

## **1. Généralités sur les centrales nucléaires 334**

- 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 338**

- 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 (ESPN)
  - 2.2.2 L'évaluation de la conception et de la fabrication des ESPN
  - 2.2.3 Le contrôle de l'exploitation des équipements sous pression
  - 2.2.4 L'évaluation des équipements sous pression en exploitation
- 2.3 **Les enceintes de confinement**
  - 2.3.1 Le contrôle des enceintes de confinement
  - 2.3.2 L'évaluation de l'état des enceintes de confinement
- 2.4 **La prévention et la maîtrise des risques**
  - 2.4.1 Le contrôle de l'élaboration et de l'application des règles générales d'exploitation
  - 2.4.2 L'évaluation de l'exploitation des réacteurs
  - 2.4.3 Le contrôle de la maintenance des installations
  - 2.4.4 L'évaluation de la maintenance
  - 2.4.5 La prévention des effets des agressions internes et externes
  - 2.4.6 L'évaluation de la maîtrise des risques liés aux agressions
  - 2.4.7 Le contrôle de la conformité des installations aux exigences
  - 2.4.8 L'évaluation de la conformité des installations aux exigences
- 2.5 **La prévention et la maîtrise de l'impact environnemental et sanitaire**
  - 2.5.1 Le contrôle des rejets et de la gestion des déchets
  - 2.5.2 La prévention des impacts sanitaires et des pollutions des sols
  - 2.5.3 L'évaluation de la maîtrise des nuisances et de l'impact sur l'environnement
- 2.6 **La prévention et la maîtrise des risques liés aux organisations**
  - 2.6.1 Le contrôle du fonctionnement des organisations
  - 2.6.2 L'évaluation du fonctionnement des organisations et de la maîtrise des activités
- 2.7 **La radioprotection des personnels**
  - 2.7.1 Le contrôle de la radioprotection des personnels
  - 2.7.2 L'évaluation de la radioprotection des personnels
- 2.8 **Le droit du travail dans les centrales nucléaires**
  - 2.8.1 Le contrôle du droit du travail dans les centrales nucléaires
  - 2.8.2 L'évaluation de la santé et de la sécurité, des relations professionnelles et de la qualité de l'emploi dans les centrales nucléaires

## **2.9 Le retour d'expérience de l'accident de 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 La maîtrise du processus de réexamen par EDF

## **2.11 L'EPR de Flamanville**

- 2.11.1 Les étapes jusqu'à la mise en service de l'EPR de Flamanville
- 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 3 de Flamanville
- 2.11.4 La coopération avec les autorités de sûreté nucléaire étrangères

## **2.12 Les études sur les réacteurs du futur**

## **3. Perspectives**

376

Les centrales  
nucléaires  
d'EDF

12

**L**es 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 présente aussi un risque accru en cas de détection d'un défaut générique de conception, de fabrication ou de maintenance sur l'une de ces installations. L'ASN exige donc d'EDF une forte réactivité dans l'analyse du caractère générique de ces défauts et de leurs conséquences pour la protection des personnes et de l'environnement. L'année 2017, marquée par plusieurs événements génériques importants, a une fois de plus illustré les enjeux et les risques que présente cette standardisation.

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

L'ASN développe une approche intégrée du contrôle des installations. L'ASN intervient à tous les stades de la vie des réacteurs électronucléaires, depuis leur conception jusqu'à leur démantèlement puis 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 proportionner son action en conséquence. La vision intégrée qui en résulte permet à l'ASN d'affiner son appréciation et de prendre position chaque année sur l'état de la sûreté nucléaire, de la radioprotection et de l'environnement des centrales nucléaires.

## 1. Généralités sur les centrales 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 qui est dégagée par la fission d'atomes d'uranium ou de plutonium. La chaleur produite dans le réacteur permet de vaporiser de l'eau. La vapeur est ensuite détendue dans une turbine qui entraîne un alternateur générant un courant électrique triphasé d'une tension de 400 000 V. La vapeur, après détente, passe dans un condenseur où elle est refroidie au contact de tubes dans lesquels circule de l'eau froide provenant de la mer, d'un cours d'eau (fleuve, rivière) ou d'un circuit de réfrigération atmosphérique. L'eau condensée est réutilisée dans le cycle de production de vapeur.

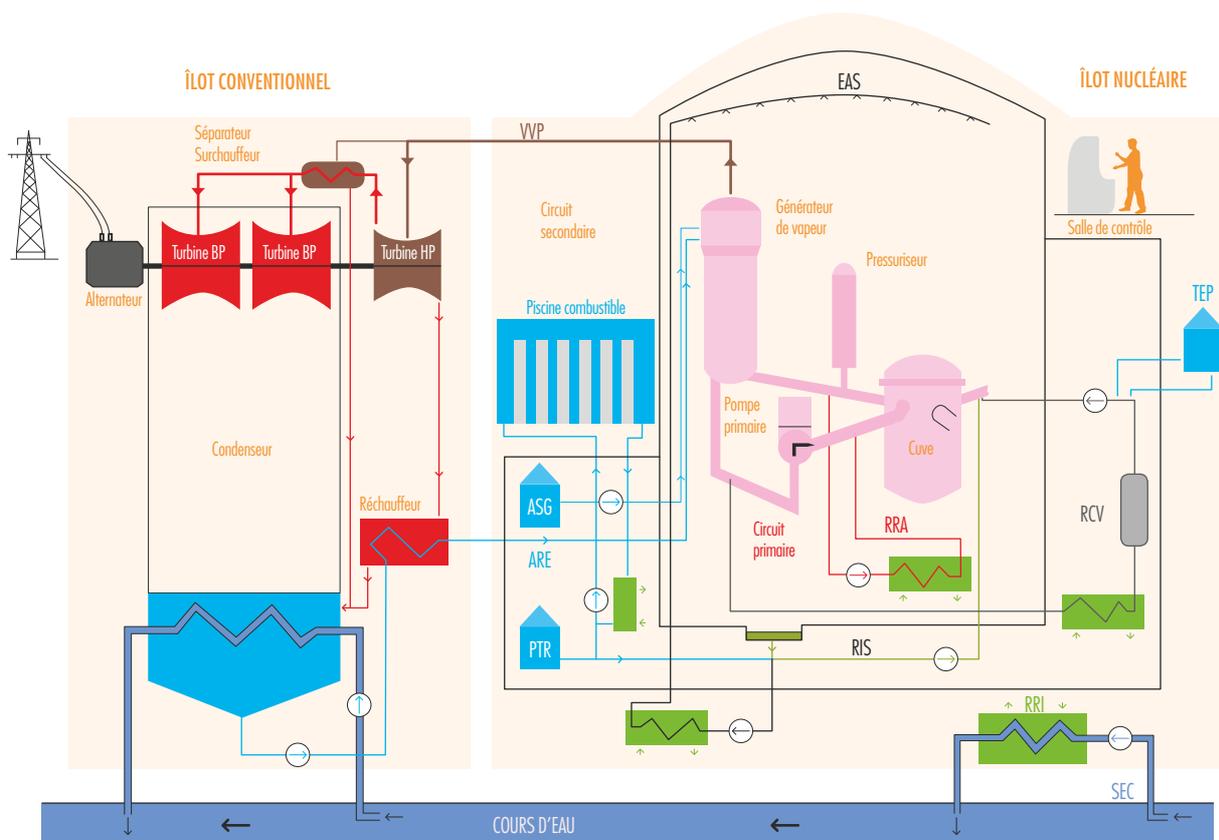
Chaque réacteur comprend un îlot nucléaire, un îlot conventionnel, des ouvrages de prise et de rejet d'eau et éventuellement un aéroréfrigérant.

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

L'îlot nucléaire comprend également les systèmes d'évacuation de la vapeur (vanne d'arrêt vapeur – VVP) vers l'îlot conventionnel, ainsi que le bâtiment abritant la piscine d'entreposage et de refroidissement du combustible (BK). Ce bâtiment, attenant au bâtiment réacteur, sert pour l'entreposage des assemblages combustibles neufs et usagés. Le combustible est maintenu immergé dans les alvéoles placées dans la piscine. L'eau de celle-ci, mélangée à de l'acide borique, sert, d'une part, à absorber les neutrons émis par les noyaux des éléments fissiles, pour éviter d'entretenir une fission nucléaire, d'autre part, d'écran radiologique.

L'îlot conventionnel comprend notamment la turbine, l'alternateur et le condenseur. Certains composants de ces matériels participent

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



Turbine BP ou HP : pour basse pression ou haute pression  
 VVP : systèmes d'évacuation de la vapeur  
 ASG : circuit d'eau alimentaire de secours des générateurs de vapeur  
 ARE : circuit de régulation du débit d'eau alimentaire  
 PTR : circuit de réfrigération et de purification de l'eau des piscines  
 EAS : circuit d'aspersion dans l'enceinte du bâtiment réacteur

RRA : système de refroidissement du réacteur à l'arrêt  
 RIS : circuit d'injection de sécurité  
 TEP : circuit de traitement des effluents primaires  
 RCV : système de contrôle chimique et volumétrique du réacteur  
 RRI : circuit de réfrigération intermédiaire  
 SEC : circuit d'eau brute secourue

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 d'éléments absorbant les neutrons au sein des crayons combustibles, qui compensent en début de cycle l'excès de réactivité du cœur après le renouvellement partiel du combustible.

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

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

- des combustibles à base d'oxyde d'uranium (UO<sub>2</sub>) enrichi en uranium-235, à 4,5 % au maximum. Ces combustibles sont fabriqués dans plusieurs usines, françaises et étrangères, par Areva NP et Westinghouse ;
- des combustibles constitués par un mélange d'oxydes d'uranium appauvri et de plutonium (MOX). Le combustible MOX

est produit par l'usine Melox d'Areva NC. 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  $UO_2$  enrichi à 3,7 % en uranium-235. Ce combustible peut être utilisé dans les 28 réacteurs de 900 MWe dont les décrets d'autorisation de création (DAC) prévoient l'utilisation de combustible au plutonium.

EDF a standardisé le mode d'utilisation du combustible dans ses réacteurs, dénommé « gestion de combustible ». Une gestion de combustible, qui concerne des réacteurs similaires, est caractérisée notamment par :

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

### 1.3 Le circuit primaire et les circuits secondaires

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

Le circuit primaire est composé de boucles de refroidissement (au nombre de trois pour un réacteur de 900 MégaWatt (MWe) et de quatre pour un réacteur de 1 300 MWe, de 1 450 MWe ou pour un réacteur de 1 650 MWe de type EPR). Le rôle du circuit primaire est d'extraire la chaleur dégagée dans le cœur par circulation d'eau sous pression, dite eau primaire ou réfrigérant

primaire. Chaque boucle, raccordée à la cuve du réacteur qui contient le cœur, comprend une pompe de circulation, dite pompe primaire, et un générateur de vapeur. 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.

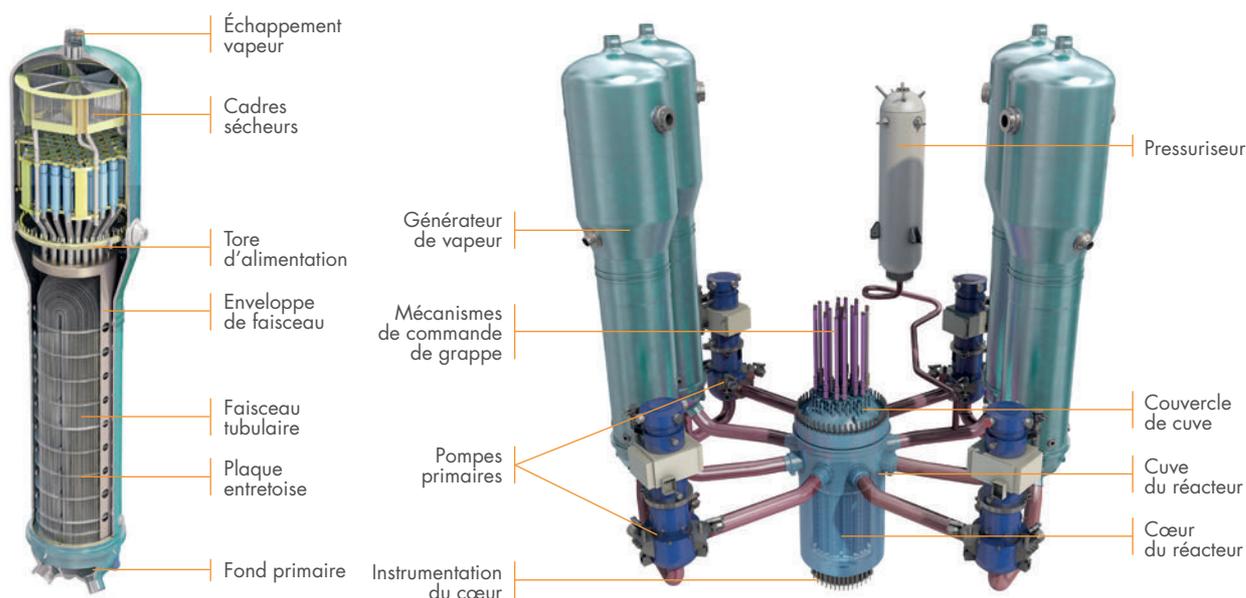
L'eau du circuit primaire cède sa chaleur à l'eau des circuits secondaires dans les générateurs de vapeur. Les générateurs de vapeur sont des échangeurs de chaleur qui contiennent, selon le modèle, de 3 500 à 5 600 tubes dans lesquels circule l'eau primaire. Ces tubes baignent dans l'eau du circuit secondaire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

Chaque circuit secondaire est constitué principalement d'une boucle fermée parcourue par de l'eau sous forme liquide dans une partie, et sous forme de vapeur dans l'autre partie. La vapeur, produite dans les 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 réchauffée et renvoyée vers les générateurs de vapeur par des pompes d'extraction relayées par des pompes alimentaires à travers des réchauffeurs.

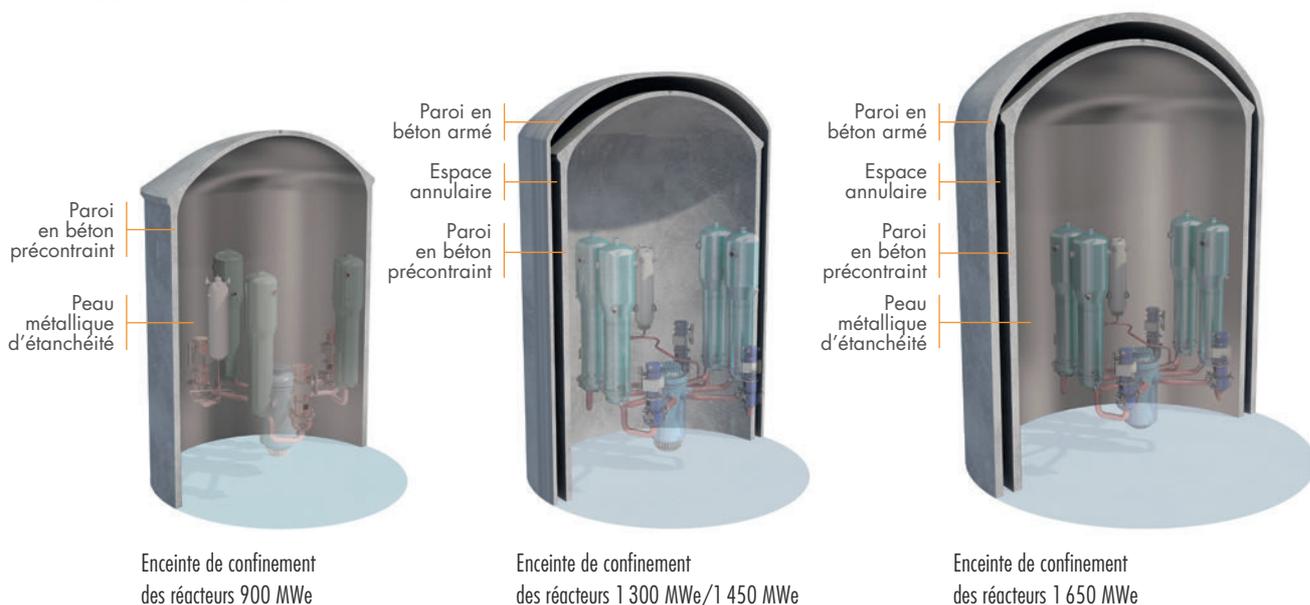
### 1.4 Le circuit de refroidissement du circuit secondaire

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

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



## ENCEINTES de confinement des réacteurs



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

### 1.5 L'enceinte de confinement

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

- le confinement des substances radioactives susceptibles d'être dispersées en cas d'accident ; à cette fin, les enceintes ont été conçues pour résister aux températures et pressions qui résulteraient de l'accident de perte de réfrigérant primaire le plus sévère et 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 la collecte et la filtration, entre les deux parois, avant rejet des fuites résiduelles de la paroi interne. 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 pression et la température dans l'enceinte de confinement en cas de fuite importante du circuit primaire ;
- le circuit d'alimentation de secours des générateurs de vapeurs (ASG), qui intervient pour alimenter en eau les GV en cas de perte du système d'alimentation normal, et ainsi permettre l'évacuation de la chaleur du circuit primaire. Ce système est également utilisé en fonctionnement normal, lors des phases d'arrêt ou de redémarrage du réacteur.

### 1.7 Les autres systèmes importants pour la sûreté

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

- le circuit de réfrigération intermédiaire (RRI) qui assure le refroidissement d'un certain nombre d'équipements nucléaires. Ce circuit fonctionne en boucle fermée entre, d'une part, les

circuits auxiliaires et de sauvegarde, 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 électrique. Les réacteurs électronucléaires français disposent de deux sources électriques externes : le transformateur de soutirage et le transformateur auxiliaire. À ces deux sources externes s'ajoutent deux sources électriques internes : les groupes électrogènes de secours à moteur diesel. Enfin, en cas de perte totale de ces sources externes et internes, chaque réacteur dispose d'un autre groupe électrogène, constitué d'un turbo-alternateur, et chaque centrale nucléaire dispose d'une source d'ultime secours, dont la nature varie selon la centrale considérée.

## 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 exploitation, EDF développe, avec les fabricants de combustible nucléaire, des améliorations à apporter aux combustibles et à leur utilisation en réacteur.

L'ASN veille à ce que chaque évolution de gestion de combustible fasse l'objet d'une démonstration spécifique de sûreté. Une évolution du combustible ou de son mode de gestion fait préalablement l'objet d'un examen par l'ASN et ne peut être mise en œuvre sans son accord. Lorsque ces évolutions sont importantes, leur mise en œuvre est encadrée par une décision de l'ASN.

Le comportement du combustible étant un élément essentiel de la sûreté du cœur en situation de fonctionnement normal ou accidentel, sa fiabilité est primordiale. Ainsi, l'étanchéité des gaines des crayons de combustible, présents à raison de plusieurs dizaines de milliers dans chaque cœur et qui constituent



Assemblage de combustible.

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 l'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 cette activité dans le circuit primaire devient trop élevée, les règles générales d'exploitation imposent l'arrêt du réacteur avant la fin de son cycle normal.

L'ASN s'assure qu'EDF recherche et analyse les causes des pertes d'étanchéité observées, en particulier au moyen d'examen des crayons non étanches afin de déterminer l'origine des défaillances et de prévenir leur réapparition. Les actions préventives et correctives peuvent concerner la conception des crayons et des assemblages, leur fabrication ou les conditions d'exploitation des réacteurs. Par ailleurs, les conditions de manutention des assemblages, de chargement et de déchargement du cœur, ainsi que la prévention de la présence de corps étrangers dans les circuits et les piscines font également l'objet de dispositions d'exploitation dont certaines participent à la démonstration de sûreté et dont le respect par EDF est vérifié par sondage par l'ASN. 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 demande à

EDF d'exploiter 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'en 2017 l'état de la première barrière de confinement, qui est constituée par la gaine du combustible, est globalement satisfaisant. L'ensemble des sites du parc électronucléaire est considéré comme ayant une gestion satisfaisante de cette thématique ou perfectible sur une minorité de points. En revanche, l'ASN relève encore la présence de corps étrangers dans le circuit primaire. L'organisation mise en place pour éviter les endommagements de combustible du fait de l'introduction de corps étrangers dans le circuit primaire reste perfectible malgré les progrès réalisés depuis 2016. En 2017, le nombre d'événements significatifs liés à la manutention de combustible reste faible et l'ASN constate une bonne implication des services concernés.

