sont pas respectées. Ces éléments ont fait l'objet de demandes d'actions correctives. EDF a défini un programme de travail pour améliorer la situation.

### 2.4.7 Le contrôle de la conformité des installations aux exigences

Le maintien de la conformité des installations à leurs exigences de conception, de réalisation et d'exploitation est un enjeu majeur dans la mesure où cette conformité est essentielle pour s'assurer du respect de la démonstration de 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 et arrêt pour visite partielle : 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 visite partielle que lors d'un arrêt pour simple rechargement ;
- arrêt pour visite décennale : 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 10 ans, permet à l'exploitant de procéder à des opérations lourdes telles que la visite complète et l'épreuve hydraulique du circuit primaire, l'épreuve de l'enceinte de confinement ou l'intégration des évolutions de conception résultant des réexamens périodiques.

Ces arrêts sont planifiés et préparés par l'exploitant plusieurs mois à l'avance. L'ASN contrôle les dispositions prises par l'exploitant pour assurer la sûreté de l'installation, la protection de l'environnement et la radioprotection des travailleurs pendant l'arrêt, ainsi que la sûreté du réacteur pour le cycle de production à venir.

Le contrôle réalisé par l'ASN, au regard des dispositions de la [décision n° 2014-DC-0444 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.

## 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.

### 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, etc.

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

#### Les vérifications « au fil de l'eau »

La réalisation des programmes d'essais périodiques et de maintenance préventive sur les matériels et les systèmes contribue à identifier les écarts. Les visites de routine sur le terrain et les activités de contrôle technique et de vérification des activités considérées importantes pour la protection des personnes et de l'environnement constituent également des moyens efficaces pour détecter des écarts.

#### Les vérifications lors des arrêts de réacteur

EDF met à profit les arrêts des réacteurs nucléaires pour réaliser les travaux de maintenance et les contrôles qui ne peuvent pas être accomplis lorsque le réacteur est en production. Ces opérations permettent notamment de résorber les écarts déjà connus, mais peuvent également conduire à en détecter de nouveaux. Avant chaque redémarrage du réacteur, l'ASN demande à 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 10 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.

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 a régulièrement signalé par le passé 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 d'assurer une information de l'ASN réactive et proportionnée aux enjeux pour la sûreté. L'ASN a constaté en 2020 la poursuite de l'amélioration de la situation. En

## Contrôle de la conformité des sources électriques

Par décision n° 2019-DC-0662 du 19 février 2019, l'ASN a prescrit à EDF de réaliser des contrôles de la conformité des sources électriques de ses réacteurs, en particulier des groupes électrogènes de secours à moteur diesel (diesels de secours).

Dans le cadre de ces contrôles, EDF a détecté des anomalies sur 37 réacteurs portant sur des défauts de résistance au séisme. Ces défauts concernent le mauvais montage de raccords en élastomère de tuyauteries, la corrosion de certaines portions de tuyauteries ou de leurs supports, des défauts de connectique au niveau de certaines armoires électriques et des défauts d'ancrage d'armoires électriques ou d'aéroréfrigérants de circuits de refroidissement.

L'ASN a classé cet événement au niveau 1 ou 2 sur l'échelle INES selon le réacteur concerné, en fonction de la nature des défauts rencontrés et du nombre de diesels de secours affectés. Cet événement n'a pas eu de conséquence sur les personnes ou l'environnement.

L'ensemble des défauts constatés a fait l'objet de réparations par EDF, ou, pour ce qui concerne le mauvais montage de certains raccords en élastomère, d'une surveillance renforcée jusqu'au prochain arrêt du réacteur, au cours duquel ils seront remplacés.

Dans le cadre de la décision n° 2019-DC-0662, les contrôles des sources électriques des centrales nucléaires se poursuivront jusqu'au début de l'année 2022, notamment pour les contrôles ne pouvant être réalisés que lors des arrêts de réacteur pour rechargement de combustible.

particulier, la propension d'EDF à résorber plus rapidement les écarts s'est améliorée, même si, en la matière, les efforts doivent être maintenus.

En 2020, EDF a de nouveau déclaré plusieurs événements significatifs concernant les groupes électrogènes 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](#) (voir encadré). Certains contrôles seront encore réalisés à cet égard jusqu'au début de l'année 2022 compte tenu de la programmation des arrêts de réacteur permettant leur réalisation.

Les écarts les plus significatifs relevés en 2020 concernent, outre les groupes électrogènes de secours à moteur diesel, la tenue au séisme de matériels de sauvegarde et de refroidissement des réacteurs.

Par ailleurs, l'ASN a porté en 2020 une vigilance particulière à la maîtrise de la conformité des installations lors de la quatrième visite décennale du réacteur 2 de la centrale nucléaire du [Bugey](#). Le programme de contrôle d'EDF a fait l'objet d'inspections dédiées.

L'ASN continuera à être particulièrement attentive à la conformité des installations en 2021, et poursuivra à cet égard les inspections sur l'état des matériels et des systèmes.

Enfin, l'ASN constate que certains systèmes rattachés aux fonctions de sûreté « support », « maîtrise de la réactivité » et « refroidissement » présentent des indisponibilités fortuites répétées. Il s'agit notamment des systèmes de refroidissement intermédiaire du réacteur, de surveillance post-accidentelle, de mesure de la puissance nucléaire du réacteur et d'alimentation de secours des GV. Ces indisponibilités vont nécessiter une analyse et des échanges avec EDF en 2021 afin d'identifier, le cas échéant, les améliorations nécessaires.

### Les déclarations d'événements significatifs par EDF

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 2020, 740 déclarations d'événements significatifs au titre de la sûreté (ESS), 174 au titre de la radioprotection (ESR) et 61 au titre de la protection de l'environnement (ESE). Le nombre d'événements significatifs a diminué d'environ 2,4% en 2020 par rapport à l'année précédente. Cette diminution est la conséquence d'une baisse notable du nombre d'ESE (83 ESE en 2019).

Le graphique 1 présente l'évolution du nombre d'événements significatifs déclarés par EDF et classés sur l'échelle INES depuis 2010.

Le graphique 2 présente l'évolution depuis 2010 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. 26 événements de ce type ont été déclarés en 2020 dans le domaine de la sûreté nucléaire.

### Les arrêts de réacteur

L'année 2020 a été particulièrement perturbée concernant le calendrier des [arrêts de réacteur](#) du fait de la crise sanitaire. Les restrictions de déplacement mises en place par le Gouvernement lors du printemps 2020 ont, dans un premier temps, fortement réduit la capacité d'EDF à réaliser les opérations de maintenance programmées pendant les arrêts de réacteur pour rechargement du combustible. EDF a décidé de rallonger les durées théoriques de tous les arrêts programmés et d'en repousser ou d'en annuler certains. L'ASN s'est assurée que les décalages des opérations de maintenance et d'arrêt ont été conduits par EDF dans le respect des règles applicables en matière de sûreté.

Les conditions de réalisation des activités par EDF ont été alourdies par la mise en place des gestes barrières pour se prémunir des contaminations.

## 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 INB 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 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.