Toutefois, pour 2017, l'ASN relève les événements suivants :

- des dysfonctionnements récurrents sur le système d'instrumentation du cœur (RIC) « flux » du réacteur 2 de la centrale nucléaire de Civaux, qui font l'objet d'une attention particulière de l'ASN ;
- la récurrence d'assemblages inétanches dans les deux réacteurs de Civaux, ainsi que la détection de crayons combustibles inétanches dans certains réacteurs de Gravelines, de Cattenom et de Nogent-sur-Seine ;
- des défauts de positionnement de certaines grappes absorbantes (réacteurs du Blayais et de Golfech).

En 2017, l'ASN constate enfin des cas récurrents de blocage à la manœuvre de grappes absorbantes (réacteurs de Saint-Alban/Saint-Maurice et de Belleville-sur-Loire). Ces blocages ont conduit l'ASN à imposer des restrictions à l'exploitation ou à empêcher le redémarrage de ces réacteurs. Les investigations permettant de définir l'origine de ces blocages sont en cours.

## 2.2 Les équipements sous pression nucléaires

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

L'ASN évalue la conformité aux exigences réglementaires des ESPN les plus importants pour la sûreté, dits « de niveau N1 », qui correspondent à la cuve, aux générateurs de vapeur, au pressuriseur, aux groupes moto-pompes, aux tuyauteries ainsi qu'aux vannes et aux soupapes de sûreté.

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

Cette évaluation de la conformité concerne les équipements destinés aux nouvelles installations nucléaires (plus de 200 équipements sont concernés sur l'EPR de Flamanville) et les équipements de rechange destinés aux installations nucléaires en exploitation (générateurs de vapeur de remplacement notamment). L'ASN peut s'appuyer pour cette mission sur des organismes qu'elle habilite. Ces derniers peuvent être mandatés par l'ASN pour réaliser une partie des inspections sur les équipements de niveau N1 et sont chargés de l'évaluation de la conformité aux exigences réglementaires des ESPN moins importants pour la sûreté, dits « de niveau N2 ou N3 ». Le contrôle de l'ASN et des organismes habilités s'exerce aux différents stades de la conception et de la fabrication des ESPN. Il se traduit par un examen de la documentation technique de chaque équipement et par des inspections dans les ateliers des fabricants, ainsi que de leurs fournisseurs et sous-traitants. Cinq organismes ou organes d'inspection sont actuellement habilités par l'ASN pour l'évaluation de la conformité des ESPN : Apave SA, Asap, Bureau Veritas Exploitation, Vinçotte International et l'organe d'inspection des utilisateurs d'EDF.

## À NOTER

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

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

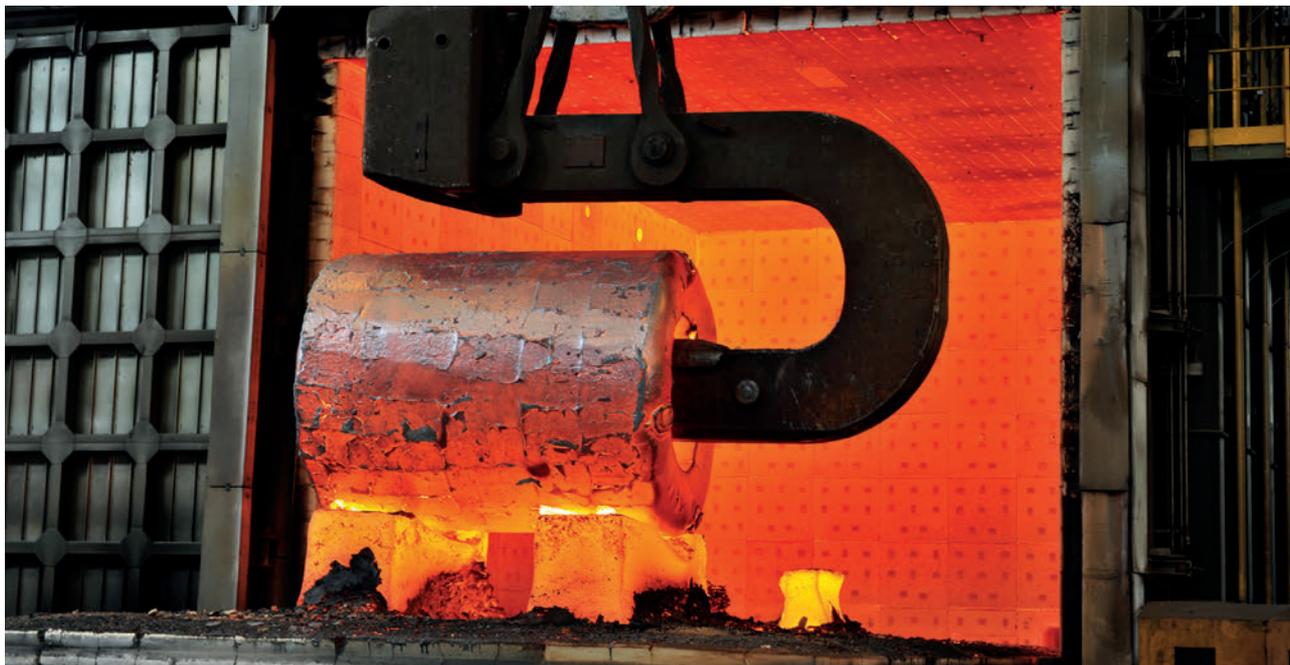
EDF devra achever sa revue au plus tard le 31 décembre 2018.

À ce jour, l'examen par l'ASN des écarts sur 12 réacteurs a conduit à des demandes de justifications complémentaires et n'a pas mis en évidence d'écart nécessitant une réparation ou un remplacement immédiat avant remise en service. Des demandes ultérieures de contrôles ou d'essais représentatifs permettant de préciser les justifications apportées pourront être formulées.

Cet examen se poursuivra sur l'année 2018 pour les autres réacteurs. Il porte en moyenne pour chaque réacteur sur plus de 50 écarts.

En lien avec cette revue, l'ASN poursuit l'instruction de l'irrégularité détectée sur une virole basse d'un générateur de vapeur du réacteur 2 de Fessenheim. La découverte de cet écart avait conduit l'ASN à suspendre le 18 juillet 2016 le certificat d'épreuve réglementaire du générateur de vapeur, maintenant de ce fait le réacteur à l'arrêt. Areva NP a transmis en juillet 2017 un dossier de justification de la tenue mécanique du composant concerné.

L'ASN réalise en lien avec son appui technique, l'IRSN, l'examen de ces éléments qui ont été présentés le 27 février 2018 au Groupe permanent d'experts pour les équipements sous pression nucléaires (GPESPN). L'ASN prévoit de prendre position au cours du premier semestre 2018.



| Fabrication d'une virole.

L'ASN et les organismes habilités ont réalisé en 2017 :

- 12 925 inspections, dont 3 136 inspections documentaires concernant la conception, pour contrôler la fabrication des ESPN destinés à l'EPR de Flamanville, ce qui a représenté 17 398 hommes.jours dans les usines des fabricants, ainsi que de leurs fournisseurs et sous-traitants ;
- 3 881 inspections, dont 999 inspections documentaires concernant la conception, pour contrôler la fabrication des équipements de rechange destinés aux réacteurs électronucléaires en exploitation, ce qui a représenté 4 404 hommes.jours dans les usines des fabricants, ainsi que de leurs fournisseurs et sous-traitants.

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

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

### Les irrégularités dans les usines de fabrication

L'année 2017 a été marquée par l'analyse des conséquences de la détection, en 2016, d'irrégularités, d'ampleur et de gravité plus ou moins importantes, dans plusieurs usines de fabrication d'ESPN. Cela a été en particulier le cas dans l'usine Creusot Forge d'Areva NP au sein de laquelle ces pratiques ont perduré pendant plusieurs décennies.

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

Ces demandes ont été étendues à l'ensemble des usines d'Areva NP. La bonne prise en compte de ces demandes constitue pour l'usine Creusot Forge un préalable essentiel à la reprise des fabrications dans cette usine.

En lien avec cette action, l'ASN examine, avec l'appui des organismes, le traitement des écarts détectés lors de la revue des dossiers dans le cadre de l'évaluation de la conformité des équipements neufs. Une action similaire est également réalisée pour les composants intégrés à des équipements en service (voir l'encadré relatif à l'usine Creusot Forge page précédente).

### Renforcer les justifications de la conception des ESPN

L'ASN a été régulièrement amenée à faire le constat que les justifications et démonstrations apportées par les fabricants dans le cadre de la réglementation relative aux ESPN, en particulier en ce qui concerne la bonne conception de ces équipements, sont insatisfaisantes. Les industriels, en particulier EDF et Areva NP, ont en conséquence mis en place, à partir du premier semestre 2015, des actions structurantes afin de faire évoluer leurs pratiques et les mettre en conformité avec les exigences réglementaires. L'ASN a suivi ces actions, dont la plus grande partie est réalisée dans le cadre de l'Association française pour les règles de conception, de construction et de surveillance en exploitation des matériels des chaudières électronucléaires (AFCEN) et implique la majorité de la profession. L'ASN considère positivement cette démarche et a reconnu en 2016 et 2017 le caractère approprié de certaines publications de l'AFCEN. Elle sera attentive à ce que cette démarche soit menée jusqu'à son terme, prévu fin 2018.

### 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.

## À NOTER

### Anomalies techniques liées aux ségrégations du carbone dans certains fonds primaires de générateurs de vapeur (GV)

À la suite de la détection de l'anomalie de la cuve de l'EPR de Flamanville (voir point 2.11.2), EDF a informé l'ASN que des fonds primaires de GV équipant 18 réacteurs, fabriqués par l'usine Creusot Forge et Japan Casting and Forging Corporation (JCFC), étaient également concernés par la problématique de ségrégation du carbone.

L'ensemble des contrôles réalisés par EDF, notamment ceux prescrits par l'ASN le 18 octobre 2016, ont nécessité la mise à l'arrêt de cinq réacteurs et se sont achevés début 2017. Ils ont permis à EDF de justifier l'absence de risque de rupture des fonds primaires des 46 GV concernés. Les hypothèses conservatrices prises par EDF dans les calculs de tenue à la rupture l'ont conduit à modifier les conditions d'exploitation des 18 réacteurs concernés. Ces modifications sont mises en place dans l'attente de la confirmation des hypothèses de calculs qui devrait être apportée par un vaste programme d'essais, actuellement mené sur des fonds primaires représentatifs des composants exploités sur les réacteurs français.

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

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

### Les zones en alliage à base de nickel

Plusieurs parties des réacteurs à eau sous pression sont fabriquées en alliage à base de nickel. La résistance de ce type d'alliage à la corrosion généralisée ou par piqûres justifie son emploi. Cependant, dans les conditions de fonctionnement des réacteurs, l'un des alliages retenus, l'Inconel 600, s'est révélé sensible au phénomène de corrosion sous contrainte. Ce phénomène particulier se produit en présence de contraintes mécaniques importantes. Il peut conduire à l'apparition de fissures, comme observé sur des tubes de GV au début des années 1980 ou, plus récemment en 2011, sur une pénétration de fond de cuve du réacteur 1 de la centrale nucléaire de Gravelines et en 2016 sur une pénétration de fond de cuve du réacteur 3 de la centrale nucléaire de Cattenom.

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

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

### La résistance des cuves des réacteurs

La cuve, composant essentiel d'un réacteur à eau sous pression, contient le cœur du réacteur ainsi que son instrumentation. Pour les réacteurs de 900 MWe, la cuve a une hauteur de 14 m, un diamètre de 4 m pour une épaisseur de 20 cm et une masse de 330 tonnes. Pour l'EPR, en cours de construction, la hauteur de la cuve est de 15 m, son diamètre de 4,90 m pour une épaisseur de 25 cm et sa masse de 510 tonnes.

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

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

- la cuve est un composant dont le remplacement n'est pas envisagé, pour des raisons à la fois de faisabilité technique et de coût ;
- le contrôle contribue à la démarche permettant d'exclure la 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 lentement, sous l'effet des neutrons issus de la réaction de fission du cœur. Cette fragilisation rend en particulier la cuve plus sensible aux chocs thermiques sous pression ou aux montées brutales de pression à froid. Cette sensibilité est par ailleurs accrue en présence de défauts technologiques, ce qui est le cas pour quelques cuves qui présentent des défauts dus à la fabrication, sous leur revêtement en acier inoxydable.



## COMPRENDRE

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

La réglementation en vigueur impose notamment à l'exploitant :

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

L'ASN examine régulièrement les justifications de la résistance en service des cuves transmises par EDF afin de s'assurer qu'elles sont suffisamment conservatives.

En particulier, EDF a transmis à l'ASN, mi-2016, un dossier justifiant la résistance en service des cuves des réacteurs de 900 MWe après 40 ans d'exploitation, dont l'examen est en cours par l'ASN. Ce dossier sera soumis à l'avis du GPESPN dans le courant de l'année 2018.

### La maintenance et le remplacement des générateurs de vapeur

Les GV sont composés de deux parties, l'une appartenant au circuit primaire principal et l'autre au circuit secondaire principal. L'intégrité des principaux éléments constitutifs des GV est surveillée, tout particulièrement celle des tubes qui constituent le faisceau tubulaire. En effet, une dégradation du faisceau tubulaire (corrosion, usure, fissure...) peut créer une fuite du circuit primaire vers le circuit secondaire. La rupture de l'un des tubes

du faisceau conduirait à contourner l'enceinte de confinement du réacteur, qui constitue la troisième barrière de confinement. Les GV font donc l'objet d'un programme spécifique de surveillance en exploitation, établi par EDF, révisé périodiquement et examiné par l'ASN. À la suite des contrôles, les tubes présentant des dégradations trop importantes sont bouchés pour être mis hors service.

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

Les GV ont tendance à s'encrasser au cours du temps en raison des produits de corrosion issus des échangeurs du circuit secondaire. Ceci 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

## À NOTER

### Chute d'un générateur de vapeur du réacteur 2 de la centrale nucléaire de Paluel

Alors que le réacteur 2 de la centrale nucléaire de Paluel était à l'arrêt depuis mai 2015 pour sa troisième visite décennale, le 31 mars 2016, un GV est tombé au cours de sa manutention. La cuve du réacteur était totalement déchargée de son combustible lors de l'événement.

Neuf personnes étaient présentes à l'intérieur du bâtiment au moment de la chute, et une personne a été blessée au thorax.

Les expertises réalisées par EDF sur l'état de l'installation ont mis en évidence plusieurs endommagements du revêtement métallique de la piscine du bâtiment réacteur, des matériels électriques, mécaniques et du génie civil.

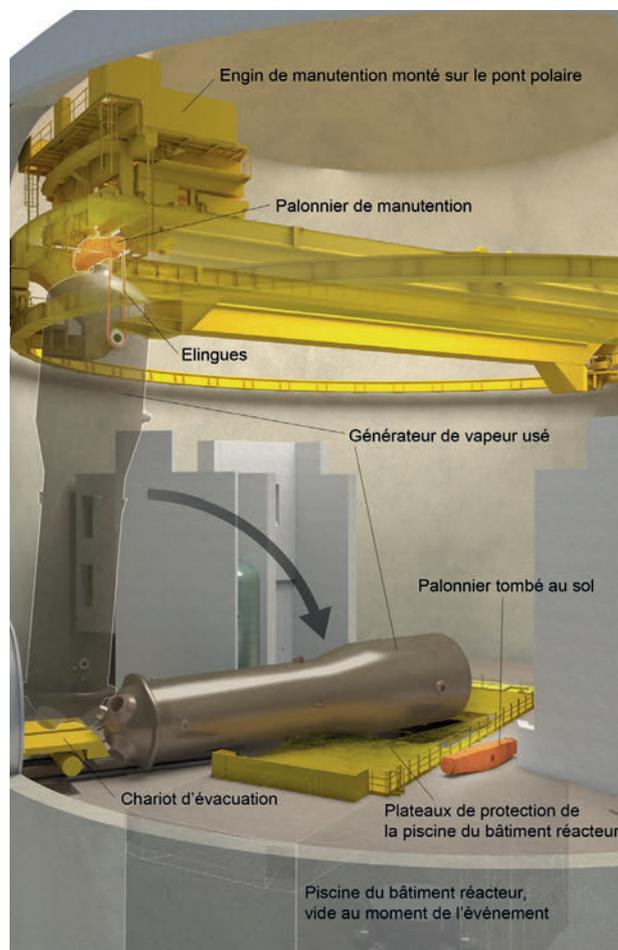
Toutefois, seule la piscine nécessite, que ce soit au niveau du béton ou du revêtement métallique, des réparations conséquentes devant s'achever début 2018. La méthodologie générale d'expertise ainsi que les réparations de la piscine ont été examinées par l'ASN, avec l'appui de l'IRSN.

Un nouveau palonnier a été conçu et fabriqué, ce qui a permis l'introduction et l'installation des GV de remplacement dans le bâtiment réacteur fin 2017.

EDF a déclaré un événement significatif pour la sûreté le 1<sup>er</sup> avril 2016. L'utilisation d'un palonnier ajouté au pont polaire pour les réacteurs de 1 300 MWe, différent de celui des réacteurs de 900 MWe et présentant un défaut de conception, figure parmi les principales causes identifiées par EDF. Cet événement met également en lumière des défaillances dans les processus de surveillance et de prise de décision de la part d'EDF vis-à-vis de l'entité prestataire en charge du remplacement des GV.

Depuis la chute du GV, l'ASN a réalisé une quinzaine d'inspections dédiées aux suites de cet événement afin de contrôler les différentes opérations réalisées. Elle poursuit son contrôle dans le cadre des opérations préparatoires visant au redémarrage de l'installation prévu en 2018, notamment concernant la réalisation d'une épreuve hydraulique du circuit primaire principal.

Enfin, par arrêté du 26 janvier 2017, après avis de l'ASN, la ministre chargée de la sûreté nucléaire a prorogé la durée au-delà de laquelle l'arrêt est réputé définitif.



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 (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 produits de conditionnement.

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

### **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 Inconel 600 non traités thermiquement (600 MA) puis ceux fabriqués en Inconel 600 traités thermiquement (600 TT).

La campagne de remplacement des GV dont le faisceau tubulaire est en 600 MA (soit 26 réacteurs) s'est achevée en 2015 avec celui du réacteur 3 de la centrale nucléaire du Blayais. Elle se poursuit par les remplacements des GV dont le faisceau tubulaire est en Inconel traité thermiquement (600 TT). L'année 2017 a vu la réalisation du remplacement des GV du réacteur 1 de Cruas-Meysses. Le remplacement des GV du réacteur 2 de Paluel (voir encadré ci-contre) a repris en fin d'année 2017 et se prolongera en 2018.

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

L'arrêté du 10 novembre 1999 dispose à son article 8 que les procédés d'essais non destructifs employés pour le suivi en service des équipements sous pression des circuits primaire et secondaires principaux des réacteurs électronucléaires doivent faire l'objet, préalablement à leur première utilisation, d'une qualification. Celle-ci est prononcée par une entité composée d'experts internes et externes à EDF dont la compétence et l'indépendance sont vérifiées par le Comité français d'accréditation.

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

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

À ce jour, plus de 90 procédés d'essais non destructifs sont qualifiés dans le cadre des programmes d'inspection en service. De

nouveaux procédés sont en cours de développement et de qualification pour répondre à de nouveaux besoins.

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

### **2.2.4 L'évaluation des équipements sous pression en exploitation**

L'ASN considère que la situation de la deuxième barrière de confinement que constitue le circuit primaire reste préoccupante en 2017, l'année restant marquée par le traitement des irrégularités détectées dans le cadre de la revue des dossiers de fabrication des composants issus de l'usine Creusot Forge d'Areva NP (voir encadré p. 339).

Il a été encore constaté en 2017 des niveaux d'encrassement très importants dans certains GV de plusieurs réacteurs, susceptibles d'altérer la sûreté de leur fonctionnement. Cette situation résulte d'une maintenance insuffisante pour assurer un état de propreté satisfaisant.

En complément de cette appréciation, qui rejoint celle formulée en 2016 qui avait montré une dégradation par rapport à 2015, l'ASN constate que les dernières opérations de remplacement des GV des réacteurs de 900 MWe ont été reportées notamment à cause de nombreux écarts affectant la fabrication de ces équipements. Ces reports ont conduit à la mise en œuvre d'opérations de sécurisation, par bouchage ou manchonnage, des tubes de certains générateurs de vapeur présentant des fissures, jusqu'à leur remplacement.

L'ASN considère que le suivi en service des autres équipements du circuit primaire principal, en application de l'arrêté du 10 novembre 1999, est réalisé de manière appropriée. La détection d'une nouvelle fissure sur la traversée de fond de cuve n° 58 du réacteur 3 de la centrale nucléaire de Cattenom illustre le risque de nouvelles dégradations associées au vieillissement des installations et confirme la nécessité d'adapter en conséquence le niveau d'exigence de suivi en service et l'anticipation du développement des procédés de réparation. Les principes de réparation de cette pénétration de fond de cuve seront présentés à l'ASN en 2018.

## **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 comme précisé à l'article 8.1.1 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base.



## À NOTER

### Mesures d'étanchéité de l'enceinte du réacteur 5 de la centrale nucléaire du Bugey

Lors de la troisième visite décennale du réacteur 5 de la centrale nucléaire du Bugey réalisée en 2011 une évolution anormale des résultats de mesures d'étanchéité de l'enceinte par rapport à celles réalisées en 2001 a été observée. Pour contrôler cette évolution et garantir le respect des exigences de sûreté, l'ASN avait prescrit la réalisation d'un essai supplémentaire, qui a été réalisé en 2015. Ses résultats ont mis en évidence une dégradation de l'étanchéité de l'enceinte et ont permis de localiser des fuites au niveau de la partie basse du bâtiment du réacteur.

Le réacteur est resté à l'arrêt le temps qu'EDF élabore et mette en œuvre une méthode de réparation, dont l'ASN a autorisé la mise en œuvre le 28 mars 2017.

De nouveaux contrôles et essais ont permis à EDF de démontrer, après réparation, le respect des exigences de sûreté pour les cycles à venir. L'ASN a donné son accord au redémarrage du réacteur 5 de la centrale nucléaire du Bugey le 18 juillet 2017.

sous l'effet combiné de déformations du béton et de pertes de précontrainte de certains câbles plus importantes qu'anticipées à la conception.

EDF a alors engagé d'importants travaux consistant à recouvrir localement, par un revêtement d'étanchéité en résine, l'intrados de la paroi interne des enceintes les plus affectées des réacteurs de 1 300 MWe mais aussi des réacteurs de 1 450 MWe. Les épreuves réalisées depuis ces travaux, lors des deuxièmes et troisièmes visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe et des premières visites décennales des réacteurs de 1 450 MWe, ont toutes respecté les critères réglementaires de taux de fuite. Afin de s'assurer que le respect de ces critères sera maintenu dans le temps, EDF a décidé de compléter ces revêtements d'étanchéité à l'intrados par des revêtements du même type, à l'extrados des enceintes internes des bâtiments réacteurs.

L'ASN reste vigilante sur l'évolution de l'étanchéité de ces enceintes, non revêtues à la conception par une peau métallique intégrale. L'efficacité de la fonction de confinement des réacteurs à double paroi a ainsi été examinée par le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) le 26 juin 2013, dans la perspective des troisièmes visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe. L'ASN s'est prononcée sur ce sujet en juin 2014 et reste attentive au respect des engagements qu'EDF a pris à cette occasion.

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

#### Gestion globale de la fonction de confinement

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

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

Le vieillissement des enceintes des réacteurs de 900 MWe a été examiné en 2005 lors du réexamen périodique associé à leur troisième visite décennale afin d'évaluer leur étanchéité et leur tenue mécanique. Les épreuves des enceintes réalisées lors des arrêts décennaux de ces réacteurs depuis 2009 n'ont pas mis en lumière de problème particulier susceptible de remettre en cause leur exploitation pour dix années supplémentaires, à l'exception du réacteur 5 de la centrale nucléaire du Bugey (voir encadré). Pour les autres réacteurs de 900 MWe, les résultats des épreuves décennales des enceintes lors des troisièmes visites décennales ont montré jusqu'ici des taux de fuite conformes aux critères réglementaires. À ce jour, cette épreuve a été réalisée pour 30 réacteurs et devrait l'être pour l'ensemble des 34 réacteurs de 900 MWe en 2020.

#### Les enceintes à double paroi

Les résultats des épreuves des enceintes à double paroi réalisées lors des premières visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe avaient permis de détecter une augmentation des taux de fuite de la paroi interne de certaines de ces enceintes

Les principales conclusions de l'ASN sont :

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

## 2.4 La prévention et la maîtrise des risques

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

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

#### Le fonctionnement normal et dégradé

##### Les spécifications techniques d'exploitation

Les spécifications techniques d'exploitation (STE), qui constituent le chapitre III des règles générales d'exploitation, définissent les domaines de fonctionnement normal fondés sur les hypothèses de conception et de dimensionnement et requièrent les systèmes nécessaires au maintien des fonctions de sûreté,

notamment l'intégrité des barrières de confinement des substances radioactives, et l'opérabilité des procédures de conduite en cas d'incident ou d'accident. Elles prescrivent également les conduites à tenir en cas de défaillance d'un système requis ou de dépassement d'une limite, ces situations révélant un fonctionnement dégradé.

Les STE évoluent pour intégrer le retour d'expérience de leur application et les modifications apportées aux réacteurs. Par ailleurs, 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.

Les modifications des STE de nature à affecter les intérêts protégés font l'objet, selon leur importance, soit d'une demande d'autorisation auprès l'ASN, soit d'une déclaration à l'ASN, avant leur mise en œuvre. En particulier, les modifications qui remettent en cause de manière significative la démonstration de sûreté font systématiquement l'objet d'une demande d'autorisation.

Les modifications temporaires des STE considérées comme mineures étaient éligibles, jusqu'au 31 décembre 2017, au dispositif de contrôle interne mis en place par EDF répondant ainsi aux exigences de l'article 27 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives. Les systèmes d'autorisation internes sont abrogés depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018.

Le fonctionnement de ce dispositif de contrôle interne a fait l'objet, en 2017, de contrôles par sondage et d'inspections par l'ASN à la fois dans les centrales nucléaires et dans les services centraux d'EDF. L'ASN réalise chaque année un examen approfondi des modifications temporaires apportées aux STE sur la base d'un bilan établi par EDF. Cet examen permet notamment d'identifier les modifications temporaires récurrentes qui nécessiteraient une évolution pérenne des STE.

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

### **Les essais périodiques**

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

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

### **Les essais physiques du cœur**

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

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

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

Les modifications du chapitre X des RGE relatif 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**

En situation d'incident ou d'accident, les stratégies et les règles de conduite du réacteur sont définies dans les règles générales d'exploitation. 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. La mise en œuvre des modifications apportées est soumise 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 en novembre 2014. Cette organisation prévoit notamment que chaque équipier de crise participe 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 conséquences de l'accident (voir chapitre 5, point 1.3.1). La mise en œuvre de ces stratégies mobilise les compétences des équipes de crise constituées au niveau local et au niveau national. Ces équipes s'appuient sur le plan d'urgence interne (PUI), complété notamment du guide d'intervention en 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

Les anomalies techniques à forts enjeux constatées en 2017 décrites dans le présent chapitre et les difficultés qu'a rencontrées EDF dans la maîtrise des activités lors des arrêts des réacteurs conduisent l'ASN à juger que la qualité de l'exploitation des centrales nucléaires est en retrait par rapport à l'année 2016.

Certaines interventions récurrentes, telles que la réalisation d'essais périodiques et la mise en œuvre des modifications matérielles, ont été à l'origine d'écarts au cours de leur préparation, que les pratiques de fiabilisation des interventions déployées par EDF n'ont pas permis de prévenir.

Comme en 2016, les non-respects des spécifications techniques d'exploitation sont à l'origine d'un nombre important d'événements significatifs. Ceux-ci trouvent notamment leurs causes dans l'inadéquation entre les ressources disponibles et la charge de travail, ou dans le caractère inadapté de certains moyens mis à disposition des intervenants.

L'ASN constate par ailleurs des écarts aux fondamentaux de la culture de sûreté, à savoir une approche rigoureuse et prudente et une attitude interrogative, en particulier lors de la conception et de l'application des règles d'essais périodiques et des spécifications techniques d'exploitation.

Face à ces constats, l'ASN a renforcé ses contrôles de l'application de la démarche de conception centrée sur l'utilisateur lors de l'instruction des modifications des règles générales d'exploitation.

L'ASN constate qu'en 2017, le taux de suivi des avis exprimés par la filière indépendante de sûreté (FIS), créée au sein de chaque entité d'EDF, est en baisse dans certaines centrales nucléaires. Cette tendance mérite une analyse approfondie. L'ASN considère à ce stade celle-ci comme une alerte sur le fonctionnement du processus de prise de décision d'EDF dans les situations où les actions requises imposent d'accorder la priorité à la protection des intérêts par rapport aux avantages économiques ou industriels attendus.

Cette alerte conduit l'ASN à renforcer son contrôle sur l'action de la FIS et la manière dont ses avis sont pris en compte.

L'ASN considère que les modalités de réalisation des essais périodiques pour s'assurer du bon fonctionnement des matériels sont perfectibles. Des erreurs lors de l'élaboration et dans la déclinaison des règles d'essais périodiques sont relevées et conduisent à un nombre relativement important d'événements significatifs pour la sûreté. Ces erreurs mettent en évidence des défaillances organisationnelles ponctuelles d'EDF qui fragilisent, *in fine*, le niveau de sûreté des installations.

Par ailleurs, l'ASN a constaté que l'organisation mise en place par EDF sur ses centrales nucléaires ne permettait pas une appropriation adaptée des exigences définies associées au système d'instrumentation du cœur (RIC) en exploitation. Le partage de responsabilités entre les services mécanique et électricité ainsi que le recours à des intervenants extérieurs pour assurer la maintenance de ce système ont conduit à des défauts de maîtrise de la part de l'exploitant, se traduisant par de nombreux dysfonctionnements observés en 2017.

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

##### La conduite en situation d'incident, d'accident ou d'urgence

En 2017, l'ASN a mené 21 inspections sur les dispositions organisationnelles et techniques prévues par EDF en cas d'incident, d'accident, d'accident grave, et de situation d'urgence. Deux inspections réactives, sur événement, ont été menées à la suite des déclenchements de PUI sur la centrale nucléaire du Bugey.

Les inspections sur l'organisation et les moyens de crise ont révélé un bon niveau d'appropriation des principes d'organisation, de préparation et de gestion des situations d'urgence relevant d'un PUI. Les équipes actrices de la mise en œuvre de cette organisation apparaissent bien dimensionnées au regard des exigences spécifiées dans les référentiels de l'exploitant.

Si le retour d'expérience des exercices et des situations réelles est bien réalisé par EDF, l'ASN constate que l'exploitant n'en tire pas encore pleinement le bénéfice dans la mesure où certains axes d'amélioration sont identifiés de manière récurrente. Néanmoins, ce retour d'expérience montre que les relations entre chaque



## COMPRENDRE

### La filière indépendante de sûreté (FIS)

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

centrale nucléaire et les acteurs tiers impliqués dans la gestion d'une situation d'urgence (hôpitaux, services de secours) sont satisfaisantes et renforcent l'intérêt de tels exercices.

L'année 2017 a été marquée d'une part, par la mise en œuvre à deux reprises du PUI par la même centrale nucléaire, Bugey, et, d'autre part, par des intrusions de manifestants sur deux autres centrales nucléaires, Cattenom et Cruas-Meysses. Ces événements ont conduit à activer l'organisation nationale de crise des pouvoirs publics et d'EDF, comme le prévoient les procédures.

En 2017, l'ASN a également contrôlé les modalités de mise à jour, d'appropriation et d'amélioration des documents nécessaires à la maîtrise d'une situation dégradée. Ce contrôle est étendu aux modalités de gestion et de mise en œuvre des matériels mobiles nécessaires en situation d'accident ou d'accident grave.

Les inspections réalisées en 2017 ont amené l'ASN à demander à EDF de renforcer :

- la clarté et l'opérabilité des documents encadrant l'utilisation des matériels mobiles en situation dégradée ou en situation d'urgence ;
- ses processus de vérification et de validation des documents utilisés en situation d'incident ou d'accident ;
- la prise en compte du retour d'expérience dans les processus de modification des documents utilisés en situation d'incident ou d'accident.

L'ASN contrôlera en 2018 l'application des dispositions de sa décision n° 2017-DC-0592 du 13 juin 2017 relative aux obligations des exploitants d'installations nucléaires de base en matière de préparation et de gestion des situations d'urgence et au contenu du PUI. La majorité de ces dispositions sont applicables depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018 pour les réacteurs électronucléaires.

### 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 que contrôle l'ASN lors de ses inspections dans les centrales nucléaires.

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

Ainsi, EDF a engagé depuis 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 la méthodologie de maintenance AP-913 repose sur la mise en œuvre des six processus suivants :

- l'identification des matériels critiques et la détermination des programmes de maintenance et de suivi associés ;
- la définition des exigences de suivi et de maintenance des matériels ;
- l'analyse des performances des matériels et systèmes ;
- la définition et le pilotage des actions correctives ;

- l'amélioration continue des référentiels et du pilotage de la fiabilité ;
- la gestion du cycle de vie des matériels.

Après un bilan du déploiement de l'AP-913 réalisé mi-2016, EDF souhaiterait faire évoluer ses pratiques visant à maîtriser le volume de maintenance généré et à recentrer le suivi des performances sur les matériels et systèmes à forts enjeux.

### 2.4.4 L'évaluation de la maintenance

L'ASN considère que la qualité de réalisation des activités de maintenance demeure perfectible, le nombre des défauts de qualité de maintenance constatés restant élevé.

Des retards dans la réalisation de contrôles ou dans l'intégration dans la documentation de nouveaux programmes de maintenance et des actions de maintenance préventive inadaptées au regard des fonctions de sûreté assurées par les matériels concernés conduisent encore à la détection tardive d'écarts ou de dégradations de matériels. Plusieurs événements significatifs relatifs à des actions de maintenance insuffisantes ont été déclarés en 2017 (voir point 2.4.7).

L'ASN constate, même s'ils ont tendance à diminuer, des défauts de maîtrise des activités dus à des difficultés dans l'approvisionnement des pièces de rechange, en particulier à cause de pièces de rechange non disponibles ou non conformes.

De plus, les intervenants doivent toujours faire face à des contraintes liées à l'organisation du travail, telles que la préparation insuffisante de certaines activités, des modifications imprévues de planning ou des problèmes de coordination des chantiers, qui provoquent des retards ou des reports d'activités. Ces difficultés sont plus particulièrement rencontrées lors des activités non planifiées, telles que le traitement d'aléas.

L'ASN observe également régulièrement un manque de rigueur dans les actions de contrôle technique des interventions et de surveillance des prestataires, ainsi que des déficiences dans la traçabilité des interventions.

La gestion du maintien de la qualification des équipements aux conditions accidentelles s'améliore. Cependant, les opérations de requalification des équipements après des travaux de maintenance ne permettent pas toujours de détecter que ces travaux ont pu être mal réalisés.

L'ASN considère que la méthode de maintenance AP-913 est de nature à permettre à l'exploitant de disposer d'une meilleure connaissance de l'état de ses installations et d'en assurer une maintenance plus régulière. Toutefois, elle estime que des actions volontaristes doivent être engagées par EDF auprès de ses centrales nucléaires pour permettre sa bonne mise en œuvre et assurer son efficacité. En particulier, EDF doit encadrer davantage cette mise en œuvre et y allouer les effectifs nécessaires. Par ailleurs, EDF doit s'assurer que l'ensemble des intervenants respectent les méthodes préconisées pour le renseignement des indicateurs de suivi des matériels, la préparation, la réalisation et le compte rendu des visites de terrain, ainsi que la traçabilité des décisions de maintenance.

Dans la perspective de la poursuite du fonctionnement des réacteurs en exploitation, du programme « grand carénage »

et du retour d'expérience de l'accident de Fukushima, l'ASN considère important qu'EDF poursuive ses efforts engagés pour remédier aux difficultés rencontrées et pour améliorer l'efficacité de ses activités de maintenance (voir point 2.6).

L'ASN a demandé à EDF de procéder à des revues de conception. Elle procède par ailleurs à des inspections visant à apprécier l'adéquation des opérations de maintenance aux modes de dégradation potentiels et réels identifiés. Elle constate que, sur ce sujet, l'accès à la documentation, notamment en ce qui concerne les bilans des systèmes et matériels, s'avère parfois difficile lors des inspections qu'elle réalise.

#### 2.4.5 La prévention des effets des agressions internes et externes

##### Les risques liés aux incendies

Les centrales nucléaires, comme les autres installations nucléaires de base, sont soumises à la décision n° 2014-DC-0417 de l'ASN du 28 janvier 2014 relative à 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.

L'ASN instruit les méthodes de justification du dimensionnement de la sectorisation des locaux à l'égard des risques d'incendie qu'EDF a complétées dans le cadre des réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe.

##### 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 pour 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 installations nucléaires de base contre les inondations externes. Pour les installations existantes, l'ASN a demandé à EDF, en 2014, de prendre en compte les recommandations du guide pour l'ensemble de ses réacteurs :

- pour les réacteurs de 1 300 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 réexamen des réacteurs de 900 MWe et deuxième réexamen des réacteurs de 1 450 MWe).

Les premières études élaborées selon le guide n° 13 font actuellement l'objet d'une instruction par l'ASN.

À l'issue des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) réalisées après l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima, l'ASN a considéré qu'en matière de protection contre les

inondations, les exigences résultant de la réévaluation complète conduite à la suite de l'inondation de la centrale nucléaire du Blayais en 1999 permettaient de conférer aux centrales nucléaires un haut niveau de protection contre le risque d'inondation externe. Toutefois, l'ASN a pris plusieurs décisions en juin 2012 pour demander aux exploitants :

- de renforcer la protection des centrales nucléaires face à certains aléas comme les pluies de forte intensité et les inondations sismo-induites ;
- de définir et de mettre en place un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles permettant de maîtriser les fonctions fondamentales de sûreté dans des situations extrêmes, notamment en cas d'inondation au-delà du référentiel de dimensionnement (voir point 2.9).

### Les risques liés au séisme

Bien que la sismicité soit modérée voire faible en France, la prise en compte de ce risque par EDF dans la démonstration de sûreté de ses réacteurs électronucléaires fait l'objet d'une attention soutenue de la part de l'ASN compte tenu des conséquences potentielles sur la sûreté des installations. Des dispositions parasismiques sont prises dès la conception des installations et sont réexaminées périodiquement au regard de l'évolution des connaissances et de la réglementation, à l'occasion des réexamens périodiques.

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

Cette RFS est complétée par le guide de l'ASN 2/01 de mai 2006 qui définit les méthodes de calcul acceptables pour l'étude du comportement sismique des bâtiments nucléaires et d'ouvrages particuliers comme les digues, les galeries et les canalisations enterrées, les soutènements ou les réservoirs.

La conception des bâtiments et matériels importants pour la sûreté des centrales nucléaires doit ainsi leur permettre de résister à des séismes d'intensité supérieure aux plus forts séismes connus survenus dans la région. Les centrales nucléaires d'EDF sont ainsi dimensionnées à des niveaux de séisme intégrant les spécificités géologiques locales de chacune d'entre elles.

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

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

- troisièmes réexamens périodiques des réacteurs de 1 300 MWe ;
- quatrièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe ;
- deuxièmes réexamens périodiques des réacteurs de 1 450 MWe.

À la suite de l'accident 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.

## À NOTER

### Défaut de résistance au séisme de la digue du canal de Donzère-Mondragon protégeant la centrale nucléaire du Tricastin

Le 18 août 2017, EDF a déclaré à l'ASN un événement significatif pour la sûreté relatif à un risque de rupture d'une partie de la digue du canal de Donzère-Mondragon pour les séismes les plus importants étudiés dans la démonstration de sûreté nucléaire. Cet événement significatif pour la sûreté a été classé au niveau 2 sur l'échelle INES.