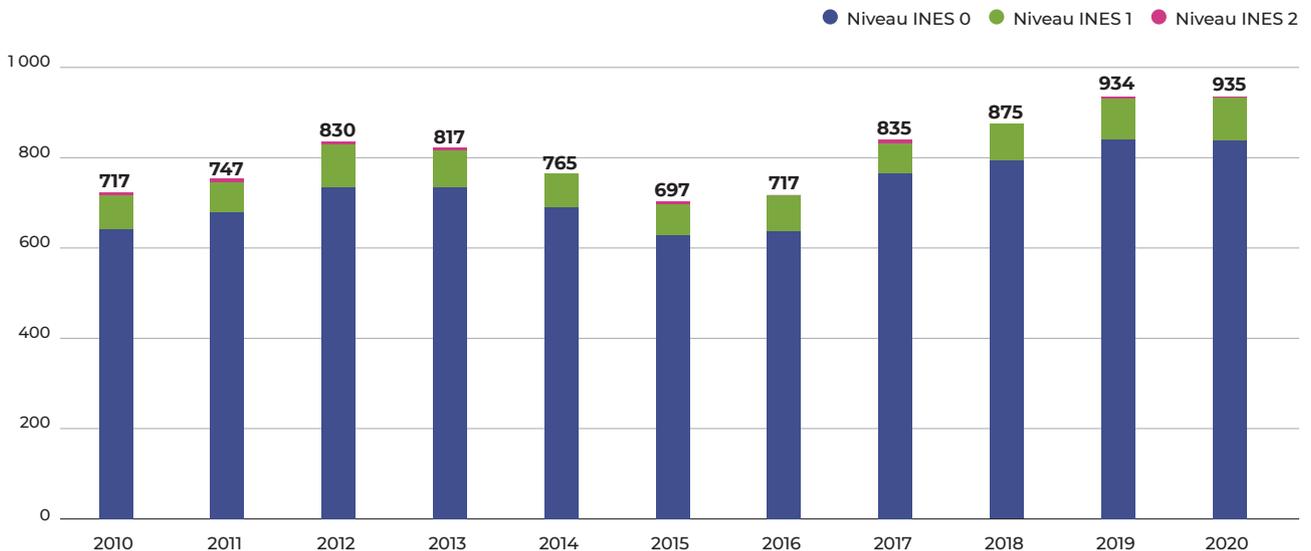
Pour chaque site, l'ASN fixe les valeurs limites d'émission, de prélèvement d'eau et de rejet d'effluents sur la base des meilleures techniques disponibles dans des conditions techniques et économiquement acceptables, en prenant en considération les caractéristiques de l'installation, son implantation 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, etc.) et de la réglementation générale.

#### GRAPHIQUE 1

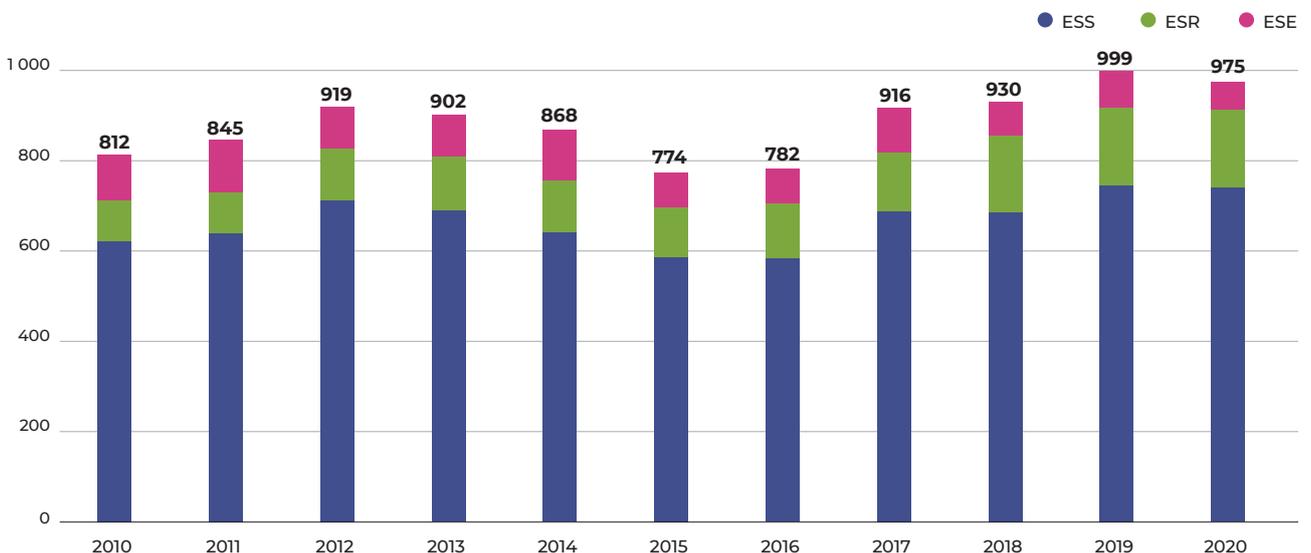
Évolution du nombre d'événements significatifs classés sur l'échelle INES dans les centrales nucléaires d'EDF de 2010 à 2020



Ce graphique intègre les données de la centrale nucléaire de Fessenheim.

#### GRAPHIQUE 2

Évolution du nombre d'événements significatifs par domaine dans les centrales nucléaires d'EDF de 2010 à 2020



Ce graphique intègre les données de la centrale nucléaire de Fessenheim.



Entreposage de déchets à la centrale nucléaire du Blayais

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

#### L'impact des rejets thermiques des centrales nucléaires

Les centrales nucléaires sont à l'origine de rejets d'effluents chauds dans les cours d'eau ou dans la mer, soit de manière directe pour les centrales nucléaires fonctionnant en circuit dit « ouvert », soit après refroidissement de ces effluents par passage dans des aéroréfrigérants 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 n° 2015-DC-0508 de l'ASN du 21 avril 2015](#) relative à l'étude sur la gestion des déchets et au bilan des déchets produits dans les INB.

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

Par ailleurs, chaque site envoie annuellement à l'ASN le bilan de sa production de déchets et des filières d'élimination associées, une comparaison avec les résultats des années précédentes, un bilan de l'organisation du site et des différences constatées par

rapport aux modalités de gestion prévues dans l'étude sur la gestion des déchets et la liste des faits marquants survenus et des perspectives.

## 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).

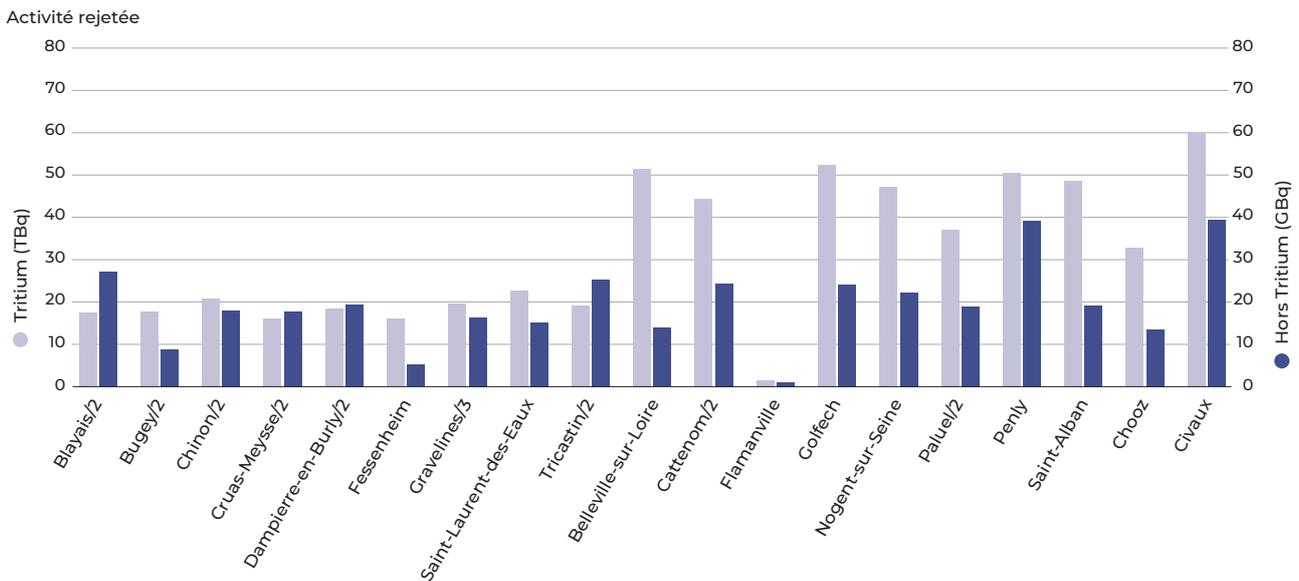
La [décision n° 2016-DC-0578 de l'ASN du 6 décembre 2016](#) relative à la prévention des risques résultant de la dispersion de micro-organismes pathogènes (légionelles et amibes) par les installations de refroidissement du circuit secondaire des REP fixe les exigences relatives :

- 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.