L'inondation en résultant serait de nature à conduire à un accident de fusion du combustible nucléaire des quatre réacteurs de la centrale nucléaire du Tricastin et à rendre particulièrement difficile la mise en œuvre des moyens de gestion d'urgence internes et externes.

Après avoir auditionné EDF, l'ASN a considéré que les éléments présentés par l'exploitant ne permettaient pas d'écarter le risque à court terme. Elle a donc imposé à EDF la mise à l'arrêt provisoire des quatre réacteurs de la centrale nucléaire du Tricastin par décision du 27 septembre 2017.

EDF a réalisé des renforcements de la portion de la digue concernée, après avoir effectué des reconnaissances

géotechniques complémentaires. L'ASN a mené des inspections lors des travaux. L'expertise menée par l'IRSN à la demande de l'ASN sur la digue ainsi renforcée confirme l'absence de brèche en cas de séisme majoré de sécurité. L'ASN a considéré que l'état de la digue, après les investigations et les réparations menées par EDF, permettaient le redémarrage des réacteurs d'EDF. Elle a ainsi donné son accord en ce sens le 4 décembre 2017.

L'ASN a engagé un processus d'édition de prescriptions, qui feront l'objet d'une consultation du public, afin d'encadrer les actions à mener par EDF, en particulier la surveillance renforcée de la digue, le maintien sur place de moyens matériels prépositionnés et le renforcement définitif de la digue, dans les meilleurs délais, afin qu'elle résiste au séisme extrême considéré à la suite de l'accident de Fukushima.

L'ASN considère que les évaluations des aléas sismiques déterminés par EDF sont acceptables, à l'exception de celles concernant les sites de Saint-Alban/Saint-Maurice, Fessenheim, Chinon et Chooz qui sont insuffisantes au regard de l'état des connaissances. L'ASN a donc demandé à EDF :

- de réévaluer les spectres sismiques des sites de Saint-Alban/Saint-Maurice, Fessenheim, Chinon et Chooz pour tenir compte des incertitudes ;
- de définir un programme de travail de vérification de la tenue des matériels et des ouvrages de génie civil et de mettre en œuvre les éventuels renforcements sismiques dans le cadre des réexamens périodiques.

### Les risques liés à la canicule et à la sécheresse

Au cours des événements caniculaires de ces dernières décennies, certains cours d'eau nécessaires au refroidissement de centrales nucléaires ont connu une réduction de leur débit et un échauffement significatifs. Par ailleurs, des augmentations notables de température ont été relevées dans certains locaux des centrales nucléaires abritant des équipements sensibles à la chaleur.

EDF a pris en compte ce retour d'expérience et a engagé des études de réévaluation du fonctionnement de ses installations dans des conditions de température de l'air et de l'eau plus sévères que celles retenues initialement à la conception. En parallèle du développement de ce référentiel de sûreté relatif aux situations dites de « grands chauds », EDF a engagé le déploiement de modifications prioritaires (telles que l'augmentation de la capacité de certains échangeurs) et mis en place des pratiques d'exploitation qui optimisent la capacité de refroidissement des équipements et améliorent la tenue des matériels sensibles aux températures élevées.

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

EDF a également engagé un programme de veille climatique afin d'anticiper les évolutions du climat qui pourraient remettre en cause les hypothèses de températures retenues dans son référentiel.

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

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

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

Les centrales nucléaires sont à l'origine de rejets d'effluents chauds dans les cours d'eau ou dans la mer, soit de manière directe pour

les centrales nucléaires fonctionnant en circuit dit « ouvert », soit après refroidissement de ces effluents par passage dans des aérorefrigérants permettant une évacuation partielle des calories dans l'atmosphère. Les rejets thermiques des centrales nucléaires conduisent à une élévation de la température entre l'amont et l'aval du rejet qui peut aller, suivant les réacteurs, de quelques dixièmes de degrés à plusieurs degrés. Ces rejets thermiques sont réglementés par des décisions de l'ASN.

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

### Les risques liés à la foudre

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

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

### Autres agressions

La démonstration de sûreté des centrales nucléaires d'EDF prend également en compte d'autres agressions comme les grands vents, les tornades, 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 Fukushima a conduit EDF à renforcer son organisation pour la maîtrise des risques liés aux agressions. En particulier, des réseaux de référents ont été nommés sur l'ensemble des sites électronucléaires pour piloter l'organisation associée à ces risques. Des revues annuelles sont également menées afin d'améliorer cette organisation.

Sur la base de ses inspections, pour ce qui concerne le risque d'incendie, l'ASN constate que la prise en compte du retour d'expérience est plutôt satisfaisante et que la rénovation du système de détection incendie se poursuit sur les réacteurs nucléaires. Cependant, le nombre de dépôts de feu enregistrés pour l'année 2017 est légèrement supérieur à celui de 2016.

Un départ de feu, survenu le 19 juin 2017 à la centrale nucléaire du Bugey, a conduit au déclenchement du PUI.

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

- une gestion perfectible des anomalies de sectorisation des locaux afin de prévenir la propagation d'un incendie ;
- des écarts liés à la gestion des inhibitions de la détection incendie ;
- des écarts de gestion des entreposages de matériels qui représentent des potentiels calorifiques importants, notamment lors des phases d'arrêt de réacteur ;
- des écarts dans la mise en œuvre des permis de feu ;
- des difficultés d'accessibilité des matériels de lutte contre l'incendie.

L'ASN constate les efforts entrepris par certains sites pour réduire ces écarts par le déploiement d'outils et de plans d'action mais considère que ces derniers, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un accompagnement plus poussé auprès du personnel. Par ailleurs, les délais de résorption de certains écarts ou de mise en œuvre d'actions correctives issues du retour d'expérience méritent d'être réduits.

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

Malgré les actions engagées par EDF, la maîtrise des risques liés aux explosions n'est pas encore satisfaisante sur l'ensemble des réacteurs nucléaires. Certaines actions de maintenance et de contrôles demandées par la doctrine interne d'EDF (test d'étanchéité à l'azote de la double enveloppe de certaines tuyauteries véhiculant des fluides hydrogénés...) ne sont toujours pas mises en œuvre. De plus, la mise à jour de certains documents (procédures d'essais périodiques et document relatif à la protection contre les explosions), l'intégration du retour d'expérience, le traitement de certains écarts et le déploiement de certaines modifications peuvent faire l'objet de reports qui ne sont pas toujours justifiés au regard des conséquences potentielles pour la sûreté.

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

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

EDF a engagé des visites sur le terrain visant à recenser les tuyauteries pouvant être à l'origine d'une inondation interne dans les bâtiments électriques, qui sont particulièrement sensibles à ce risque, afin d'étudier la nécessité de renforcer leur maintenance. Conformément aux demandes de l'ASN, EDF étendra

ces recensements dans les autres bâtiments. L'ASN constate de façon positive qu'EDF a engagé une rénovation des circuits de certains systèmes de réfrigération particulièrement sensibles à la corrosion.

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

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

- la maintenance des équipements nécessaires (tuyauteries, siphons de sol, 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 identifiées lors des revues annuelles ;
- la formation des référents et la sensibilisation du personnel EDF et des prestataires.

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

## À NOTER

### **Défaut d'étanchéité des trémies nécessaires pour maîtriser une inondation interne**

La prise en compte du retour d'expérience des inondations internes survenues sur les réacteurs du Blayais (2012) et de Fessenheim (2014) a conduit EDF à engager une campagne de contrôle des trémies (traversées dans les murs permettant notamment le passage de câbles ou tuyauteries entre deux locaux) de l'ensemble de ses réacteurs. EDF a constaté de nombreux défauts d'étanchéité des trémies des bâtiments électriques. Ces écarts proviennent notamment d'une mauvaise déclinaison des référentiels relatifs à l'inondation interne et à l'incendie dans les bases de données utilisées pour établir les programmes de maintenance. Ces écarts ont fait l'objet d'une déclaration d'événement significatif pour la sûreté à caractère générique en 2015 et ont conduit à l'élaboration d'un programme de contrôle et de remise en conformité des bases de données et des trémies de l'ensemble des bâtiments des réacteurs en fonctionnement. En 2016, l'ASN a formulé plusieurs demandes portant notamment sur l'extension et l'anticipation de ces contrôles. À la suite des inspections réalisées en 2017, l'ASN considère que les modalités de traitement de cet écart dans les bâtiments électriques des réacteurs de 900 MWe sont appropriées. L'ASN restera vigilante dans les prochaines années sur le traitement complet de cet écart.

En 2017, EDF a déclaré plusieurs événements significatifs de niveau 2 sur l'échelle INES (*International Nuclear and Radiological Event Scale* - Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques, qui compte huit niveaux gradués de 0 à 7) concernant des défauts de résistance au séisme d'équipements nécessaires pour maîtriser l'arrêt sûr des réacteurs, le refroidissement du combustible et le confinement des produits radioactifs. Le traitement de ces écarts a fait l'objet de nombreux contrôles de l'ASN (voir point 2.4.7). Ces écarts mettent en évidence qu'EDF doit renforcer la maîtrise de la conformité de ses installations aux dispositions prévues pour faire face à un séisme.

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

L'ASN constate de façon récurrente lors de ses inspections qu'EDF n'engage pas systématiquement les actions attendues en cas de dépassement de certains seuils de température. Ces constats ont amené l'ASN à formuler des demandes d'actions correctives. Les analyses de risques associées à la mise en place des parades doivent également être améliorées. Enfin, l'ASN attend des efforts d'EDF dans le domaine de la formation des agents EDF et de la sensibilisation des prestataires. Ces éléments ont fait l'objet de demandes dans les lettres de suite d'inspections réalisées par l'ASN.

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

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

#### 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 de la démonstration de protection des intérêts. Les processus mis en œuvre par l'exploitant, notamment lors des arrêts des réacteurs, contribuent au maintien de la conformité des installations aux exigences issues de cette démonstration.

##### Les arrêts de réacteur

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

Ces arrêts rendent momentanément accessibles certaines parties de l'installation qui ne le sont pas en phase de production. Ils sont donc mis à profit pour vérifier l'état des matériels en

réalisant des opérations de contrôle, d'essais et de maintenance, ainsi que pour réaliser des travaux sur l'installation.

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

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

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

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

- en phase de préparation de l'arrêt, sur le contenu du programme d'arrêt établi par l'exploitant. L'ASN peut demander, le cas échéant, des compléments à ce programme ;



## COMPRENDRE

### 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), afin qu'il remplisse, avec les caractéristiques attendues, la fonction prévue dans la démonstration mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement ou à une activité importante pour la protection (AIP) afin qu'elle réponde à ses objectifs vis-à-vis de cette démonstration ».

Pour les EIP, ces exigences peuvent notamment porter sur :

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

Pour les AIP, les exigences peuvent notamment porter sur :

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

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

### L'identification et le traitement des écarts

Les contrôles engagés par EDF dans le cadre de son référentiel d'exploitation et les vérifications additionnelles demandées par l'ASN au titre, notamment, du retour d'expérience, peuvent conduire à la détection d'écarts par rapport aux exigences définies, qui doivent alors être traités. Ces écarts peuvent avoir diverses origines : problèmes de conception, défauts de réalisation lors de la construction, maîtrise insuffisante des opérations de maintenance, dégradations dues au vieillissement, 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 constituent également un moyen efficace pour détecter des défauts.



## COMPRENDRE

### 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 une organisation. La réglementation impose à l'exploitant d'identifier l'ensemble des écarts affectant ses installations et de procéder à leur traitement. Les activités attachées au traitement des écarts sont des activités importantes pour la protection des intérêts. Elles sont donc soumises à des exigences de contrôle et de surveillance dont la mise en œuvre est régulièrement contrôlée par l'ASN.

## À NOTER

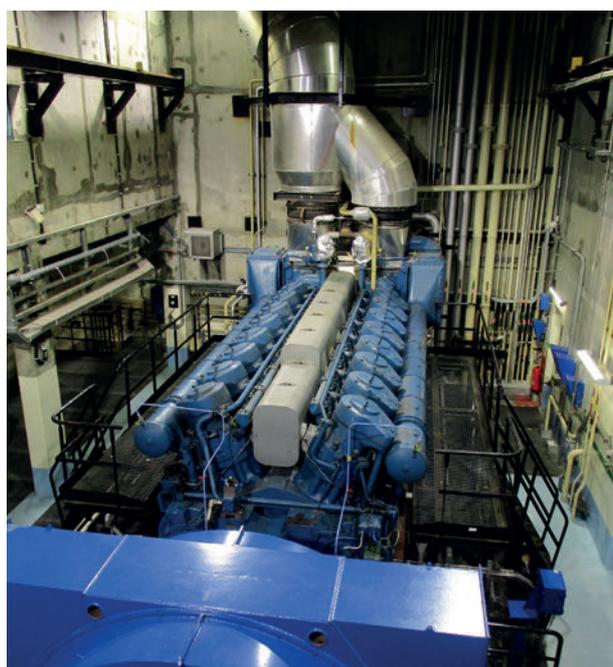
### Événement significatif pour la sûreté, classé au niveau 2 de l'échelle INES, relatif à un défaut de résistance au séisme des systèmes auxiliaires des groupes électrogènes de secours à moteur diesel

Le 20 juin 2017, l'ASN a classé au niveau 2 de l'échelle INES un événement significatif pour la sûreté relatif à un défaut de résistance au séisme des systèmes auxiliaires des groupes électrogènes de secours à moteur diesel des réacteurs 2 et 5 de la centrale nucléaire du Bugey, des réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de Fessenheim, ainsi que de l'ensemble des réacteurs de 1 300 MWe (centrales nucléaires de Belleville-sur-Loire, Cattenom, Flamanville, Golfech, Nogent-sur-Seine, Paluel, Penly et Saint-Alban/Saint-Maurice).

Chacun des réacteurs de 900 MWe et 1 300 MWe des centrales nucléaires françaises dispose de deux diesels de secours. Ces équipements assurent de façon redondante l'alimentation électrique de certains systèmes de sûreté en cas de défaillance des alimentations électriques externes, notamment à la suite d'un séisme. Les diesels de secours sont composés d'un alternateur, d'un moteur diesel et de systèmes auxiliaires (circuits de refroidissement, de prégraissage, etc.).

L'événement significatif porte sur l'absence de démonstration de résistance au séisme des ancrages dans le génie civil de systèmes auxiliaires des diesels de secours. En cas de perte totale des alimentations électriques externes induite par un séisme, le fonctionnement des groupes électrogènes de secours à moteur diesel aurait pu ne plus être assuré. Cette situation aurait pu conduire, compte tenu des autres écarts portés à la connaissance de l'ASN par EDF, à une fuite du circuit primaire principal au niveau des pompes primaires et à une perte de refroidissement de la piscine de désactivation du combustible usé.

À la suite des prescriptions de l'ASN du 22 juin 2017 et du 26 octobre 2017, EDF a procédé aux travaux nécessaires de renforcement des ancrages des systèmes auxiliaires des diesels de secours pour l'ensemble des réacteurs de 900 MWe et de 1 300 MWe concernés.



Groupes électrogènes de secours à moteur diesel du site de Penly, juin 2017.

### 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 dix ans, conformément à la réglementation (voir point 2.10.2). EDF compare alors l'état réel des installations aux exigences de sûreté qui leur sont applicables et répertorie les éventuels écarts. Ces vérifications peuvent être complétées par un programme d'investigations complémentaires dont le but est de contrôler des parties de l'installation qui ne bénéficient pas d'un programme de maintenance préventive.

### Les 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 [www.asn.fr](http://www.asn.fr).

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

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

Il 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.

### Les événements significatifs

EDF est tenue de déclarer à l'ASN puis d'analyser les événements significatifs survenant dans ses centrales nucléaires (voir chapitre 4, 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 2017 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. Enfin, à la demande

## À NOTER

### Événement significatif pour la sûreté relatif à un défaut de résistance au séisme des vases d'expansion des circuits de refroidissement de diesels de secours

Le 17 janvier 2018, l'ASN a classé au niveau 2 de l'échelle INES un événement significatif pour la sûreté relatif à un défaut de résistance au séisme des vases d'expansion des circuits de refroidissement des deux diesels de secours des réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de Paluel. Ce défaut est lié à un phénomène de corrosion : il résulte notamment d'une maintenance insuffisante de ces matériels. Détecté par EDF à la centrale nucléaire de Penly en juillet 2017, ce défaut a fait l'objet d'une déclaration d'événement significatif générique par EDF le 9 novembre 2017, pour plusieurs réacteurs de 1 300 MWe. Des travaux (réparation ou remplacement) ont été réalisés entre août et octobre 2017 sur les vases d'expansion

corrodés des réacteurs électronucléaires concernés.

L'ASN a classé :

- au niveau 2 de l'échelle INES, le défaut concernant les deux diesels de secours des réacteurs 1 et 2 de la centrale nucléaire de Paluel, les deux groupes électrogènes redondants étant affectés ;
- au niveau 1 de l'échelle INES, le défaut concernant un seul des deux diesels de secours des réacteurs 1 de Nogent-sur-Seine, 1 de Penly, 2 de Belleville-sur-Loire, 2 de Cattenom et 3 de Paluel, un seul groupe électrogène sur les deux étant affecté.

## À NOTER

### Événement significatif pour la sûreté, classé au niveau 2 de l'échelle INES, relatif à un risque de perte totale ou partielle de la source froide pour 29 réacteurs

Le 16 octobre 2017, l'ASN a classé au niveau 2 de l'échelle INES un événement significatif pour la sûreté relatif à un risque de perte totale ou partielle de la source froide pour 29 réacteurs.

Suite à une demande de l'ASN, EDF avait réalisé des contrôles sur les tuyauteries du réseau de protection incendie (également appelé circuit JPP) de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire au printemps 2017. Ces contrôles ont mis en évidence, sur deux tronçons du circuit JPP, un état dégradé des tuyauteries, présentant des épaisseurs ne permettant pas de respecter les exigences minimales pour garantir leur résistance au séisme. Ces dégradations sont la conséquence de la corrosion qui s'est développée en l'absence d'une maintenance préventive adaptée.

Les analyses d'EDF l'ont conduit à étendre ses investigations aux tuyauteries du circuit de filtration d'eau brute (appelé circuit SFI ou circuit CFI selon les configurations des sites nucléaires) et à tous les réacteurs en exploitation.

Les tuyauteries concernées (JPP et SFI ou CFI) sont situées dans les locaux de la station de pompage du circuit d'eau brute secourue (circuit SEC), qui fonctionne en permanence et contribue, à partir de la source froide disponible près de l'installation (mer ou cours d'eau), au refroidissement de systèmes de sûreté. En cas de séisme, la rupture des tuyauteries JPP, SFI ou CFI pourrait entraîner le noyage des pompes du circuit SEC et donc la perte de cette capacité de refroidissement essentielle de la centrale nucléaire.

EDF a mis en œuvre des solutions de réparation des tronçons de tuyauteries défectueux et des dispositions compensatoires afin de sécuriser rapidement les deux voies redondantes du circuit SEC, et prévoit d'achever les actions de réparation définitive fin 2018.

L'ASN a vérifié qu'EDF prenait toutes les dispositions nécessaires pour traiter dans les plus brefs délais cet événement. Elle s'assurera que le retour d'expérience de cet événement soit bien pris en compte par EDF, notamment en matière d'amélioration des dispositions de maintenance préventive.

de l'ASN, le GPR a examiné en 2017 le retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs à eau sous pression sous l'angle de la maîtrise de la conformité des installations à leurs exigences de conception, de réalisation et d'exploitation.

### 2.4.8 L'évaluation de la conformité des installations aux exigences

Les programmes d'essais périodiques, de maintenance et de remplacement des matériels, la démarche de réexamen périodique de la sûreté des réacteurs, ainsi que la correction des écarts doivent permettre à l'exploitant de contrôler et de veiller au maintien dans le temps de la capacité des matériels d'une centrale nucléaire à assurer les fonctions qui leur sont assignées pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement.