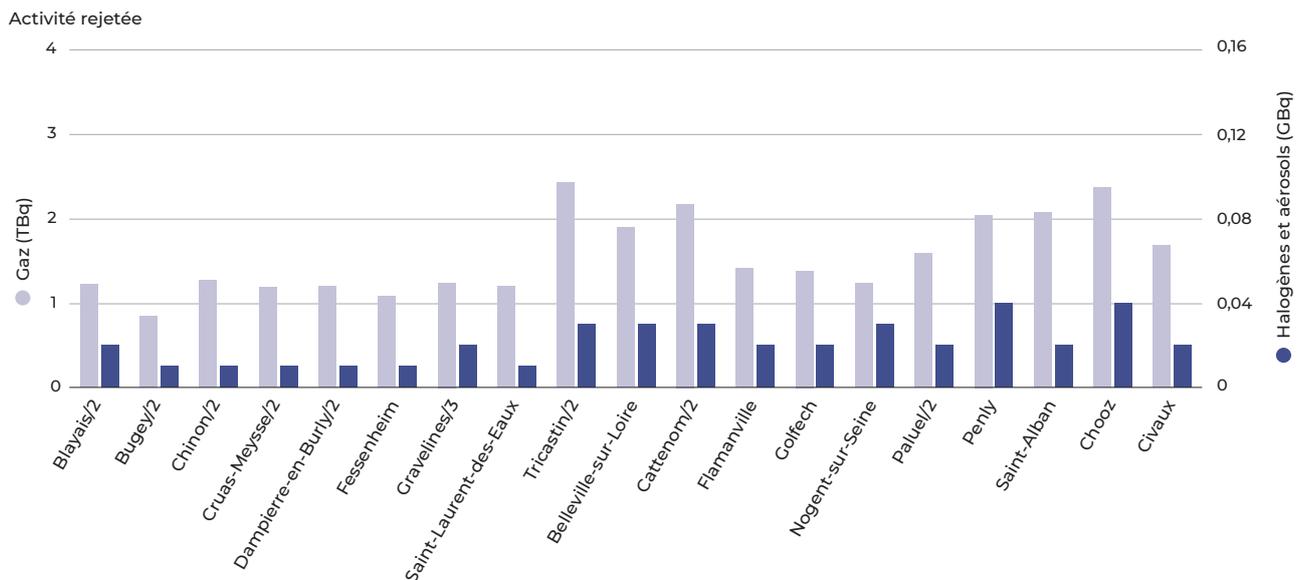
GRAPHIQUE 3

## Rejets radioactifs liquides pour les centrales nucléaires en 2020 (par paire de réacteurs)



GRAPHIQUE 4

## Rejets radioactifs gazeux pour les centrales nucléaires en 2020 (par paire de réacteurs)



Chaque site pouvant avoir un nombre de réacteurs différent, 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.

### 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 2020, 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.

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 une meilleure appropriation par les sites des analyses méthodiques des risques microbiologiques et des efforts pour améliorer le confinement des substances dangereuses liquides sur certains sites, l'ASN considère que des actions correctives doivent toujours être menées sur la prévention des pollutions et la gestion des déchets. Un plan d'action a été défini par EDF au niveau national sur ce dernier sujet.

Les lacunes dans le confinement des substances dangereuses liquides, constatées en inspection en 2018 et en 2019, ont conduit l'ASN à demander à EDF un état des lieux pour l'ensemble de ses centrales nucléaires. Les éléments communiqués présentent un niveau de détail satisfaisant sur la situation actuelle des sites. L'ASN a demandé à EDF de lui communiquer les actions qu'elle prévoit pour améliorer la situation de chacun des sites.

L'ASN a constaté en 2020, 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.

En janvier 2020, l'ASN a mis [EDF](#) en demeure de transmettre certains éléments requis par sa décision n° 2013-DC-0360 pour les sites du Blayais, du Bugey, de Chinon, de Chooz, de Cruas, de Gravelines, et de Saint-Laurent-des-Eaux. En effet, EDF n'avait pas joint au rapport de conclusion du [réexamen périodique](#) de certaines installations :

- une analyse des performances des moyens de prévention et de réduction des effets et nuisances engendrés par l'installation au regard de l'efficacité des meilleures techniques disponibles;
- une analyse de l'état chimique et radiologique de l'environnement portant sur l'installation et son voisinage.

EDF a respecté les échéances fixées en 2020 dans cette mise en demeure.

## 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, etc.) et d'[exercice des activités sous-traitées](#) (relations avec l'exploitant, surveillance par l'exploitant, etc.). Elle vérifie aussi que les intervenants disposent des moyens nécessaires (outils, documents opératoires, etc.) 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

#### L'organisation globale

L'ASN considère qu'EDF a convenablement géré les évolutions de ses organisations rendues nécessaires par les mesures sanitaires liées à la pandémie de Covid-19. Certaines de ces évolutions ont même pu être bénéfiques pour la sûreté. C'est le cas des mesures prises pour limiter les contacts avec les opérateurs de conduite, qui ont amélioré la sérénité dans les salles de commande, et de l'allongement des durées prévisionnelles des durées des arrêts de réacteur, qui ont eu comme effet sur certains sites de diminuer les problèmes liés à la planification des activités.

Au-delà de la problématique particulière de la crise sanitaire, l'ASN a mené en 2020 une campagne d'entretiens dits « d'explicitation » au cours de laquelle les inspecteurs ont invité les personnels des sites à échanger sur leur vécu et leurs conditions de travail au quotidien. L'ASN a pu noter au travers de ces échanges que les personnels étaient globalement satisfaits de leurs conditions de travail mais a aussi relevé l'existence de fragilités récurrentes susceptibles de dégrader la qualité des interventions (modifications des plannings accentuant la pression temporelle ou les temps d'attente, problèmes de logistique, de mise à disposition des outils et des pièces de rechange, documentation opérationnelle inadaptée, locaux et équipements parfois peu accessibles, etc.). Dans certains cas, l'ASN a constaté des collectifs de travail en difficulté, notamment en ce qui concerne le maintien de l'équilibre entre la charge de travail et les ressources, ainsi que la gestion des interfaces avec les autres métiers (métiers de la conduite et de la maintenance, par exemple). L'ASN restera vigilante en 2021 sur ces sujets. Elle veillera à ce que ces difficultés vécues au quotidien par certains personnels ne les amènent pas, notamment par une normalisation de certaines déviations, à perdre le sens de leur activité et de la contribution de leurs actions à la sûreté.

#### 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 est restée globalement satisfaisante en 2020, malgré les difficultés liées à la pandémie de Covid-19.

L'ASN a noté une bonne dynamique dans la déclinaison et l'appropriation des référentiels métiers au niveau des sites (référentiels identifiant les missions de chaque métier et le parcours de formation associé) et un assez bon fonctionnement des instances dédiées à la programmation et au suivi des formations (service commun de formation, comités de formation à plusieurs niveaux de l'organisation). L'intégration dans les services des sites de différents profils dédiés à la gestion des compétences (« appuis formation », « référents métier », etc.), constitue un dispositif efficace d'appui et de conseil aux managers.

Toutefois l'ASN a relevé régulièrement en 2020 des fragilités dans le domaine des compétences, notamment en ce qui concerne l'appropriation des processus et des documents opérationnels, et les compétences techniques de certains intervenants et chargés de surveillance (manque de connaissances techniques sur les équipements sur lesquels interviennent les prestataires). Ces lacunes sont accrues pour les sites subissant un fort taux de renouvellement de leur effectif. Les inspections de l'ASN prévues sur le thème des compétences en 2021 seront centrées sur ces fragilités.