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

En 2016 et en 2017, l'ASN a identifié parmi ses thèmes prioritaires d'inspection la gestion des écarts affectant les centrales nucléaires. Les résultats des inspections menées en 2017 mettent de nouveau en lumière les difficultés rencontrées par les centrales nucléaires pour l'identification, la caractérisation et le traitement des écarts.

Les contrôles menés ou demandés en 2017 par l'ASN, pendant les arrêts programmés de réacteurs comme pendant les périodes de production des réacteurs, ont mis en évidence

plusieurs écarts qui remettaient en question la disponibilité réelle de certains systèmes importants pour la sûreté des installations, tels que les systèmes électriques ou la source froide. Certains défauts identifiés sont liés à la conception des équipements. C'est le cas par exemple de l'événement significatif pour la sûreté, classé au niveau 2 de l'échelle INES, relatif à l'absence de démonstration de la tenue au séisme des ancrages dans le génie civil des systèmes auxiliaires des diesels de secours des réacteurs de 1 300 MWe de Fessenheim et du Bugey. D'autres défauts sont liés à un mauvais état ou à des non-conformités par rapport aux plans des équipements : par exemple l'insuffisance de résistance au séisme, consécutive à une corrosion qui s'est développée en l'absence d'une maintenance préventive adaptée, de certaines tuyauteries pouvant conduire à la perte totale de la source froide de certains réacteurs de 900 MWe, ou encore la non-conformité de supports sur des tuyauteries du circuit d'eau brute secourue de certains réacteurs de la centrale nucléaire de Gravelines.

L'ASN considère que ces nombreux écarts, dont certains ont été classés au niveau 2 de l'échelle INES en 2017, sont révélateurs d'une dégradation de l'état réel des installations, et qu'EDF doit sensiblement améliorer la maîtrise de la conformité de ses installations. L'ASN a prescrit la réparation des écarts les plus importants dans des délais courts et a réalisé des inspections de contrôle de bonne réalisation de ces réparations. L'ASN sera particulièrement attentive à l'évolution de la situation en 2018, et poursuivra à cet égard les inspections sur l'état des matériels et des systèmes.

La maîtrise de la conformité des installations en exploitation constituera un axe de contrôle majeur de l'ASN en 2018 et sera notamment examinée en vue de la préparation du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, dont le premier exercice est prévu à partir de 2019.

### L'analyse des statistiques sur les événements significatifs

En application des règles relatives à la déclaration des événements significatifs (voir chapitre 4, point 3.3), l'ASN a reçu de la part d'EDF, en 2017, 688 événements significatifs au titre de la sûreté, 130 au titre de la radioprotection et 98 au titre de la protection de l'environnement.

Le graphique 1 présente l'évolution du nombre d'événements significatifs déclarés par EDF et classés sur l'échelle INES depuis 2008.

Le graphique 2 présente l'évolution depuis 2008 du nombre d'événements significatifs en fonction du domaine de déclaration : événements significatifs pour la sûreté (ESS), événements significatifs pour la radioprotection (ESR) et événements significatifs pour l'environnement (ESE).

Plusieurs événements similaires ou résultant de causes communes affectent plusieurs centrales nucléaires. Ils sont regroupés sous l'appellation d'événements significatifs génériques

(ESG). Dix-sept ont été déclarés en 2017 dans le domaine de la sûreté, un dans le domaine de la radioprotection et un dans le domaine de l'environnement.

Le nombre d'événements significatifs a augmenté d'environ 17 % en 2017 par rapport à l'année précédente. Le détail des événements significatifs pour chaque site est présenté au chapitre 8.

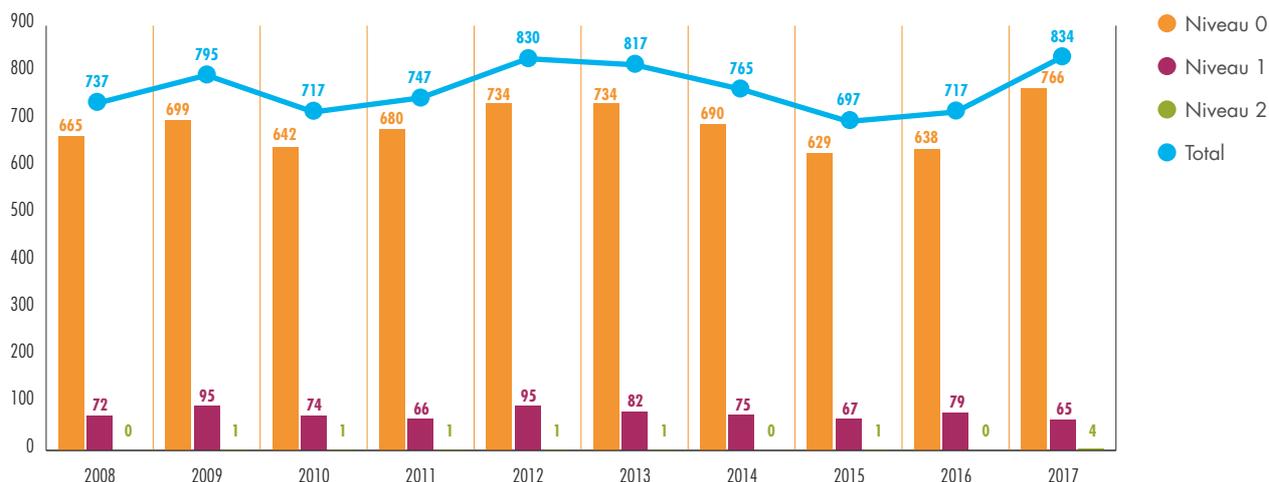
## 2.5 La prévention et la maîtrise de l'impact environnemental et sanitaire

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

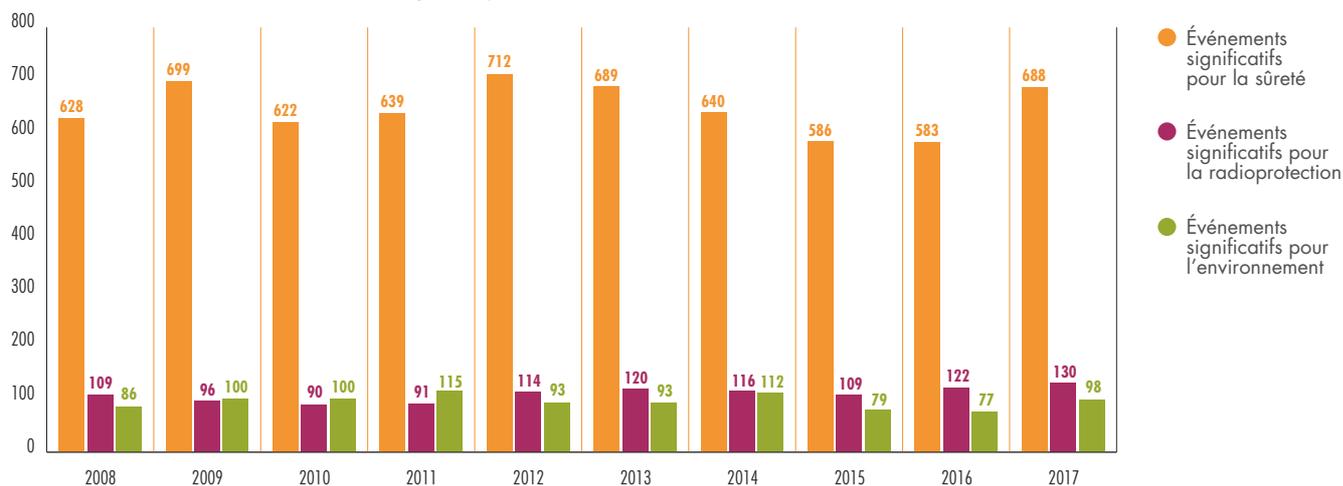
#### Le contrôle de la gestion des prélèvements et des rejets dans l'environnement

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

GRAPHIQUE 1 : évolution du nombre d'événements significatifs classés sur l'échelle INES dans les centrales nucléaires d'EDF de 2008 à 2017



GRAPHIQUE 2 : évolution du nombre d'événements significatifs par domaine dans les centrales nucléaires d'EDF de 2008 à 2017



Les événements hors échelle INES sont également pris en compte.

chapitre 4, point 4.1). Les lois et textes réglementaires relatifs à la protection de l'environnement applicable aux centrales nucléaires de production d'électricité françaises sont composés de textes réglementaires génériques, principalement le code de l'environnement, l'arrêté du 7 février 2012 et les décisions de l'ASN n° 2013-DC-0360 du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base, et n° 2017-DC-0588 du 6 avril 2017 relative aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des réacteurs électronucléaires à eau sous pression, ainsi que de textes réglementaires spécifiques à chacune des centrales nucléaires :

- les décisions fixant les modalités de prélèvement et de consommation d'eau et de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux (chimiques et radioactifs) ;
- les décisions fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux (chimiques et radioactifs). Ces décisions sont homologuées par le ministre chargé de la sûreté nucléaire ;
- les arrêtés préfectoraux d'autorisation de prélèvement d'eau et de rejets d'effluents liquides et gazeux : antérieurs à novembre 2006, ils contiennent des prescriptions relatives aux modalités et aux limites de rejet 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 réacteurs électronucléaires à eau sous pression. Ces prescriptions sont notamment applicables à la gestion et à la surveillance des prélèvements d'eau et des rejets d'effluents, à la surveillance de



Exercice de mise en oeuvre de dispositifs de protection de l'environnement, centrale nucléaire du Bugey, 2017.

l'environnement et à l'information du public et des autorités (voir chapitre 4, point 4.1).

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

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

## À NOTER

### **Homologation de la décision n° 2017-DC-0588 de l'ASN du 6 avril 2017 relative aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des réacteurs électronucléaires à eau sous pression**

Chaque décision individuelle de l'ASN fixant les modalités de prélèvement et de rejet contient une centaine de prescriptions génériques applicables à l'ensemble des centrales nucléaires françaises. Ces prescriptions sont relatives aux modalités de prélèvements, de rejets gazeux, liquides et thermiques, et de surveillance de l'environnement.

La décision n° 2017-DC-0588 de l'ASN du 6 avril 2017, homologuée par l'arrêté du 14 juin 2017, permet de réunir ces prescriptions génériques dans un même texte, en améliorant la cohérence des prescriptions applicables aux centrales nucléaires françaises. Elle ne propose pas

d'évolution majeure du contenu des prescriptions actuellement applicables. Le contenu de certaines prescriptions qui figurent actuellement dans les décisions individuelles peut toutefois avoir évolué, notamment afin de clarifier les attentes de l'ASN ou d'ajouter de nouvelles dispositions.

Cette décision, applicable depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018, constitue un socle réglementaire minimal que l'ASN élargira dans chaque décision individuelle, dès lors que des prescriptions complémentaires en matière de gestion des prélèvements et des rejets s'avèrent nécessaires au vu des spécificités du site et de son environnement.

### Le contrôle de la gestion des déchets

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

Conformément au code de l'environnement, EDF procède à un tri à la source des déchets en distinguant notamment les déchets issus de zones nucléaires des autres déchets. Pour l'ensemble des déchets, l'ASN examine l'étude produite par l'exploitant portant sur la gestion des déchets. Ce document est spécifique à chaque installation, tel que requis par la réglementation, comme décrit au chapitre 3 point 3.4. 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 des écarts constatés et de l'organisation du site, la liste des faits marquants survenus et des perspectives.

Les éléments extraits des bilans annuels transmis par l'exploitant à l'ASN, les études de gestion des déchets ainsi que les inspections réalisées par les inspecteurs de l'ASN constituent la base utilisée par l'ASN pour contrôler la gestion des déchets produits par les centrales nucléaires d'EDF et le respect de la réglementation.

### 2.5.2 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 d'imprévu qui donneraient lieu à une pollution.

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

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

L'ASN suit avec attention, par ses contrôles sur le terrain, les dispositions organisationnelles et matérielles mises en place par



## COMPRENDRE

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

À la suite d'une demande de l'ASN formulée en 2013, EDF a engagé un état des lieux de sa capacité à prévenir, de manière fiable et pérenne, les écoulements accidentels dans l'environnement de substances dangereuses et d'effluents susceptibles de résulter de la lutte contre un incendie.

Ces écoulements, s'ils n'ont pas été recueillis en amont, sont susceptibles de se déverser dans le réseau des eaux usées et pluviales du site et *in fine* dans l'environnement.

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

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

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

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

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

L'ASN contrôle, par sondage, notamment au cours d'inspections, la mise en œuvre effective de ce programme national d'amélioration.

EDF pour gérer les substances dangereuses présentes dans ses installations et pour faire face à une éventuelle pollution.

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

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

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

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

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

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

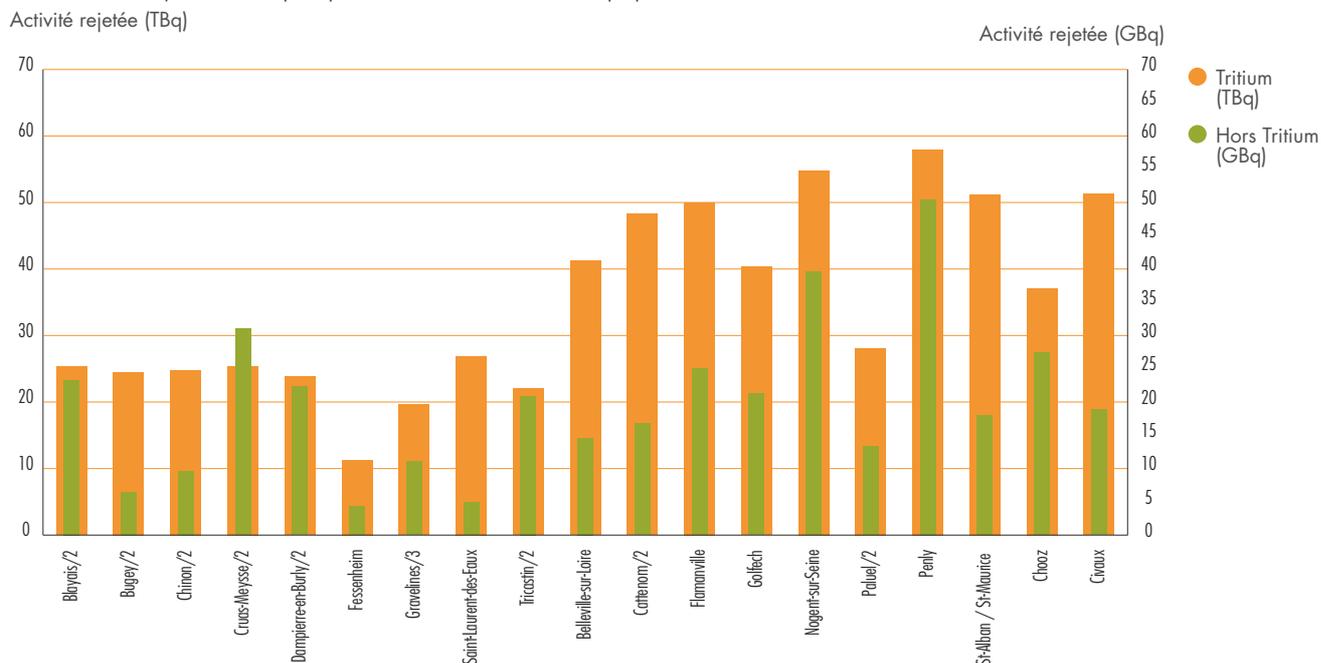
**Évaluation de la prévention des nuisances, de la maîtrise des rejets dans l'environnement et de la gestion des déchets**

En 2017, l'ASN a mené 46 inspections relatives à la maîtrise des nuisances et de l'impact des centrales nucléaires sur l'environnement, représentant une cinquantaine de jours cumulés. Ces inspections ont principalement porté sur la prévention des nuisances, la maîtrise des rejets dans l'environnement et la gestion des déchets. Les centrales nucléaires du Bugey, de Saint-Alban/Saint-Maurice et du Tricastin ont fait l'objet d'une inspection renforcée.

L'organisation en matière de maîtrise des nuisances et de l'impact des centrales nucléaires sur l'environnement est jugée globalement satisfaisante sur la plupart des sites. Les premières dispositions de la décision n° 2016-DC-0578 de l'ASN du 6 décembre 2016, étant entrées en vigueur en avril 2017, l'ASN a d'ores et déjà procédé au contrôle des centrales nucléaires de Golfech et de Cruas-Meysses, et poursuivra ses contrôles en 2018. Sur la base de ces contrôles, l'ASN constate que les dispositions prises par les sites pour prévenir les risques de dispersion de micro-organismes pathogènes par les installations de refroidissement du circuit secondaire des REP doivent être renforcées.

La gestion opérationnelle des déchets radioactifs et conventionnels est globalement perfectible sur les centrales nucléaires, notamment lors des périodes d'arrêt pour maintenance des réacteurs. Toutefois, l'ASN note favorablement les actions lancées par EDF portant sur la détermination de nouvelles méthodes de traitement des déchets ou de nouvelles filières.

**GRAPHIQUE 3 :** rejets radioactifs liquides pour les centrales nucléaires en 2017 (par paire de réacteurs)

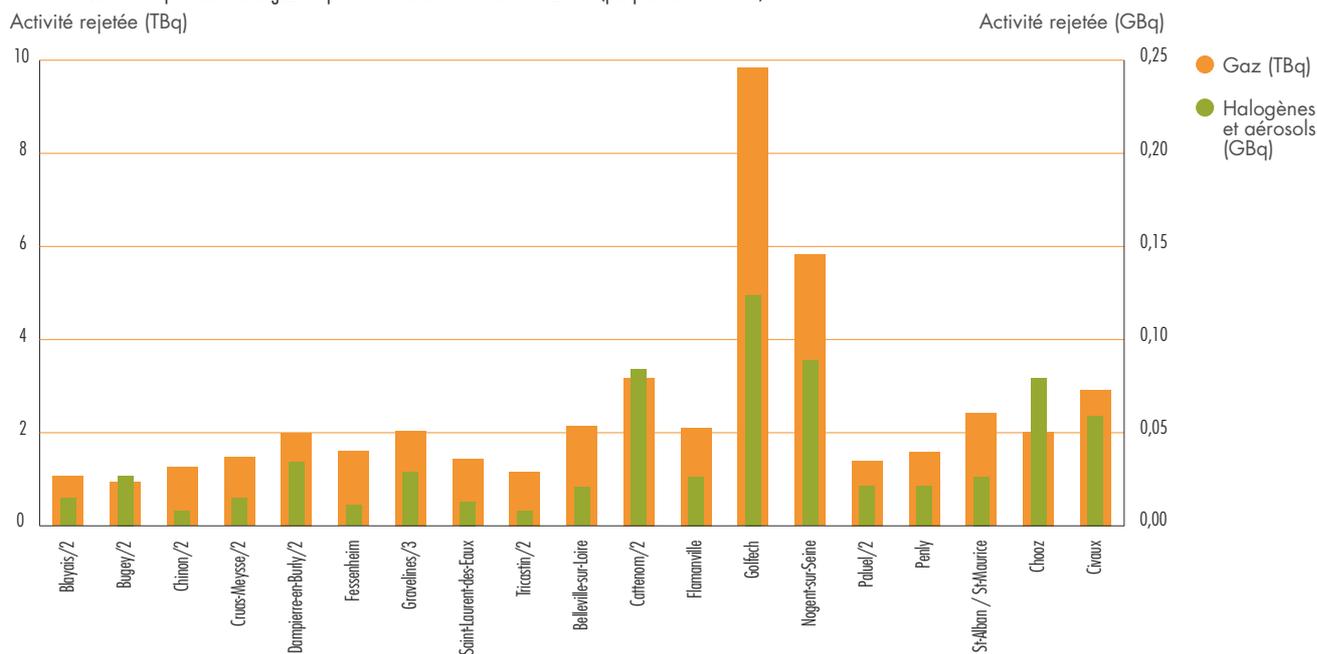


Chaque site pouvant avoir un nombre de réacteurs différents, pour permettre la comparaison d'un site à l'autre, les résultats sont ramenés par « paire de réacteurs ». Cela revient par exemple à :

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

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

**GRAPHIQUE 4 :** rejets radioactifs gazeux pour les centrales nucléaires en 2017 (par paire de réacteurs)



Chaque site pouvant avoir un nombre de réacteurs différents, pour permettre la comparaison d'un site à l'autre, les résultats sont ramenés par « paire de réacteurs ». Cela revient par exemple à :  
 • conserver les résultats en l'état pour le site de Golfach, qui a deux réacteurs ;  
 • diviser par deux ceux de Chinon, qui a quatre réacteurs (Chinon/2) ;  
 • diviser par trois ceux de Gravelines, qui a six réacteurs (Gravelines/3).

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

- En 2018, l'ASN mènera en particulier des inspections sur :
- la détection et le traitement des écarts relatifs à la conformité des installations ;
  - le suivi des activités réalisées par des prestataires ;
  - la prévention et la gestion des déversements de substances dangereuses ;
  - la qualité de la documentation relative aux risques conventionnels et aux modalités d'exploitation des installations, notamment en ce qui concerne l'affichage de certaines consignes au niveau des installations et l'étiquetage des substances dangereuses ;
  - la démarche d'intégration par EDF des équipements et activités relatifs à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur l'environnement parmi les éléments et activités importants pour la protection définis par l'arrêté du 7 février 2012 ;
  - les écarts aux référentiels d'exploitation concernant la gestion des déchets, notamment en ce qui concerne le respect des capacités maximales d'entreposage de déchets radioactifs dans les bâtiments et aires dédiées.

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

La contribution de l'homme et des organisations à la sûreté des centrales nucléaires est déterminante au cours de toutes les étapes du cycle de vie des installations (conception, construction, mise en service, fonctionnement, démantèlement). L'ASN s'intéresse donc aux conditions qui favorisent ou pénalisent la contribution des intervenants et des collectifs de travail à la sûreté des centrales nucléaires. Elle définit les facteurs sociaux, organisationnels et humains (FSOH)

comme l'ensemble des éléments des situations de travail et de l'organisation qui vont avoir une influence sur l'activité de travail des opérateurs.

### 2.6.1 Le contrôle du fonctionnement des organisations

#### Le système de gestion intégrée

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

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

Le contrôle de l'ASN sur le fonctionnement des organisations d'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 compétences et les effectifs nécessaires

à la réalisation de ces activités. Dans le cadre du traitement des suites des évaluations complémentaires de sûreté, l'ASN a pris en 2017 une première position sur la méthode de dimensionnement des effectifs déclinée par EDF pour gérer les situations extrêmes.

### *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 réacteurs 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 en matière de protection des intérêts et être en mesure de surveiller effectivement la qualité des travaux effectués par les sous-traitants. Une sous-traitance mal maîtrisée est en effet susceptible de conduire à une mauvaise qualité du travail réalisé et d'avoir un impact négatif sur la sûreté de l'installation et la radioprotection des intervenants.

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

L'ASN contrôle les conditions d'exercice des activités (accessibilité des locaux, ambiance sonore, thermique et lumineuse, 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 du travail et les conditions d'intervention des intervenants*

L'ASN relève toujours en 2017 de nombreuses insuffisances concernant la planification et la préparation individuelle et collective des activités, phases clés de la fiabilisation des interventions du point de vue de la sûreté, que celles-ci soient sous-traitées ou non. Ces insuffisances, notamment pendant les arrêts de réacteur, conduisent à des modifications de planning qui sont à l'origine de la dégradation des conditions d'intervention du fait d'un accroissement des co-activités dans les mêmes locaux et des difficultés de coordination de ces dernières.

Les contrôles de la mise en œuvre des pratiques de fiabilisation des interventions sur les centrales nucléaires montrent qu'elles doivent encore être améliorées. En 2017, l'ASN a constaté à plusieurs reprises, d'une part, que les matériels devant être mis à la disposition des intervenants sont inadaptés, voire absents, d'autre part, que certaines activités sont réalisées dans des locaux exigus, difficilement accessibles dans des environnements de travail défavorables (luminosité, chaleur, bruit), des défauts de signalétique et des problèmes logistiques. Les difficultés de communication entre services ou entre corps de métiers pendant la réalisation d'une activité viennent accentuer les risques de défaut de maîtrise des activités.

L'ASN constate encore que des documents mis à disposition des intervenants extérieurs sont inadaptés ; ce qui conduit régulièrement à la survenue d'événements significatifs.

Les contrôles engagés en 2016 par l'ASN ont amené EDF à identifier de nouvelles situations et de nouveaux événements du même type en 2017. Ces contrôles seront maintenus en 2018.

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

L'ASN considère la démarche SOH<sup>1</sup> d'EDF comme pertinente et nécessaire pour assurer la maîtrise des installations, de leurs modifications et des conditions de réalisation de ces dernières. Cette démarche, dont le déploiement doit être poursuivi, a des effets encore insuffisants. L'ASN relève encore des modifications non réalisables dans les conditions initialement prévues.

En 2017, l'ASN a procédé à plusieurs inspections des services centraux d'EDF pour contrôler que les processus mis en œuvre par l'exploitant respectent bien les principes de la conception centrée sur l'utilisateur.

### *Le management 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 globalement satisfaisante.

L'ASN a toutefois constaté en 2017, sur plusieurs sites, des insuffisances en matière de formation des personnels dont l'origine peut être en partie attribuée aux départs massifs en retraite. Certaines compétences pointues ou critiques ne reposent que sur un seul individu. L'ASN considère toujours en 2017 que les processus que met en œuvre EDF pour créer et maintenir les compétences nécessaires à la maîtrise des activités, dont les activités de conduite des réacteurs, doivent faire l'objet d'une attention particulière de la part d'EDF.

Compte tenu des départs en retraite à venir et de l'ampleur des travaux à réaliser pour permettre la poursuite du fonctionnement des réacteurs, l'ASN contrôlera que les plans d'action mis en œuvre par EDF pour corriger les insuffisances constatées produisent leurs effets attendus.

### *Le processus de retour d'expérience*

Le retour d'expérience, en tant que démarche organisée et systématique de recueil et d'exploitation des signaux que donne un système, est l'un des outils essentiels du management de la sûreté et de la radioprotection. Si les analyses d'événements significatifs réalisées par certains sites permettent d'aller au-delà des causes apparentes et mettent en exergue des dysfonctionnements organisationnels, ce n'est pas le cas sur tous les sites, ce qui traduit une mobilisation hétérogène des personnels compétents dans les domaines des facteurs organisationnels et humains. L'ASN

<sup>1</sup> Au niveau national, EDF a développé la démarche « aspects sociaux, organisationnels et humains – SOH » qui a pour ambition de transformer les pratiques d'ingénierie chez EDF, pour mieux tenir compte des hommes et des organisations dans l'évolution des systèmes et dans la modification des matériels et des organisations, ceci dès la phase de conception.

constate par ailleurs que des mesures correctives mises en œuvre par EDF ne permettent pas toujours de répondre aux dysfonctionnements organisationnels mis en lumière par ces analyses.

D'une manière générale, le partage et l'usage effectif des enseignements tirés du retour d'expérience font défaut, que ce soit entre les sites, entre les services au sein d'un même site ou entre les sites et les services centraux d'EDF. L'ASN contrôlera, en 2018, que les plans d'action engagés par EDF pour mieux partager le retour d'expérience, y compris avec les intervenants extérieurs, et les enseignements qu'il convient d'en tirer, produisent les effets attendus.

## 2.7 La radioprotection des personnels

### 2.7.1 Le contrôle de la radioprotection des personnels

L'exposition aux rayonnements ionisants dans un réacteur électronucléaire provient de l'activation des produits de corrosion du circuit primaire (majoritairement) et des produits de fission du combustible. Tous les types de rayonnements sont présents (neutrons,  $\alpha$ ,  $\beta$  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...), avec, le cas échéant, l'appui de l'IRSN.

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

### Les événements de contaminations significatives

Trois événements de contaminations significatives ont été déclarés en 2017 dans les centrales nucléaires exploitées par EDF. Ces événements, qui ont entraîné une exposition supérieure au quart de la limite réglementaire par centimètre carré de peau, ont été classés au niveau 1 sur l'échelle INES. Ils concernent :

- la contamination au visage d'un intervenant prestataire affecté à des opérations de repli d'un chantier de maintenance à la centrale nucléaire du Blayais ;
- la contamination de la peau au niveau de l'aîne d'un intervenant prestataire affecté à des activités de maintenance d'une presse compactant des déchets radioactifs de la centrale nucléaire de Fessenheim ;

- la contamination de la peau à l'arrière de l'oreille d'un intervenant prestataire affecté à des opérations de maintenance de la machine de chargement du combustible à la centrale nucléaire de Cattenom.

### Les inspections renforcées sur la radioprotection

L'ASN a mené en 2017 des inspections renforcées sur la radioprotection dans les centrales nucléaires de Cattenom, Chooz et Nogent-sur-Seine. Ces inspections ont mobilisé, pour chacune d'entre elles, six à huit inspecteurs de l'ASN et deux à trois experts de l'IRSN. Ceux-ci ont examiné notamment l'organisation et le management de la radioprotection, la prise en compte du retour d'expérience, la maîtrise des chantiers, l'application de la démarche d'optimisation, la maîtrise de la propreté radiologique et la gestion des sources radioactives. Les principaux points forts, relevés par les inspecteurs, résident dans les initiatives mises en œuvre pour améliorer les conditions de travail des intervenants. L'ASN considère que des améliorations doivent être apportées sur le processus d'optimisation de la dosimétrie des interventions, la caractérisation et l'analyse des écarts relatifs à la radioprotection et la prise en charge des agents contaminés.

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

En 2017, l'ASN a mené 27 inspections relatives à la radioprotection.

La dosimétrie collective sur l'ensemble des réacteurs a diminué en 2017 par rapport à l'année 2016 (graphique 6), tout comme la dose moyenne reçue par les travailleurs pour une heure de travail en zone contrôlée. Les doses reçues par les travailleurs sont réparties selon une distribution illustrée ci-après par les graphiques 5 et 6.

Le graphique 5 présente la répartition des intervenants en fonction de la dosimétrie externe pour le corps entier. On constate que la dosimétrie de 78 % des travailleurs exposés est inférieure à 1 mSv pour l'année 2017, 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 2017.

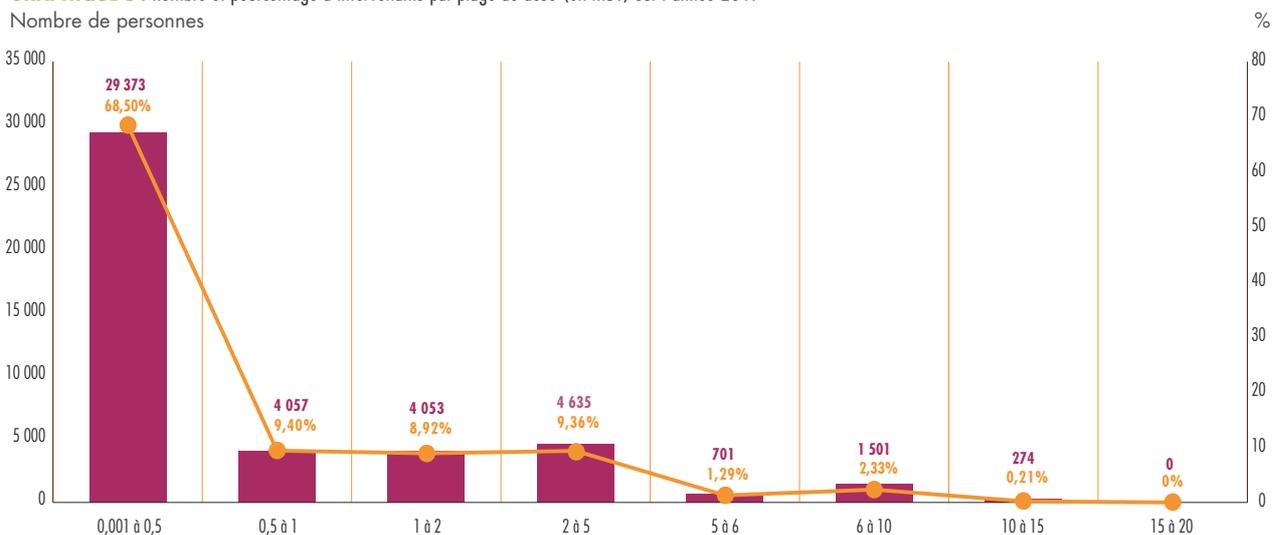
Le graphique 6 présente l'évolution au cours des dix dernières années de la dose collective reçue par les travailleurs dans les centrales nucléaires. Ce graphique montre une réduction de la dose collective moyenne par réacteur, traduisant des résultats contrastés entre les sites, et la poursuite des efforts d'optimisation dans un contexte d'évolution à la hausse du volume des travaux de maintenance en zone contrôlée ces dernières années.

Le graphique 7 présente l'évolution de la dosimétrie individuelle moyenne pour le corps entier en fonction des catégories de métiers de travailleurs intervenant dans les centrales nucléaires. Les catégories de travailleurs les plus exposés en 2017 sont les personnels en charge du calorifugeage, du contrôle, de l'inspection et du soudage.

L'ASN considère que la situation des centrales nucléaires en 2017 dans le domaine de la radioprotection est perfectible sur les points suivants plus particulièrement :

- l'organisation relative à la maîtrise de la dispersion de la contamination à l'intérieur du bâtiment réacteur doit être améliorée, notamment vis-à-vis du confinement des chantiers ;

**GRAPHIQUE 5 :** nombre et pourcentage d'intervenants par plage de dose (en mSv) sur l'année 2017

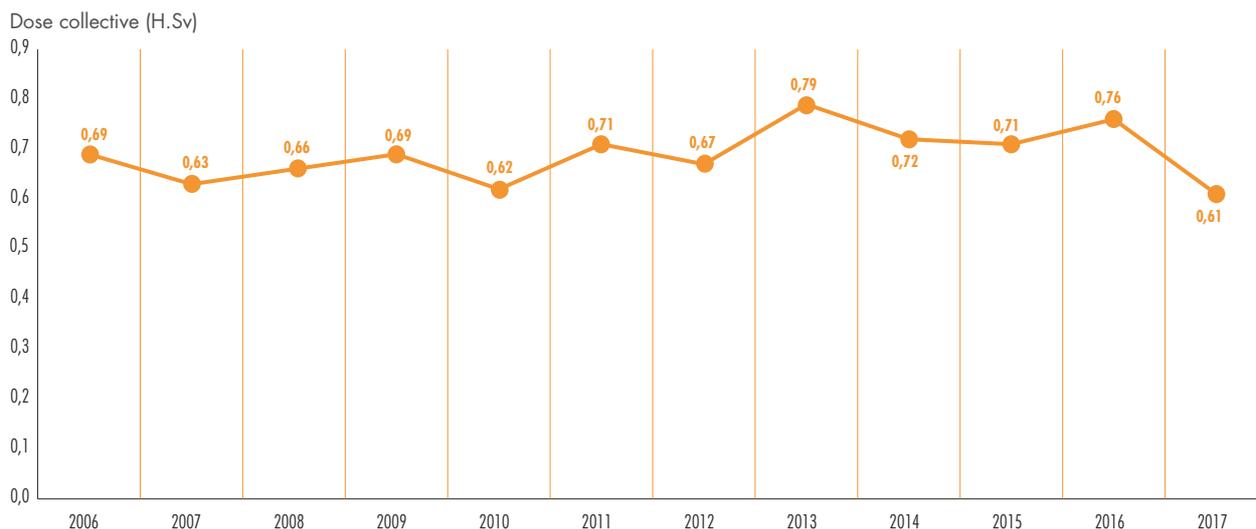


Source : EDF

- un manque de culture de radioprotection de certains intervenants a été relevé par les inspecteurs de l'ASN sur plusieurs sites ;
- la maîtrise des chantiers de radiographie industrielle reste fragile. En particulier, l'ASN relève plusieurs événements relatifs à des franchissements du balisage des zones d'opération ou la présence d'intervenants dans le balisage de zones d'exclusion. Des progrès sont attendus concernant la préparation des chantiers, en particulier la prise en compte de la co-activité et la qualité des visites d'installation réalisées lors de la préparation des chantiers ;
- la démarche d'optimisation de la radioprotection est en retrait par rapport aux années précédentes. L'ASN relève en particulier des objectifs dosimétriques prévisionnels d'arrêt de réacteur peu ambitieux. Des progrès sont également attendus dans l'élaboration des analyses de risques des interventions et la prise en compte des aléas ;
- la maîtrise du zonage radiologique et des dispositions associées reste fragile. En particulier, les analyses de risques des interventions n'identifient pas toujours les risques d'entrée dans une zone spécialement réglementée ;
- des défaillances dans le processus d'analyse des alarmes des dosimètres opérationnels et dans l'évaluation du caractère significatif de ces événements ont été mises en évidence au cours d'inspections de l'ASN en 2016 et 2017, ce qui a conduit EDF à déclarer un événement significatif générique pour la radioprotection.

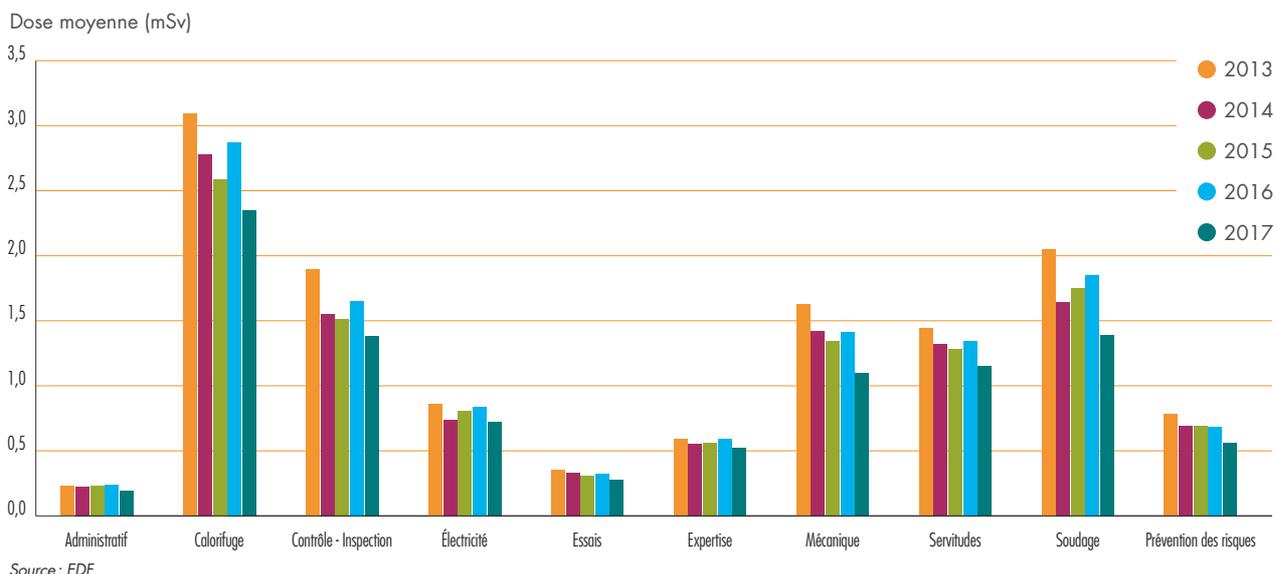
Des défaillances dans le processus de prise en charge des intervenants contaminés ont été identifiées dans plusieurs centrales nucléaires. Celles-ci peuvent conduire à des retards de prise en charge, des difficultés d'évaluation des doses et peuvent favoriser des comportements inappropriés à la sortie des zones à risque de contamination.

**GRAPHIQUE 6 :** dose collective moyenne par réacteur



Source : EDF

**GRAPHIQUE 7 :** évolution de la dose individuelle moyenne en fonction des catégories de métiers des travailleurs intervenant dans les centrales nucléaires



Les conditions de prise en charge des agents contaminés sont contrôlées par l'ASN, notamment à travers des exercices de mise en situation. Les défaillances constatées font l'objet de demandes d'actions correctives.

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

## 2.8 Le droit du travail dans les centrales nucléaires

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

L'ASN exerce les missions d'inspection du travail dans les 58 réacteurs en fonctionnement, (répartis dans les 19 centrales

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

L'inspection du travail a pour mission de veiller à l'application de l'ensemble du code du travail par les employeurs, qu'il s'agisse d'EDF ou des entreprises prestataires.