#### La surveillance des activités sous-traitées

L'ASN considère que la qualité de la surveillance des activités sous-traitées est restée globalement stable en 2020 sur l'ensemble des sites comparativement à 2019. Les progrès observés sur certains sites au niveau de la préparation et de l'application des programmes de surveillance sont dus en partie 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 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 aux enjeux liés aux activités sensibles). Ces difficultés impliquent que la mission de surveillance ne constitue pas toujours une ligne de défense efficace vis-à-vis des défaillances potentielles des prestataires. Elles resteront un point d'attention pour l'ASN en 2021.

#### La maîtrise de la documentation opérationnelle

L'ASN considère que la documentation opérationnelle reste encore largement perfectible en 2020. Il s'agit d'un problème de fond qui est récurrent. De nombreuses analyses d'événements significatifs déclarés en 2020 mettent toujours en évidence des problèmes liés à la documentation opérationnelle, quel que soit le métier considéré. Les sites montrent toujours des difficultés à fournir des documents de qualité nécessaires à la bonne réalisation des activités (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, etc.). Ces fragilités se retrouvent dans différents domaines de l'exploitation, notamment la conduite en cas d'incident ou d'accident dont la documentation nécessite des améliorations significatives. L'ASN constate par ailleurs toujours, sur de nombreux sites, des défaillances dans l'exploitation de la documentation opérationnelle (appropriation insuffisante des dossiers, manquements dans la complétude des dossiers de suivi d'intervention, régimes de consignations incomplets, analyses de risques ne couvrant les risques spécifiques à l'activité, etc.).

Ces fragilités restent en bonne partie liées à des dysfonctionnements organisationnels dans le processus de création et de mise à jour de la documentation, et elles compromettent potentiellement le rôle de ligne de défense du support documentaire. L'ASN restera vigilante en 2021 sur ces problématiques.

#### 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. L'ASN note

quelques progrès comparativement à 2019, mais considère que cette organisation doit encore être améliorée sur une majorité de sites. Des fragilités perdurent en effet sur le plan de la détection, de la remontée et du traitement des difficultés rencontrées sur le terrain, notamment pour ce qui relève des signaux faibles. Comme en 2019, l'incitation des prestataires à faire remonter les constats positifs ou négatifs *via* les débriefings et les outils dédiés reste insuffisante et doit être renforcée sur une majorité de sites.

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, comme en 2019, l'analyse des causes profondes aboutit encore trop souvent à des actions correctives peu ambitieuses, sans évolution des organisations. Enfin, trop de sites montrent encore de réelles limites dans l'évaluation de l'efficacité des actions correctives.

L'ASN sera particulièrement attentive en 2021 à la démarche de retour d'expérience que va mettre en place l'exploitant sur sa gestion de la crise sanitaire et aux enseignements qui en seront tirés pour la pérennisation de certaines pratiques nouvelles. De nombreux métiers dont la conduite, ont vu en effet leur organisation modifiée, entraînant de fortes adaptations au niveau des activités et des gestes réalisés au quotidien.

## 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,  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ ), avec un risque d'exposition externe et interne. Dans la pratique, plus de 90% des doses reçues proviennent des expositions externes aux rayonnements  $\beta$  et  $\gamma$ . 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, etc.), avec l'appui de l'IRSN le cas échéant.

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

Le nombre d'événements de contamination significative des travailleurs dans les centrales nucléaires exploitées par EDF est resté à un niveau élevé en 2020 : huit événements (dont un concernant la centrale nucléaire de Fessenheim) ont été déclarés en 2020, contre sept au cours de l'année 2019 et deux 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 dès leur détection a été mise en œuvre dans la plupart de ces cas et a permis de diminuer le temps d'exposition des travailleurs.

Par ailleurs, l'ASN constate que le port d'un masque chirurgical, rendu obligatoire en raison de la situation sanitaire, est susceptible d'accroître les gestes involontaires vers le visage et donc le risque de transfert d'une particule radioactive vers le visage ou le cou des intervenants.

L'ASN poursuivra ses contrôles sur cette thématique en 2021, notamment en ce qui concerne les procédures de prise en charge des contaminés et la prévention de la dissémination de la contamination radioactive.

### 2.7.2 L'évaluation de la radioprotection des personnels

La dosimétrie collective sur l'ensemble des réacteurs a diminué en 2020 par rapport à l'année 2019 (graphique 5), tout comme la dose moyenne reçue par les travailleurs pour une heure de travail en zone contrôlée (graphique 7). Les doses reçues par les travailleurs sont réparties selon une distribution illustrée ci-après par les graphiques 3 et 4.

Le graphique 6 présente la répartition des intervenants en fonction de la dosimétrie externe pour le corps entier. On constate que la dosimétrie de 75% des travailleurs exposés est inférieure à 1 millisievert (mSv) pour l'année 2020, 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 2020.

Le graphique 7 présente l'évolution de la dosimétrie individuelle moyenne pour le corps entier en fonction des catégories de métiers de travailleurs intervenant dans les centrales nucléaires. Les catégories de travailleurs les plus exposés en 2020 sont les personnels en charge du calorifugeage, du soudage, du contrôle, de la mécanique et des servitudes. Les doses enregistrées par les travailleurs les plus exposés sont en diminution par rapport à l'année 2019.

Malgré ces résultats, l'ASN constate que le recul dans la prise en compte de la radioprotection des travailleurs déjà observé en 2019 s'est accentué en 2020. Elle concerne notamment 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 rouges, dans lesquelles le débit d'équivalent de dose est susceptible d'être supérieur à 100 millisieverts par heure (mSv/h). Elles traduisent une perception inadéquate des risques radiologiques et une culture de radioprotection inadaptée. Dans le cadre des inspections menées lors des arrêts de réacteur, les inspecteurs de l'ASN formulent de manière récurrente des demandes portant sur la mise à disposition de matériels de radioprotection, ainsi que sur les analyses de risques et l'optimisation des doses. Ils soulignent néanmoins la mise en œuvre d'actions visant à résorber les écarts constatés, notamment en ce qui concerne l'optimisation de la dosimétrie.

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 2021.

## 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 18 centrales nucléaires, le réacteur EPR en construction à Flamanville et 11 autres installations, pour la plupart des réacteurs en démantèlement. 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 24000 pour les salariés d'EDF, et 23000 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 2020, l'ASN disposait pour les missions d'inspection du travail de :

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

#### Contrôle de la réglementation en matière de santé et de sécurité au travail

Tout au long de l'année 2020 et particulièrement pendant les périodes de confinement, les inspecteurs du travail de l'ASN ont été fortement sollicités à la fois par les employeurs, les salariés, les représentants du personnel d'EDF ou des entreprises prestataires sur les protections à mettre en place sur les lieux de travail vis-à-vis de la crise sanitaire, et les conditions de continuité de leurs activités sur les sites. L'appui de l'inspection du travail aux employeurs et aux commissions santé, sécurité et conditions de travail des comités sociaux et économiques pour l'information et l'explication des mesures gouvernementales a été très important.

Des actions spécifiques ont été menées sur les sites et ont porté notamment sur :

- le contrôle de la mise à jour des plans de continuité d'activité et des documents uniques d'évaluation des risques professionnels ;
- le contrôle de la qualité des masques de protection et des équipements de protection individuelle mis à disposition des salariés ;
- le suivi des cas de risques psychosociaux dans le cadre de la crise sanitaire et des alertes déposées par les comités sociaux et économiques d'EDF et des entreprises prestataires.

S'il a été noté au début du premier confinement des difficultés de définition et de mise en œuvre de mesures de protection adaptées, EDF a su mobiliser des moyens organisationnels et matériels pour lutter contre la propagation du virus sur ses sites.

En matière de santé et de sécurité au travail, les contrôles de l'inspection du travail de l'ASN en 2020 ont par ailleurs 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);
- l'amélioration des conditions d'aération et de ventilation des locaux de travail.

Enfin, les inspecteurs du travail engagent systématiquement des enquêtes en cas d'accident grave ou de presque accident grave.

#### Sous-traitance et prestations de service internationales

Des actions ont été menées en 2020 en matière de contrôle des déclarations et des conditions de détachement des salariés d'entreprises étrangères, notamment sur le site en démantèlement de Chooz.

Plusieurs enquêtes relatives au transfert de contrats de travail, ont par ailleurs été conduites lors du changement de prestataires sur les sites.

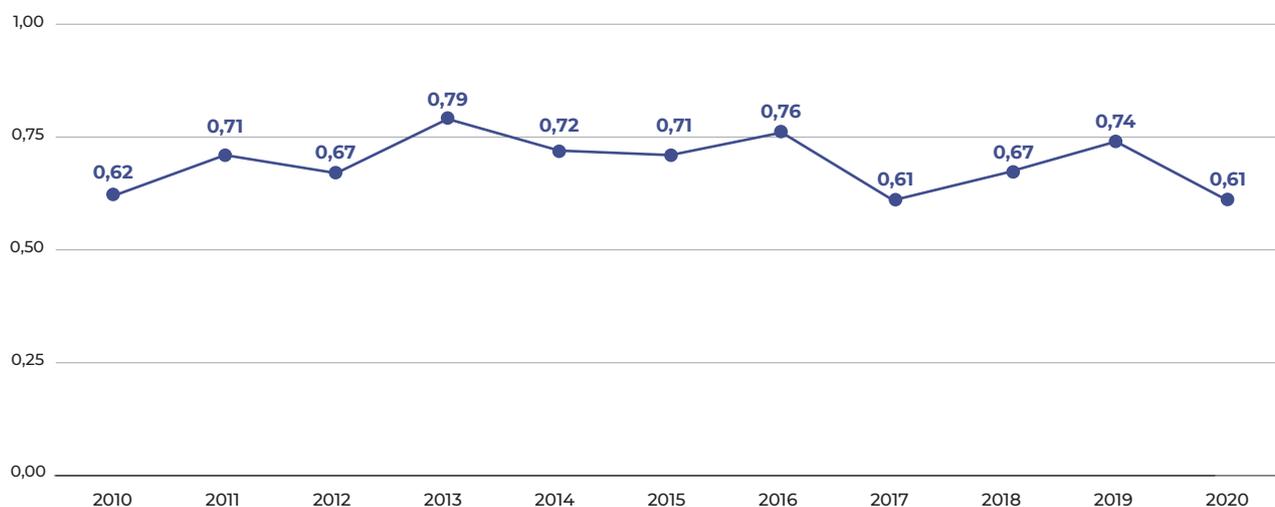
#### Procédures pénales et administratives engagées

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 2020, à l'ouverture de dix procédures pénales à l'encontre d'EDF ou d'entreprises prestataires en matière de non-conformités d'équipements de protection individuelle adaptés, de fonctionnement des instances représentatives du personnel ou de détachement de salariés d'entreprises étrangères. 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 qui ont le pouvoir de prononcer les sanctions en ce domaine.

#### GRAPHIQUE 5

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



Ce graphique intègre les données de radioprotection de la centrale nucléaire de Fessenheim.

Source : EDF.

## 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, telles que les risques liés aux équipements de travail et particulièrement aux appareils de levage, les risques d'explosion et d'incendie et les risques électriques, sont toujours préoccupantes et doivent significativement s'améliorer. EDF a cependant mis en place des moyens pour résorber ces situations. L'inspection du travail constate par ailleurs encore des situations ponctuelles de non-prise en compte 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 coactivité (qualité des plans de prévention notamment), du recours à la sous-traitance et des situations de détachement de salariés étrangers.

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

À la suite de l'[accident de la centrale nucléaire de Fukushima](#), l'ASN a adopté un ensemble de [décisions en date du 5 mai 2011](#) demandant aux exploitants d'installations nucléaires importantes de procéder à des [ECS](#).

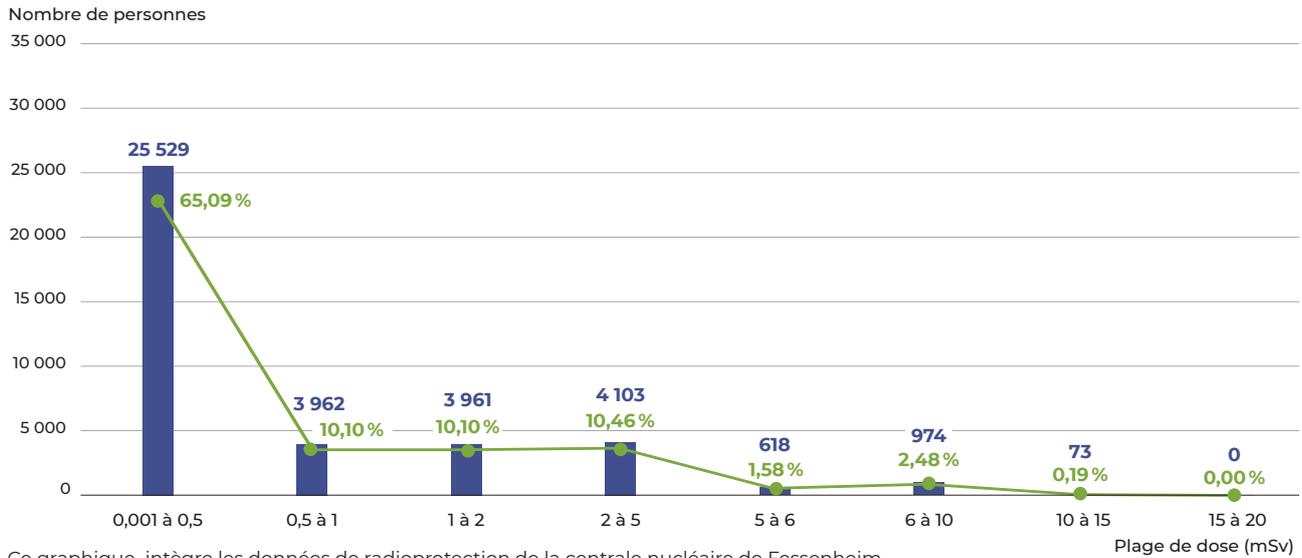
Les conclusions de ces ECS ont fait l'objet d'une [position de l'ASN le 3 janvier 2012](#), qui a elle-même fait l'objet d'un examen par des pairs européens, en avril 2012, dans le cadre des «[stress tests](#)» européens (tests de résistance de sûreté).