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

L'ASN a mis en place en 2017 un plan d'action visant à renforcer les moyens et l'organisation de l'inspection du travail. Ainsi, au 31 décembre 2017, l'ASN dispose pour les missions d'inspection du travail de :

- 18 inspecteurs du travail dont un en cours de formation, affectés dans ses divisions territoriales, au plus près des sites ;
- une directrice du travail au niveau central, chargée d'animer et de coordonner le réseau des inspecteurs du travail et d'assurer l'interface avec le ministère en charge du travail.

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

En matière de santé et de sécurité au travail, les contrôles de l'inspection du travail de l'ASN en 2017 ont notamment porté sur les champs suivants :

- la conformité des équipements de travail et plus particulièrement les appareils de levage. Une action collective a été menée par l'ensemble du réseau des inspecteurs du travail : des demandes de vérification de la conformité réglementaire ont été faites par les inspecteurs du travail sur tous les sites pour les machines de chargement. À la suite de ces demandes qui ont fait apparaître de nombreuses non-conformités, EDF a engagé un plan d'action de mise en conformité ;



Inspection du travail de l'ASN à la centrale nucléaire de Gravelines, août 2017.

- l'utilisation des installations électriques. Plusieurs inspections ont été engagées sur ce thème sur plusieurs sites, ce qui a conduit EDF à s'engager dans une démarche de mise en conformité ;
- les chantiers présentant des risques liés à la présence d'amiante. Les inspecteurs du travail sont particulièrement vigilants à la prévention du risque d'inhalation de ces fibres lors de leurs inspections et ont été amenés à faire des rappels de la réglementation ;
- l'utilisation de produits chimiques cancérigènes, mutagènes ou ayant un impact sur la reproduction.

Les enquêtes en matière d'accidents du travail, sont menées de façon systématique en cas d'accident grave ou de presque accident grave. Quatre accidents mortels ont été déplorés en 2017 : trois dus à des malaises cardiaques et un à une électrocution.

### Sous-traitance et prestations de service internationales

Des actions ont été menées en 2017 en matière de contrôle des déclarations et des conditions de détachement des salariés d'entreprises étrangères.

### Procédures pénales 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 2017, à l'ouverture de huit procédures pénales à l'encontre d'EDF ou d'entreprises prestataires dans les domaines suivants : risque amiante, risque électrique, ventilation des locaux, risque de chute de hauteur, conformité d'appareils de levage, détachement de travailleurs, non-déclaration d'accidents du travail.

En matière de durée du travail (non-respect des durées maximales quotidiennes et hebdomadaires de travail et non-respect des durées minimales de repos quotidien et hebdomadaire), les 11 procédures pénales engagées depuis plusieurs années par les inspecteurs du travail ont donné lieu à une comparution sur reconnaissance préalable de culpabilité par le parquet de Paris.

La proposition de peine a été homologuée par le juge le 21 avril 2017. EDF a été condamnée à des contraventions de 1 500 € par salarié (soit un total de 195 000 € pour les 130 salariés) et à 5 000 € pour le délit d'obstacle aux inspecteurs du travail.

Cette condamnation résulte du travail important qui a été fourni par l'inspection du travail de l'ASN et illustre l'intérêt des actions de contrôle collectives et coordonnées.

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

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

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

En matière de durée du travail, les durées de repos quotidien et hebdomadaire sont globalement mieux respectées mais la vigilance doit perdurer quant au respect des durées de travail maximales quotidienne et hebdomadaire.

## 2.9 Le retour d'expérience de l'accident de Fukushima

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

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

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

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

L'ASN a complété ses demandes par un ensemble de décisions en date du 21 janvier 2014 visant à préciser certaines dispositions de conception du « noyau dur », en particulier, la définition et la justification des niveaux d'agressions naturelles externes extrêmes à retenir pour le « noyau dur ».

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

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

Compte tenu de la nature des travaux demandés, il est nécessaire que l'exploitant procède à des études de conception, de construction et d'installation de nouveaux équipements qui nécessitent, d'une part, des délais, 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 exploitation, il est aussi nécessaire de veiller à ce que leur réalisation ne dégrade pas la sûreté des centrales nucléaires.

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

#### Phase 1 (2012-2015)

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

À la fin 2015, EDF avait déployé les dispositions prévues. En particulier, la FARN, qui est l'un des principaux moyens de gestion de crise, a été mise en place. Depuis le 31 décembre 2015, les équipes de la FARN ont une capacité d'intervention simultanée sur l'ensemble des réacteurs d'un site en moins de 24 heures (jusqu'à six réacteurs dans le cas du site de Gravelines).

#### Phase 2 (2015-2021)

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

- la mise en place d'un diesel d'ultime secours de grande capacité nécessitant la construction d'un bâtiment dédié ;
- la mise en place d'une source d'eau ultime ;
- la mise en place d'un dispositif d'appoint d'eau ultime pour chaque réacteur et chaque piscine d'entreposage du combustible ;
- le renforcement de la tenue sismique du filtre de l'événement de l'enceinte de confinement ;
- la construction sur chaque site d'un centre de crise local capable de résister à des agressions externes extrêmes (fonctionnellement autonome en situation de crise).

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

#### Phase 3 (à partir de 2019)

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

- l'évacuation de la puissance résiduelle par les GV au moyen d'un circuit d'alimentation de secours ultime et indépendant, alimenté par la source d'eau ultime ;

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

La mise en place du « noyau dur » et en particulier les dispositions des phases 2 et 3 nécessitent de valider les hypothèses de conception des dispositions matérielles, de vérifier que les solutions proposées par l'exploitant permettent de répondre aux objectifs de sûreté fixés et que celles-ci sont technologiquement réalisables.

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

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

## 2.10 La poursuite du fonctionnement des centrales nucléaires

### 2.10.1 L'âge des centrales nucléaires

Les centrales nucléaires actuellement en fonctionnement en France ont été construites sur une période de temps assez courte : 45 réacteurs électronucléaires représentant près de 50 000 MWe, soit les trois quarts de la puissance délivrée par l'ensemble des réacteurs électronucléaires français, ont été mis en service entre 1980 et 1990, et sept réacteurs, représentant 10 000 MWe, entre 1991 et 2000. En décembre 2017, la moyenne d'âge des réacteurs, calculée à partir des dates de première divergence, se répartit comme suit :

- 36 ans pour les 34 réacteurs électronucléaires de 900 MWe ;
- 30 ans pour les 20 réacteurs électronucléaires de 1 300 MWe ;
- 20 ans pour les quatre réacteurs électronucléaires de 1 450 MWe.

**CHRONOLOGIE** de première divergence des réacteurs électronucléaires français à fin 2017



Source: ASN

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

**À NOTER**

**La mise en œuvre du troisième réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe**

La première visite décennale associée au troisième réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe a commencé en 2015. Les contrôles réalisés par l'ASN ont révélé qu'EDF a décidé d'adapter ou de déprogrammer la mise en œuvre de certaines modifications des installations prévues lors de ces visites décennales et autorisées par l'ASN. L'ASN a demandé des compléments à l'exploitant afin de contrôler que le redémarrage des réacteurs de 1 300 MWe soit effectué dans un état de référence documentaire et matériel connu et autorisé. Elle a demandé à EDF de redéfinir l'état standard générique d'un réacteur de 1 300 MWe correspondant à l'état visé pour le troisième réexamen périodique. Elle contrôlera que les réacteurs qui redémarreront en 2018 à la suite de leur troisième visite décennale seront conformes à ce nouvel état.

L'ASN a demandé à EDF de tirer le retour d'expérience du déploiement des modifications au cours des troisièmes réexamens périodiques des réacteurs de 1 300 MWe en vue des quatrièmes réexamens des réacteurs de 900 MWe.

### **Le processus de réexamen des réacteurs électronucléaires d'EDF**

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

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

### **L'analyse de l'ASN**

L'orientation des programmes génériques de vérification de l'état de l'installation et de la réévaluation de la sûreté proposée par EDF fait l'objet d'une prise de position de l'ASN après consultation du GPR et éventuellement du GPESPN. Sur cette base, EDF réalise des études de réévaluation de sûreté et définit les modifications à mettre en œuvre.

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

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

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte a complété le cadre applicable aux réexamens périodiques des réacteurs électronucléaires. Elle a notamment soumis à autorisation de l'ASN, après enquête publique, les dispositions proposées par l'exploitant lors des réexamens périodiques au-delà de la 35<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 vieillissement. L'ASN s'assure qu'EDF prend en compte, en cohérence avec sa stratégie générale d'exploitation et de maintenance, les phénomènes liés au vieillissement afin de maintenir un niveau de sûreté satisfaisant des installations pendant toute leur durée de fonctionnement.

Pour appréhender le vieillissement d'une centrale nucléaire, au-delà du simple délai écoulé depuis sa mise en service, un

certain nombre de facteurs doivent être pris en compte, notamment l'existence de phénomènes physiques qui peuvent dégrader les caractéristiques des équipements en fonction de leur usage ou de leurs conditions d'utilisation.

### **Les dégradations des matériels remplaçables**

Le vieillissement des équipements résulte de phénomènes tels que le durcissement de certains aciers sous l'effet de l'irradiation ou de la température, le gonflement de certains bétons, le durcissement des polymères, la corrosion des métaux... Ces dégradations sont généralement prises en compte dès la conception et la fabrication des installations puis dans un programme de surveillance et de maintenance préventive, voire de réparation ou de remplacement si nécessaire.

### **La durée de vie des équipements irremplaçables**

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

### **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 lesquelles 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 de surveillance périodique 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, d'autre part, au vu de l'état des installations lors de leur troisième visite décennale (VD3).

Cette méthodologie comporte une première phase générique qui vise à se prononcer sur la prise en compte du vieillissement pour un type de réacteurs similaires. Dans un deuxième temps, à l'occasion de la VD3 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 VD3.

Dans la perspective envisagée d'une poursuite du fonctionnement des réacteurs électronucléaires au-delà de leur quatrième visite décennale (VD4), EDF a prévu de reconduire une telle démarche qui sera étendue à l'ensemble des systèmes, structures et composants importants pour la maîtrise non seulement des risques radiologiques mais aussi des risques conventionnels.

### 2.10.3 La maîtrise du processus de réexamen par EDF

#### Les réacteurs de 900 MWe

##### Le troisième réexamen périodique

En juillet 2009, l'ASN a pris position sur les aspects génériques de la poursuite du fonctionnement des réacteurs de 900 MWe au-delà de 30 ans. L'ASN n'a pas identifié d'élément générique mettant en cause la capacité d'EDF à maîtriser la sûreté des réacteurs de 900 MWe jusqu'au prochain réexamen périodique. L'ASN considère que le nouveau référentiel de sûreté présenté dans le rapport de sûreté générique des réacteurs de 900 MWe et les modifications de l'installation envisagées par EDF sont de nature à maintenir et à améliorer le niveau de sûreté global de ces réacteurs 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 réalisés dans le cadre de l'examen de conformité du réacteur lors de la troisième visite décennale et sur l'évaluation du rapport de réexamen périodique du réacteur remis par EDF.

En 2017, le réacteur 5 de la centrale nucléaire de Gravelines a intégré les améliorations issues du réexamen périodique dans le cadre de sa VD3, portant à 30 sur 34 le nombre de réacteurs de 900 MWe ayant effectué leur VD3.

L'ASN a, par ailleurs, transmis en 2017 au ministre chargé de la sûreté nucléaire son analyse du rapport de conclusions du

réexamen du réacteur 3 de la centrale nucléaire de Gravelines. 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

La poursuite de fonctionnement des réacteurs électronucléaires au-delà de leur quatrième réexamen périodique revêt une importance particulière à plusieurs titres :

- la période de 40 années d'exploitation correspond aux hypothèses initiales de dimensionnement d'un certain nombre de matériels, notamment en ce qui concerne leur aptitude à fonctionner en condition accidentelle (qualification). Les études portant sur la conformité des installations et la maîtrise du vieillissement des matériels doivent donc être réexaminées en prenant en compte les mécanismes de dégradation réellement constatés et les stratégies de maintenance et de remplacement mises en œuvre par l'exploitant ;
- les modifications associées à ce réexamen périodique permettent de terminer l'intégration sur les réacteurs de 900 MWe des modifications prescrites à l'issue des ECS réalisées à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima. Il s'agit des travaux de la phase 3 (voir point 2.9) ;
- enfin, le souhait d'EDF, exprimé en 2010, de prolonger significativement la durée de fonctionnement des réacteurs électronucléaires au-delà de 40 ans a été examiné par l'ASN. À cet horizon, les réacteurs de 900 MWe coexisteront avec des réacteurs de type EPR ou équivalent dont la conception répond à des exigences de sûreté significativement renforcées. La réévaluation de leur sûreté doit donc être réalisée au regard de ces nouvelles exigences de sûreté, de l'état de l'art en matière de technologies nucléaires et de la durée de fonctionnement visée par EDF.

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

L'ASN a sollicité en avril 2015 l'avis du GPR sur les orientations des études génériques envisagées par EDF sur les différents thèmes retenus dans le dossier d'orientation.

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

L'ASN a pris position en avril 2016 sur l'orientation du programme générique d'études à mener pour préparer les quatrième réexamens périodiques des réacteurs électronucléaires, après avoir consulté le public sur les projets de demandes de compléments à adresser à EDF concernant les études et vérifications à réaliser.

L'ASN mène actuellement l'instruction des études génériques liées à ce réexamen. C'est en particulier le cas des méthodes de

vérification de la conformité des installations et de maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence et des études sur la sûreté des piscines de désactivation, la limitation des conséquences des accidents, l'amélioration de la gestion des accidents avec fusion du cœur, la capacité des installations à résister aux agressions internes et externes et la résistance mécanique des cuves. Les principaux dossiers seront soumis à l'avis du GPR ou du GPESPN en 2018 et 2019. L'ASN prévoit de prendre position sur les études génériques liées à ce réexamen en fin d'année 2020 après avoir recueilli l'avis du GPR sur le bilan du réexamen en 2020.

L'ASN participe également aux travaux institués par le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) pour proposer des modalités d'association du public dans le cadre de ce quatrième réexamen des réacteurs de 900 MWe. La première phase de concertation avec le public aura lieu au second semestre 2018.

Le réacteur 1 de la centrale nucléaire du Tricastin sera le premier réacteur de 900 MWe à effectuer sa quatrième visite décennale, en 2019. Les quatrième visites décennales de réacteurs de 900 MWe s'échelonneront jusqu'en 2030.

### La maîtrise du vieillissement

Dans le cadre de la préparation du quatrième réexamen périodique des réacteurs électronucléaires de 900 MWe, EDF a prévu de reconduire la démarche de maîtrise du vieillissement appliquée depuis le troisième réexamen périodique de ces réacteurs, tout en renforçant ses projets de rénovation et de remplacement de matériels dans la perspective d'une poursuite de leur fonctionnement jusqu'à 60 ans. La maîtrise du vieillissement, en particulier des équipements irremplaçables dont l'intégrité est indispensable à la sûreté (tels que la cuve du réacteur – voir point 2.2 – et son enceinte de confinement – voir point 2.3), et la gestion de l'obsolescence sont essentielles au maintien d'un niveau de sûreté satisfaisant.

L'ASN a considéré en 2013 puis en 2016 que la mise en place d'une organisation permettant d'identifier les différents modes de dégradation des matériels, des parades associées et l'intégration du retour d'expérience répond majoritairement à ses attentes. Néanmoins des compléments sont nécessaires, en particulier pour :

- évaluer le besoin d'opérations de maintenance exceptionnelles ;
- identifier les vulnérabilités possibles des processus industriels de remplacement de composants, y compris en cas d'aléa d'exploitation survenant sur les réacteurs électronucléaires et de proposer les actions permettant d'améliorer la robustesse de ces processus ;
- apporter une justification robuste de la tenue mécanique des cuves au-delà de leur quatrième visite décennale ;
- prendre en compte les effets d'environnement sur le phénomène de fatigue mécanique.

Cette démarche de maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence, en cours d'instruction avec l'appui de l'IRSN, sera à nouveau examinée début 2018 par le GPR et le GPESPN.

Par ailleurs, le sujet de la maîtrise du vieillissement fait l'objet de la première revue thématique (*Topical Peer Review*) prévue par la directive 2014/87/Euratom du Conseil du 8 juillet 2014 modifiant la directive 2009/71/Euratom établissant un

cadre communautaire pour la sûreté nucléaire des installations nucléaires. Cette directive instaure une évaluation par les pairs, tous les six ans, d'un aspect technique lié à la sûreté nucléaire de leurs installations nucléaires. Les modalités de cette revue sont définies par le groupe ENSREG (*European Nuclear Safety Regulators Group*) (voir chapitre 7, point 1.1) placé auprès de la Commission européenne.

### Les réacteurs de 1 300 MWe

#### Le deuxième réexamen périodique

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

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

En application de l'article L. 593-19 du code de l'environnement, l'ASN a transmis en 2014 sa position sur la poursuite de fonctionnement des deux réacteurs électronucléaires de Saint-Alban/Saint-Maurice, des réacteurs 2 et 3 de Cattenom, des deux réacteurs électronucléaires de Nogent-sur-Seine et du réacteur 1 de Penly et a édicté à cette occasion des prescriptions complémentaires visant à renforcer la sûreté de ces réacteurs électronucléaires. Elle prépare actuellement sa position sur la poursuite du fonctionnement des autres réacteurs de 1 300 MWe.

#### Le troisième réexamen périodique

L'ASN s'est prononcée début 2015 sur les aspects génériques de la poursuite du fonctionnement des réacteurs de 1 300 MWe au-delà de 30 années de fonctionnement. L'ASN considère que les actions engagées ou prévues par EDF pour évaluer l'état de ses réacteurs de 1 300 MWe et maîtriser leur vieillissement jusqu'au quatrième réexamen périodique sont acceptables. L'ASN estime également que les modifications identifiées par EDF à l'issue de cette phase d'études contribueront à améliorer significativement la sûreté de ces installations. Ces améliorations portent notamment sur le renforcement de la protection des installations contre les agressions, sur la réduction des rejets de substances radioactives en cas d'accident avec ou sans fusion du cœur et sur la prévention du risque de dénoyage des assemblages de combustible entreposés dans la piscine de désactivation ou en cours de manutention.

Le réacteur 1 de Paluel était le premier réacteur de 1 300 MWe à effectuer sa troisième visite décennale, en 2016. Les réacteurs 3 de Paluel, 1 de Cattenom et 1 de Saint-Alban/Saint-Maurice ont réalisé leur troisième visite décennale en 2016 et 2017. La troisième visite décennale du réacteur 2 de Paluel est en cours. Ces troisième visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe s'échelonneront jusqu'en 2024.

### Les réacteurs de 1 450 MWe

#### Le premier réexamen périodique

Les études génériques et les modifications associées aux premiers réexamens périodiques des réacteurs de 1 450 MWe ont fait l'objet

d'une position de l'ASN en 2012, qui demandait notamment des compléments à EDF pour démontrer le caractère suffisant, soit des études menées, soit des modifications apportées aux installations lors de leur première visite décennale, afin de répondre totalement aux objectifs fixés dans le cadre du réexamen périodique.

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

Les réponses d'EDF et les rapports de conclusions des réexamens périodiques des quatre réacteurs de 1 450 MWe sont en cours d'analyse et l'ASN envisage de transmettre sa position sur la poursuite de leur fonctionnement au ministre chargé de la sûreté nucléaire en 2018.

### Le deuxième réexamen périodique

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

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

## 2.11 L'EPR de Flamanville

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

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

Le Gouvernement en a autorisé la création par le décret n° 2007-534 du 10 avril 2007, après un avis favorable rendu par l'ASN à l'issue de l'instruction. Ce décret a été modifié en 2017 pour prolonger le délai alloué à la mise en service du réacteur.

Après la délivrance de ce décret d'autorisation de création et du permis de construire, la construction du réacteur 3 de Flamanville a débuté au mois de septembre 2007. Les premiers coulages du béton pour les bâtiments de l'îlot nucléaire ont eu lieu en décembre 2007. Depuis, les travaux de génie civil (gros œuvre) se sont poursuivis et sont désormais quasiment terminés.