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;

GRAPHIQUE 6

Nombre et pourcentage d'intervenants par plage de dose (en mSv) sur l'année 2020

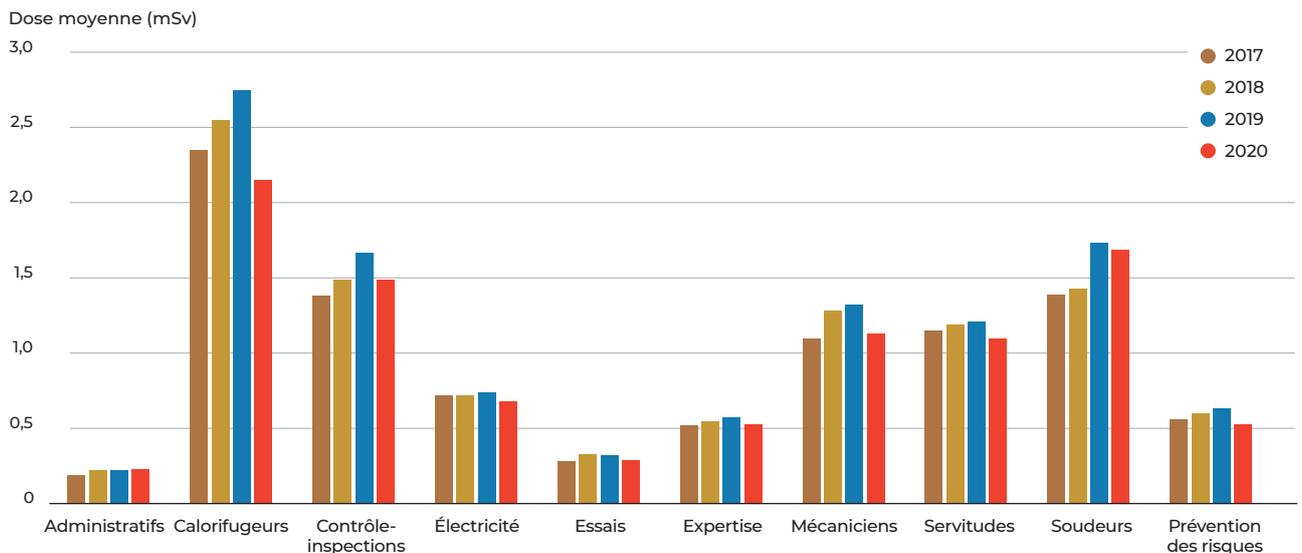


Ce graphique intègre les données de radioprotection de la centrale nucléaire de Fessenheim.

Source : EDF.

GRAPHIQUE 7

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



Ce graphique intègre les données de radioprotection de la centrale nucléaire de Fessenheim.

Source : EDF.

- 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.

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 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 pour leur construction, d'aléas rencontrés au cours des essais de mise en service et des difficultés résultant des mesures spécifiques mises en œuvre pour limiter la propagation de la pandémie de Covid-19, l'ASN a décidé en 2019, puis en 2020, de modifier les échéances de mise en service de ces DUS. L'ASN a assorti ce rééchelonnement, qui s'étend jusqu'au 28 février 2021, de prescriptions relatives au renforcement de la robustesse des sources électriques existantes. Fin 2020, 54 des 56 DUS avaient été mis en service par EDF ;
- la mise en place d'une source d'eau ultime. Au 31 décembre 2020, EDF a mis en place les sources d'eau ultime des [réacteurs 1 et 2 du site de Flamanville](#), du [réacteur 2 du site du Bugey](#) et du [réacteur 1 du site de Tricastin](#). EDF a par ailleurs engagé la mise en place de celles des autres sites et prévoit un achèvement des travaux entre 2021 et 2023 selon les sites ;
- 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 et l'a mis en service en 2020. Pour les autres sites, EDF prévoit un achèvement des travaux entre 2022 et 2026 selon les sites.

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](#) et sur le réacteur 2 de la centrale nucléaire du [Bugey](#) lors de leur 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 en eau de secours des générateurs de vapeur

et de l'appoint ultime en eau à la piscine d'entreposage 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'une disposition ultime de refroidissement de l'enceinte de confinement, afin d'éviter l'ouverture de l'évent filtré de cette enceinte en cas d'accident grave ;
- la mise en place de dispositions visant à stabiliser le corium sur le radier, en cas d'accident avec fusion du cœur et percée de la cuve.

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.

## 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 56 réacteurs en fonctionnement, calculée à partir des dates de première divergence, se répartit comme suit :

- 38 ans pour les 32 réacteurs électronucléaires de 900 MWe ;
- 33 ans pour les 20 réacteurs électronucléaires de 1 300 MWe ;
- 23 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 réacteur donné (réacteur de 900 MWe, de 1 300 MWe ou

de 1450 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 conclusion 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 conclusion 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<sup>e</sup> 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 [vieillessement](#). 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, etc. Ces dégradations sont généralement prises en compte dès la conception et la fabrication des installations, puis dans un programme de surveillance et de maintenance préventive, voire de réparation ou de remplacement si nécessaire.

#### La durée de vie des équipements irremplaçables

Les équipements irremplaçables, tels que la cuve (voir point 2.2) et l'enceinte de confinement (voir point 2.3), font l'objet d'une étroite surveillance afin de vérifier que leur vieillissement est conforme à celui anticipé et que leurs caractéristiques mécaniques restent dans des limites en permettant un comportement satisfaisant.

#### L'obsolescence des équipements ou de leurs composants

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

#### Le processus de maîtrise du vieillissement des réacteurs électronucléaires

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

- anticiper le vieillissement dès la conception : à la conception et lors de la fabrication des composants, le choix des matériaux et les dispositions d'installation doivent être adaptés aux conditions d'exploitation prévues et tenir compte des cinétiques de dégradation connues ou supposées ;
- surveiller l'état réel de l'installation : au cours de l'exploitation, d'autres phénomènes de dégradation que ceux prévus à la conception peuvent être découverts. Les programmes d'essais périodiques et de maintenance préventive, les programmes d'investigations complémentaires ou encore l'examen du retour d'expérience (voir points 2.4.3, 2.4.4, 2.4.7, 2.4.8 et 2.6.1) doivent permettre de détecter ces phénomènes de manière suffisamment anticipée ;
- réparer, rénover ou remplacer les équipements : compte tenu des contraintes d'exploitation que de telles opérations de maintenance courante ou exceptionnelle sont susceptibles de créer, surtout lorsqu'elles ne sont réalisables qu'en période d'arrêt des réacteurs électronucléaires, EDF doit chercher à les anticiper pour tenir compte des délais d'approvisionnement des nouveaux composants, du temps de préparation et de réalisation de l'intervention, des risques d'obsolescence de composants et de perte de compétences techniques des intervenants.

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

Cette méthodologie comporte une première phase générique qui vise à se prononcer sur la prise en compte du vieillissement pour un ensemble de réacteurs similaires. Dans un 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.

## Chronologie de première divergence des réacteurs électronucléaires français

Date de 1 <sup>re</sup> 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.

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 leur troisième réexamen périodique. 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 2021, 33 des 34 réacteurs de 900 MWe avaient effectué leur troisième réexamen périodique et ont intégré les améliorations issues du réexamen périodique.

L'ASN a, par ailleurs, transmis en 2020 au ministre chargé de la sûreté nucléaire son analyse du [rapport de conclusion du réexamen du réacteur 4 de la centrale nucléaire du Tricastin](#). Sur la base de cette analyse, l'ASN n'a pas identifié d'élément mettant en cause la capacité d'EDF à maîtriser la sûreté de 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 intervenu en 2020. Ces deux réacteurs font 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 de l'ASN sur la phase générique du réexamen*

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 a finalisé en 2020, 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 (voir point 2.2.4) ;
- 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 a sollicité 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 pris position, au début de l'année 2021, sur les conditions de la poursuite de fonctionnement des réacteurs (voir Faits marquants).

#### *2020 : l'année de la remise du rapport de conclusion du réexamen du premier réacteur*

Le réacteur 1 de la centrale nucléaire du [Tricastin](#) et le réacteur 2 de la Bugey ont effectué leur quatrième visite décennale respectivement en 2019 et 2020. Cette visite constitue une étape majeure de leur quatrième réexamen périodique. Pendant ces arrêts, EDF a réalisé une partie importante des contrôles attendus et a déployé la majeure partie des améliorations de sûreté associées au réexamen. L'ASN prendra position sur la poursuite de fonctionnement du réacteur 1 de la centrale nucléaire du [Tricastin](#) 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 a remis en février 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 a consulté également le public fin 2020 sur son projet de décision prescrivant les conditions de la poursuite de fonctionnement de ces réacteurs. 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 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 de formuler en 2021 des demandes complémentaires applicables à tous les réacteurs de 1300 MWe, visant à renforcer leur sûreté.

Les réacteurs des centrales nucléaires de [Flamanville](#), [Saint-Alban](#), [Paluel](#), [Belleville-sur-Loire](#), [Nogent-sur-Seine](#), ainsi que les réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de [Cattenom](#) ont réalisé leur troisième visite décennale entre 2015 et 2020. Les troisièmes visites décennales des autres réacteurs de 1300 MWe se dérouleront 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, après consultation du [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.

En 2020, l'ASN a lancé les premières expertises réalisées dans le cadre de la phase générique de ce réexamen périodique. Elles ont notamment porté sur les méthodes qui seront employées lors de ce réexamen pour les études de certains accidents.

EDF réalisera la première visite décennale associée à ce réexamen en 2026.

#### **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 et a considéré 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 deuxièmes réexamens périodiques des réacteurs de 1450 MWe.

L'instruction de la phase générique de ce réexamen périodique devrait se conclure en 2021 et l'ASN prévoit de prendre position sur cette phase générique à la fin de l'année 2021.

Les réacteurs B1 et B2 de la centrale nucléaire de [Chooz](#) ont réalisé leur deuxième visite décennale en 2019 et 2020. Les visites décennales des deux réacteurs de Civaux se termineront en 2022.

### La maîtrise du vieillissement

Dans la perspective de la poursuite du fonctionnement des réacteurs de 900 MWe au-delà de leur quatrième réexamen périodique, 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 non remplaçables, tels que la cuve du réacteur (voir point 2.2) et son enceinte de confinement (voir point 2.3), ainsi que 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. Elle 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 globalement satisfaisants. Néanmoins, l'ASN a relevé des faiblesses concernant le traitement du retour d'expérience, l'anticipation des décisions à prendre, le délai de traitement de certaines analyses génériques du vieillissement et l'appropriation par les différentes centrales nucléaires de la démonstration de l'aptitude à la poursuite du fonctionnement.

Enfin, l'ASN considère que, sans retarder leur démantèlement, l'arrêt définitif des réacteurs de la centrale nucléaire de Fessenheim doit être mis à profit pour vérifier l'absence de phénomènes de dégradation ou de vieillissement non prévus, en particulier sur des parties difficilement accessibles des installations.

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. Le plan d'action national élaboré pour répondre aux conclusions de cette revue a été mis en œuvre en 2020, notamment en ce qui concerne la prise en compte des spécificités des sites dans leur programme local de maîtrise du vieillissement et les inspections des tuyauteries enterrées. L'ASN attend de la part d'EDF début 2021 des éléments sur le programme de maîtrise du vieillissement pendant les phases de construction longues des nouvelles installations et des périodes d'arrêt prolongé de réacteur.

## 2.11 L'EPR de Flamanville

L'EPR est un REP qui s'appuie sur une conception en évolution par rapport à celle des réacteurs actuellement en fonctionnement en France. Il répond aux objectifs de sûreté renforcés suivants : réduction du nombre d'événements significatifs, limitation des rejets, réduction du volume et de l'activité des déchets, réduction des doses individuelles et collectives reçues par les travailleurs (en fonctionnement normal et en situation d'incident), réduction de la fréquence globale de fusion du cœur en tenant compte de tous les types de défaillances et d'agressions et réduction des conséquences radiologiques des accidents.

Après une période d'une dizaine d'années sans construction de réacteur nucléaire en France, EDF a déposé en mai 2006, auprès des ministres chargés de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, une demande d'autorisation de création d'un réacteur de type EPR, d'une puissance de 1650 MWe, sur le site de Flamanville, déjà équipé de deux réacteurs de 1300 MWe.

Le Gouvernement en a autorisé la création par le [décret n° 2007-534 du 10 avril 2007](#), après un avis favorable rendu par l'ASN à l'issue de l'instruction. Ce décret a été modifié en 2017 et en 2020 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.

EDF prévoit le chargement du combustible et le démarrage du réacteur en 2022. Ce délai prend en compte le temps nécessaire d'une part aux réparations de certaines soudures des circuits secondaires principaux, 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. Des éléments restaient 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. Enfin, en 2020, l'ASN a précisé les compléments supplémentaires à apporter au dossier de demande d'autorisation de mise en service pour que ce dossier intègre les conclusions des instructions techniques réalisées.

#### L'autorisation de mise en service partielle pour l'arrivée du combustible

EDF a adressé une demande de mise en service partielle de l'installation pour l'arrivée du combustible sur site, afin de pouvoir réceptionner et entreposer de manière sûre les assemblages de combustible qui seraient utilisés pour le fonctionnement futur. Cette mise en service partielle est l'une des étapes préalables à la mise en service du réacteur EPR de Flamanville, mais ne préjuge pas de cette dernière, objet d'une instruction distincte. Après instruction du dossier de demande et des compléments demandés en cours d'instruction, et après consultation du public, l'ASN a autorisé le 8 octobre 2020 cette mise en service partielle.

### 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 du réacteur EPR de Flamanville sont multiples pour l'ASN. Il s'agit :

- de contrôler de manière proportionnée aux enjeux la qualité d'exécution des activités de fabrication des équipements, de construction de l'installation, 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, etc.), 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 chargées du fonctionnement de l'installation après sa mise en service.

Pour cela, l'ASN a fixé des prescriptions relatives à la conception, à la construction et aux essais de démarrage du réacteur EPR de Flamanville et à l'exploitation des réacteurs 1 et 2 existants à proximité du chantier. 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 électronucléaire, l'ASN est également chargée de l'inspection du travail sur le chantier de

la construction. Enfin, l'ASN assure le contrôle de la fabrication des ESPN qui feront partie des circuits primaire et secondaires de la chaudière nucléaire. Les principales actions menées par l'ASN en 2020 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 2020, 13 inspections d'EDF.

Dans ses activités de contrôle du chantier, l'ASN a porté en 2020 une attention particulière aux sujets suivants :

- la préparation et la réalisation des premières opérations de réparations des [soudures des tuyauteries principales](#) d'évacuation de la vapeur. En particulier, l'ASN a mené des contrôles sur l'élaboration de la documentation associée, sur la gestion des compétences des intervenants et des chargés de surveillance de ces opérations et vérifié le respect des conditions opératoires pour le soudage ;
- 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 ;
- la préparation à la mise en service partielle en vue de l'arrivée de combustible nucléaire dans le périmètre de l'installation et l'exploitation de l'installation après cette mise en service partielle. L'ASN a également mené un contrôle sur le transport des assemblages de combustible neufs ;
- l'application de la stratégie de conservation, de maintenance et d'essais jusqu'à la mise en service du réacteur des équipements et des structures présents sur le chantier. 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 ;
- la protection de l'environnement et plus particulièrement les suites des inspections renforcées réalisées sur le sujet en 2019 ;
- la radioprotection des travailleurs dans le cadre des contrôles radiographiques de soudures.

#### Le contrôle des activités d'ingénierie liées au réacteur EPR de Flamanville

En 2020, l'ASN a réalisé deux inspections des services d'ingénierie d'EDF sur la réalisation des activités importantes pour la protection, et sur leur surveillance lorsqu'elles sont réalisées par des intervenants extérieurs. Ces inspections ont été effectuées sur les lieux de réalisation de ces activités.

Ainsi, en janvier 2020, l'ASN a réalisé une inspection dans les locaux de Framatome, où est développé le logiciel du système de protection du réacteur. Lors de cette inspection, l'ASN a examiné la gestion des compétences, ainsi que les processus de gestion des modifications et de gestion des écarts.

Par ailleurs, en octobre 2020, l'ASN a mené une inspection dans les locaux d'Edvance, où elle a examiné les processus d'élaboration et de gestion de la documentation relative à la conduite incidentelle et accidentelle.

#### 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 2020 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 de demandes de dérogation à des dispositions relevant de la réglementation du travail.

## Autorisation pour la réception et l'entreposage de combustible nucléaire sur le site du réacteur EPR de Flamanville



Arrivée de combustible nucléaire sur le site du réacteur EPR de Flamanville

Le 8 octobre 2020, l'ASN a autorisé l'arrivée de combustible nucléaire sur le site du réacteur EPR de Flamanville. Depuis, EDF a réceptionné les premiers assemblages de combustible et les a entreposés dans la piscine du bâtiment prévu à cette fin.

L'ASN a réalisé une inspection sur le site de Flamanville les 18 et 19 août 2020 afin d'évaluer la préparation de l'exploitant pour les opérations de réception, de manutention et d'entreposage du combustible neuf.

Les vérifications effectuées lors de cette inspection ont montré un état de l'installation et un niveau de préparation de l'exploitant satisfaisants pour l'arrivée de combustible sur site.

La réception et l'entreposage du combustible neuf présentent des risques de dispersion de substances radioactives en cas de chute d'un assemblage lors de sa manutention. L'ASN considère que les dispositions prises par EDF pour prévenir ce scénario accidentel et limiter ses conséquences sont satisfaisantes.

L'ASN a également autorisé l'utilisation de gaz radioactifs pour réaliser des essais d'efficacité de certains dispositifs de filtration.

Cette autorisation est l'une des étapes préalables à la mise en service du réacteur EPR de Flamanville. La mise en service de l'installation, c'est-à-dire le chargement du combustible dans la cuve du réacteur, reste soumise à l'autorisation de l'ASN.

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

### Le contrôle de la conception et de la fabrication des ESPN du réacteur EPR de Flamanville

Au cours de l'année 2020, l'ASN a poursuivi l'évaluation de la conformité de la conception des ESPN des circuits primaire et secondaires principaux.

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

En ce qui concerne le contrôle de la fabrication des ESPN, les actions menées par l'ASN en 2020 ont principalement porté sur la préparation et la réalisation des opérations de réparation des [soudures des tuyauteries principales](#) d'évacuation de la vapeur soumises au référentiel d'exclusion de rupture (voir encadré).

L'ASN a également poursuivi 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](#).

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 précédentes, l'ASN a délivré les toutes premières attestations, dont celle de la cuve du réacteur. L'évaluation de la conformité des autres ESPN ou ensembles nucléaires de niveau N1 se poursuivra en 2021.

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

L'ASN considère que la conception du réacteur EPR de Flamanville devrait permettre d'atteindre les objectifs de sûreté ambitieux fixés pour les réacteurs de troisième génération. Elle devrait ainsi permettre une réduction significative de la probabilité de fusion du cœur et des rejets radioactifs en cas d'accident par rapport aux réacteurs de deuxième génération. En particulier, la conception du réacteur EPR inclut des systèmes de gestion des accidents graves et est résistante à des niveaux extrêmes d'agression externe. Cette conception n'a nécessité que des évolutions marginales pour prendre en compte les enseignements de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima.

### Soudures des tuyauteries secondaires principales du réacteur EPR de Flamanville



Mise en œuvre du procédé TIG orbital – soudure sur le circuit secondaire principal

Les soudures des tuyauteries secondaires principales du réacteur EPR de Flamanville nécessitent d'importantes réparations. La majorité de ces soudures sont situées sur les tuyauteries de vapeur principales, qui font l'objet d'une démarche dite « d'exclusion de rupture », qui suppose des propriétés mécaniques et un niveau de qualité de fabrication particulièrement élevés.

Huit de ces soudures sont situées au niveau de l'espace entre les deux parois de l'enceinte de confinement du bâtiment du réacteur. Les conditions d'accès difficiles ont nécessité le développement de moyens particuliers d'intervention et la qualification de procédés spécifiques de soudage, de contrôle et de traitement thermique. L'ASN a engagé en 2020 l'examen des qualifications de ces différents procédés et prendra position sur l'engagement des opérations de soudage début 2021.

La majorité des autres soudures des tuyauteries de vapeur principales à réparer, au nombre d'environ 50, est située dans un environnement ne présentant pas de difficulté d'accès. L'ASN a engagé en 2020 l'examen de la qualification des procédés de réparation. EDF a pu engager la réparation de sept soudures à partir de l'été 2020. L'ASN est attentive à ce que le nombre de réparations réalisées en parallèle soit compatible avec l'organisation de la surveillance du chantier. Ces travaux se poursuivront jusqu'en 2022.

En parallèle, EDF a évalué la qualité des autres soudures, en particulier des tuyauteries d'eau alimentaire des générateurs de vapeur. Ce travail a conduit EDF à décider de réparer une dizaine de soudures supplémentaires. L'ASN prendra position sur le périmètre des soudures à réparer lorsque l'ensemble des justifications aura été apporté par EDF.

Toutefois, plusieurs sujets techniques importants sont encore en cours d'instruction. C'est en particulier le cas de la conception des soupapes de sécurité du circuit primaire, des règles générales d'exploitation qui seront applicables à partir de la mise en service et de la prise en compte des enseignements de la mise en service des premiers réacteurs EPR à l'étranger.

Par ailleurs, le contrôle de la construction a régulièrement mis en évidence des défauts de qualité de réalisation, qui ont nécessité des actions correctives et ont conduit EDF à réaliser des vérifications complémentaires qui font l'objet d'échanges avec l'ASN. L'ASN considère qu'EDF doit compléter le programme des contrôles complémentaires prévus dans le cadre de la revue de qualité des matériels autres que les équipements sous pression.

EDF a réalisé la plupart des essais nécessaires avant le démarrage de l'installation. L'analyse approfondie des résultats permettra de vérifier que l'installation telle que réalisée respecte la démonstration de sûreté.

## 2.12 Les études sur les réacteurs du futur

### Le réacteur 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 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. En 2020, des compléments d'information ont été apportés sur ces sujets par EDF. Leur instruction est en cours.

### Petits réacteurs modulaires

Plusieurs projets de « petits réacteurs modulaires » (*Small Modular Reactors – SMR*) 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 Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (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.

### 3. Perspectives

En 2021, les actions de l'ASN dans le domaine du contrôle des centrales nucléaires porteront plus particulièrement sur les thèmes suivants.

#### Les réexamens périodiques

Après avoir pris position sur les conditions génériques de la poursuite de fonctionnement des réacteurs de 900 MWe au-delà de leur quatrième réexamen périodique, l'ASN instruira les rapports de conclusion de réexamen des premiers réacteurs concernés.

L'ASN poursuivra par ailleurs l'instruction de la phase générique du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe.

#### 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 2021, 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.

En particulier, l'ASN sera également particulièrement vigilante à la bonne réalisation par EDF du programme de contrôle de la conformité des installations lors des quatrième visites décennales de plusieurs réacteurs de 900 MWe.

#### 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 » (*Generation IV International Forum* – GIF). 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.

#### Le contrôle du réacteur EPR de Flamanville

L'ASN poursuivra le contrôle de la préparation des différents documents supports à l'exploitation, des actions de conservation des équipements et des conditions de préparation et de réalisation des réparations des soudures des circuits secondaires. Les contrôles des inspecteurs de la sûreté nucléaire resteront à un niveau soutenus.

L'ASN poursuivra l'instruction de la demande d'autorisation de mise en service, instruira le bilan des essais de démarrage et poursuivra l'évaluation de la conformité des ESPN les plus importants pour la sûreté.

#### Le contrôle des équipements sous pression nucléaires

Ces dernières années, le contrôle des ESPN a été marqué par plusieurs événements majeurs : la mise en évidence des problématiques liées à la ségrégation du carbone dans certains composants forgés, 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 de problèmes de maîtrise de la qualité des soudures du réacteur EPR de Flamanville et de traitement thermique des soudures de GV.

L'ASN conduira en 2021 les actions de contrôle associées à ces événements et poursuivra, par ailleurs, le travail visant à prévenir le renouvellement de telles problématiques.