EDF prévoit le chargement du combustible et le démarrage du réacteur à la fin de l'année 2018. L'ASN constate toutefois des retards dans la transmission de certains documents dans le cadre des instructions en cours, notamment en ce qui concerne les ESPN.

### 2.11.1 Les étapes jusqu'à la mise en service de l'EPR de Flamanville

En application du décret du 2 novembre 2007 modifié (voir chapitre 3, point 3.1.3), l'introduction du combustible nucléaire



Contrôles de la cuve de l'EPR par la machine d'inspection en service, septembre 2017.

dans le périmètre de l'installation et la réalisation d'essais particuliers de fonctionnement de l'installation nécessitant l'introduction de substances radioactives dans celle-ci requièrent une autorisation de mise en service partielle par l'ASN. L'introduction du combustible nucléaire dans la cuve du réacteur demande, quant à elle, une autorisation de mise en service par l'ASN.

Par ailleurs, avant la mise en service, l'ensemble des ESPN devront disposer d'une attestation de conformité et EDF devra avoir achevé la visite complète initiale (VCI) des circuits primaire et secondaires principaux afin de s'assurer, avant le chargement du combustible, notamment, de la faisabilité de la maintenance prévue lors de l'exploitation.

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

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

- de contrôler la qualité d'exécution des activités de fabrication des équipements, de construction et d'essai de l'installation de manière proportionnée aux enjeux de sûreté, de radioprotection et de protection de l'environnement, afin de pouvoir prendre position sur l'aptitude de l'installation à répondre aux exigences définies ;
- de veiller à ce que les différents acteurs tirent le retour d'expérience de la phase de construction, y compris les phases amont (choix et surveillance des prestataires, construction, approvisionnements...) qui permettront à l'installation telle que construite d'être conforme à la démonstration de sûreté tout au long du projet ;

- de s'assurer que le programme des essais de démarrage est satisfaisant, correctement mis en œuvre et que les résultats attendus sont obtenus ;
- de veiller à ce que l'exploitant prenne les mesures nécessaires à la bonne préparation des équipes en charge du fonctionnement de l'installation après sa mise en service.

Pour cela, l'ASN a fixé des prescriptions relatives à la conception, à la construction et aux essais de démarrage du réacteur 3 de Flamanville et à l'exploitation des deux réacteurs 1 et 2 de Flamanville à proximité du chantier. S'agissant d'un réacteur électronucléaire, l'ASN est également chargée de l'inspection du travail sur le chantier de la construction. Enfin, l'ASN assure le contrôle de la fabrication des ESPN qui feront partie des circuits primaire et secondaires de la chaudière nucléaire. Les principales actions menées par l'ASN en 2017 sont décrites ci-après.

#### *L'instruction de la demande d'autorisation de mise en service et de la demande d'autorisation de mise en service partielle du réacteur 3 de Flamanville*

EDF a adressé en mars 2015 à l'ASN sa demande d'autorisation de mise en service et sa demande de mise en service partielle, comprenant le rapport de sûreté, les règles générales d'exploitation, une étude sur la gestion des déchets de l'installation, le plan d'urgence interne, le plan de démantèlement et une mise à jour de l'étude d'impact de l'installation. À l'issue d'un examen préliminaire, l'ASN a confirmé que l'ensemble des pièces exigées par la réglementation étaient formellement présentes mais a estimé que des justifications supplémentaires devaient être apportées pour que l'ASN puisse statuer sur l'éventuelle

## À NOTER

### Anomalie de la composition de l'acier du couvercle et du fond de la cuve de l'EPR de Flamanville

En 2014, des mesures réalisées par Areva NP ont montré la présence d'une zone présentant une concentration importante en carbone dans l'acier au centre du couvercle et du fond de la cuve de l'EPR de Flamanville.

Fin 2015, la démarche proposée par Areva NP de justification du caractère suffisant des propriétés mécaniques du matériau utilisé dans la fabrication du couvercle et du fond de la cuve du futur EPR de Flamanville a été présentée devant le GPESPN. Sous réserve de la prise en compte de ses observations et de ses demandes, l'ASN a considéré acceptable, dans son principe, la démarche proposée par Areva NP qui repose sur un vaste programme d'essais mécaniques et chimiques.

Ce programme d'essais s'est déroulé au cours de l'année 2016.

Areva NP a transmis un dossier technique présentant notamment le bilan des résultats du programme d'essais en décembre 2016 et les justifications de l'aptitude au service de la cuve.

L'ASN a analysé ce dossier, en lien avec son appui technique, l'IRSN, et a recueilli l'avis du GPESPN, qui s'est réuni les 26 et 27 juin 2017. L'ASN a ainsi pu présenter le 28 juin 2017 son projet d'avis sur l'anomalie de la cuve de l'EPR de Flamanville.

Après avoir consulté le public et le Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques, l'ASN a rendu,

le 10 octobre 2017, son avis relatif à l'anomalie de l'acier du fond et du couvercle de la cuve de l'EPR de Flamanville.

Les résultats du programme d'essais démontrent que les propriétés mécaniques du matériau sont suffisantes pour prévenir le risque de rupture brutale, étant donné les chargements appliqués et en tenant compte de l'éventuel défaut le plus défavorable. L'ASN considère donc que cette anomalie n'est pas de nature à remettre en cause la mise en service de la cuve sous réserve de la réalisation de contrôles spécifiques lors de l'exploitation de l'installation afin de s'assurer de l'absence d'apparition de défaut. La faisabilité de ces contrôles n'étant pas aujourd'hui acquise pour le couvercle, l'ASN considère que le couvercle actuel ne peut être utilisé au-delà de 2024.

La mise en service de la cuve de l'EPR de Flamanville reste par ailleurs soumise à une autorisation délivrée au regard de la justification de l'aptitude au service de l'ensemble de ses composants. Une épreuve hydraulique d'ensemble du circuit primaire principal, dont fait partie la cuve, a eu lieu le 5 janvier 2018.

Framatome (ex-Areva NP) prévoit de transmettre à l'ASN un dossier appuyant la demande d'autorisation de mise en service de la cuve au cours du deuxième trimestre 2018. L'instruction de ce dossier pourrait conduire l'ASN à prendre position sur la mise en service de la cuve avant la fin du troisième trimestre 2018.

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

En juin 2017, l'ASN a reçu des versions mises à jour des dossiers de demande d'autorisation de mise en service et de mise en service partielle du réacteur 3 de Flamanville. Des éléments restent toutefois manquants pour que l'ASN soit en mesure de prendre position. Une lettre de recevabilité a été émise sur la demande d'autorisation de mise en service partielle pour lister ces éléments.

Parallèlement à l'instruction du dossier de demande d'autorisation de mise en service partielle, l'ASN mettra à jour en 2018 ses décisions prises en 2010 définissant les limites et les modalités de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux pour les réacteurs électronucléaires du site de Flamanville.

Enfin, l'instruction des règles générales d'exploitation s'est poursuivie en 2017.

### *Avis des groupes permanents d'experts*

En mai et juillet 2017, l'ASN a pris position respectivement sur l'examen des études d'accidents de l'EPR de Flamanville et sur la sûreté de l'entreposage et de la manutention du combustible dans le bâtiment combustible.

Une réunion du GPR est programmée en 2018. Elle sera consacrée aux dernières instructions en vue de la mise en service de l'EPR de Flamanville, notamment aux suites données aux précédentes séances du GPR dédiées à ce réacteur. Le GPR remettra à l'ASN à l'occasion de cette séance un avis sur la démonstration de sûreté de l'EPR de Flamanville en vue de la prise de position de l'ASN sur la demande d'autorisation de mise en service de ce réacteur.

Une réunion du GPESPN a été consacrée à l'analyse des conséquences de l'anomalie des calottes de la cuve de l'EPR de Flamanville sur leur aptitude au service (voir encadré ci-contre). Par ailleurs, une réunion du GPESPN se tiendra au second semestre sur les écarts détectés dans la réalisation de certaines soudures des tuyauteries principales d'évacuation de la vapeur.

### *Le contrôle des activités de construction sur le site du réacteur 3 de Flamanville*

Sur le chantier du réacteur 3 de Flamanville, l'ASN a réalisé, en 2017, 20 inspections consacrées au contrôle de la construction, de la réalisation des essais de démarrage et de la préparation des équipes qui seront chargées de l'exploitation du réacteur. Celles-ci ont porté en particulier sur les thèmes techniques suivants :

- les activités de montage mécanique, concernant notamment les circuits secondaires de la chaudière nucléaire, les soupapes de protection du circuit primaire principal, les circuits auxiliaires nucléaires, les traversées mécaniques de l'enceinte de confinement, les circuits de traitement des effluents ainsi que les équipements nécessaires au fonctionnement des groupes électrogènes de secours ;
- les activités de montage des systèmes électriques, dont les opérations de raccordement de câbles dans les bâtiments ;
- la poursuite des essais de démarrage et l'organisation associée, en particulier lors des premiers essais d'ensemble de l'installation ;

- l'impact environnemental du chantier ;
- la radioprotection des travailleurs dans le cadre des contrôles radiographiques de soudures ;
- l'organisation de l'équipe d'exploitation future du réacteur 3 de Flamanville pour le management de la sûreté, l'élaboration de la documentation d'exploitation et de maintenance, la maîtrise des agressions, la radioprotection des travailleurs, les transports ainsi que pour la préparation à la mise en service partielle du réacteur.

### *Le contrôle des activités d'ingénierie de l'EPR de Flamanville*

La majeure partie des documents support à l'instruction de la mise en service du réacteur 3 de Flamanville ayant été transmis, l'ASN a réduit le nombre d'inspections réalisées dans les services d'ingénierie de ce réacteur. L'ASN a ainsi réalisé en 2017, dans les services d'ingénierie d'EDF en charge des études de conception détaillée du réacteur 3 de Flamanville, une inspection ayant pour thème la qualification des équipements aux conditions accidentelles.

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

Les actions menées par les inspecteurs du travail de l'ASN en 2017 ont consisté en :

- la réalisation de contrôles des entreprises intervenant sur le chantier ;
- la réponse à des sollicitations directes de la part de salariés ;
- la réalisation d'enquêtes consécutives à la survenue d'accidents du travail ;
- l'instruction ou co-instruction de demandes de dérogation à des dispositions relevant de la réglementation du travail.

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

En 2017, les inspecteurs du travail de l'ASN ont également engagé et mené des actions de contrôle des dispositions réglementaires régissant les opérations de détachement transnational de travailleurs.

### *Le contrôle de la conception des ESPN du réacteur 3 de Flamanville*

Au cours de l'année 2017, 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 Areva NP en 2013 et 2014 de nombreuses réunions techniques destinées à définir les compléments devant être apportés. Areva NP a engagé en 2015 et poursuivi en 2016 et 2017 la révision de l'ensemble de la documentation technique de conception de ces équipements. Elle a prévu d'achever cette révision au premier semestre 2018.

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

### Le contrôle de la fabrication des ESPN du réacteur 3 de Flamanville

Au cours de l'année 2017, l'ASN a poursuivi l'évaluation de la conformité de la fabrication des ESPN des circuits primaire et secondaires principaux. La fabrication des plus gros équipements est terminée et se poursuit encore pour certains robinets, vannes et clapets.

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

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

L'ASN examine également, avec l'appui des organismes qu'elle mandate, le traitement des écarts identifiés par la revue des dossiers de fabrication des composants forgés à l'usine Creusot Forge et installés sur le réacteur 3 de Flamanville. L'ASN a réalisé en 2017 deux inspections d'Areva NP portant sur le montage de la chaudière nucléaire et la préparation des épreuves hydrauliques et deux inspections des organismes ou organes d'inspection mandatés par l'ASN pour exercer une surveillance de ces activités. Par ailleurs, ces organismes et organes d'inspection ont eux-mêmes conduit plusieurs milliers d'inspections en 2017 (voir point 2.2.2).

Enfin, l'ASN a été informée par EDF en 2017 d'écarts intervenus lors du soudage de tuyauteries des circuits secondaires principaux. Certaines exigences spécifiques à la démarche d'exclusion de rupture de ces tuyauteries n'ont pas été spécifiées aux sous-traitants et n'ont ainsi pas été prises en compte lors de la fabrication ou du montage des tuyauteries concernées. Ces écarts font l'objet d'une instruction par l'ASN qui se poursuivra en 2018.

### Les attestations de conformité des équipements sous pression nucléaires du réacteur 3 de Flamanville

Au terme des contrôles réalisés pour leur conception et leur fabrication, l'ASN délivre, si ces contrôles sont satisfaisants au regard des exigences réglementaires, des attestations de conformité des ESPN. Au cours de l'année 2017, l'ASN a délivré les premières attestations, qui concernent quatre vannes de réglage du système de décharge vapeur à l'atmosphère (VDA). L'évaluation de la conformité de chacun des quelque 200 autres ESPN ou ensembles nucléaires de niveau N1 se poursuivra en 2018.

#### 2.11.3 L'évaluation de la construction, des essais de démarrage et de la préparation au fonctionnement du réacteur 3 de Flamanville

Dans ses activités de contrôle du chantier, l'ASN a porté en 2017 une attention particulière aux sujets suivants :

- la poursuite des montages mécaniques de l'installation ayant mené EDF à déclarer deux événements significatifs

pour la sûreté relatifs au montage des circuits secondaires principaux. L'ASN a été vigilante en 2017 à l'identification des causes profondes de ces événements, l'évaluation de leur impact sur la démonstration de sûreté et la mise en œuvre d'actions curatives, correctives et préventives adaptées. L'instruction d'un de ces événements se poursuivra en 2018. Par ailleurs, l'ASN maintient son contrôle de la surveillance exercée par EDF sur les intervenants extérieurs et veille notamment à la gestion adéquate des écarts détectés lors de ces opérations ;

- la préparation et la réalisation des essais de démarrage des différents systèmes de l'installation et la bonne organisation d'EDF pour la gestion des essais d'ensemble. L'ASN renforce notamment son contrôle sur ces essais qui doivent faire l'objet d'une documentation appropriée. Les essais de démarrage doivent contribuer à la démonstration que les structures, systèmes et composants du réacteur respectent les exigences qui leur sont assignées ;
- la préparation à l'exploitation de l'EPR de Flamanville par l'entité d'EDF qui en sera chargée après son démarrage. Cette entité est actuellement composée de plus de 400 agents. En vue de la mise en service du réacteur, EDF poursuit le transfert progressif de la responsabilité du fonctionnement des structures, systèmes et composants depuis l'entité en charge des activités de construction et des opérations de démarrage du réacteur vers l'entité en charge de son exploitation future. Les étapes de ce processus permettent aux futurs personnels d'exploitation de parfaire leurs compétences, de se familiariser avec les équipements du réacteur, d'élaborer la documentation d'exploitation et de développer les outils adéquats. À travers son contrôle, l'ASN s'assure que les futures équipes d'exploitation tirent profit du retour d'expérience et des meilleures pratiques mises en œuvre dans les centrales nucléaires d'EDF et qu'elles s'approprient au mieux le fonctionnement des matériels pendant la construction du réacteur et les essais de démarrage des systèmes. Par ailleurs, l'ASN veille à ce que ces activités de préparation à l'exploitation soient achevées avant la mise en service du réacteur ;
- le maintien d'une stratégie de conservation des équipements et des structures présents sur le chantier jusqu'à la mise en service du réacteur 3 de Flamanville. En raison des reports annoncés par EDF pour la mise en service du réacteur et à la suite d'écarts rencontrés lors de la conservation d'échangeurs de chaleur neufs, l'ASN veille à ce qu'EDF continue à apporter une attention particulière à la définition et au respect d'exigences associées à la conservation des équipements déjà installés et des structures construites en tenant compte notamment de l'impact de la mise en eau des circuits pour les épreuves hydrauliques et les essais de démarrage ;
- la gestion appropriée par EDF de la protection de l'environnement avec notamment la gestion des déchets enfouis découverts sur le site et des ouvrages de prélèvement d'eaux souterraines ainsi que la surveillance réalisée sur les intervenants extérieurs par EDF dans ce domaine ;
- la radioprotection des travailleurs, compte tenu du nombre important de contrôles radiographiques réalisés sur le chantier.

De façon générale, ces inspections ont révélé que l'organisation mise en place pour la réalisation de ces activités était perfectible. En 2018, l'ASN poursuivra les inspections sur ces thèmes, en particulier sur la préparation de l'exploitation.

### 2.11.4 La coopération avec les autorités de sûreté nucléaire étrangères

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

#### Les relations bilatérales

L'ASN entretient des relations privilégiées avec les autorités de sûreté nucléaire étrangères afin de bénéficier des expériences passées ou en cours liées aux procédures d'autorisation et au contrôle de la construction de nouveaux réacteurs. Une coopération renforcée existe depuis 2004 avec l'autorité de sûreté nucléaire finlandaise (STUK, *Säteilyturvakeskus*) autour de la construction des réacteurs d'Olkiluoto (Finlande) et Flamanville (France). En 2017, une réunion technique d'avancement des deux projets s'est tenue en France et une visite du chantier du réacteur 3 de Flamanville a été organisée. Les échanges ont plus particulièrement porté sur les essais de démarrage de ces réacteurs.

#### Une coopération multinationale

Certaines structures internationales, telles que l'Agence pour l'énergie nucléaire ou l'association WENRA (*Western European Nuclear Regulators Association*) des responsables d'autorités de sûreté de l'Europe de l'Ouest, offrent également l'occasion d'échanger sur les pratiques et les enseignements du contrôle de la construction d'un réacteur.

L'ASN est membre du *Multinational Design Evaluation Programme* (MDEP) dédié à l'évaluation de la conception des nouveaux réacteurs (voir chapitre 7, point 3.3). Le groupe plénier consacré aux réacteurs de type EPR s'est réuni deux fois en 2017. Avec

l'appui de l'IRSN, l'ASN a participé aux travaux relatifs aux accidents graves, au contrôle-commande, aux études probabilistes de sûreté et à la modélisation des accidents et des transitoires, à l'inspection des fournisseurs ainsi qu'aux travaux du nouveau groupe technique, créé en 2016, consacré à la préparation de la mise en service des nouveaux réacteurs. Dans ce cadre, l'ASN a ainsi participé à une visite du réacteur 1 de Taishan afin d'assister à certains essais de démarrage de ce réacteur et à une visite du réacteur 3 d'Olkiluoto.

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

## 2.12 Les études sur les réacteurs du futur

### EPR nouveau modèle

En avril 2016, EDF a sollicité l'avis de l'ASN sur les options de sûreté d'un nouveau réacteur dénommé EPR nouveau modèle (EPR NM).

Ce projet de réacteur nucléaire à eau sous pression en cours de développement par une équipe rassemblant EDF et Areva NP, vise à répondre aux objectifs généraux de sûreté des réacteurs de troisième génération.

Avec ce réacteur, le projet EPR NM 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 Fukushima. Cela

## À NOTER

### Guide de l'ASN n° 22 sur la conception des réacteurs à eau sous pression

Élaboré conjointement avec l'IRSN, le guide de l'ASN n° 22 regroupe des recommandations en matière de sûreté nucléaire pour la conception des réacteurs à eau sous pression.

Ce guide prend en compte :

- le retour d'expérience tiré des instructions techniques menées sur des projets de nouveaux réacteurs ;
- le retour d'expérience de l'accident de Fukushima et les évaluations complémentaires de sûreté qui ont suivi ;
- les publications internationales, notamment celles issues de l'association des responsables d'autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest (WENRA) et de l'Agence internationale de l'énergie atomique.

Les positions techniques communes énoncées dans le guide sont l'aboutissement de plusieurs années de travail de l'ASN et l'IRSN, au cours desquelles des échanges techniques ont été menés avec les industriels. Le guide a fait l'objet d'un examen par le GPR, auquel étaient associés des membres du GPESPN. Il a enfin également tiré parti des commentaires issus de la consultation du public effectuée sur le site Internet de l'ASN en septembre 2016.

Le guide traite pour l'essentiel de la prévention des incidents et des accidents de nature radiologique et de la limitation de leurs conséquences. Il précise les objectifs et principes généraux de conception et formule des recommandations pour répondre aux exigences réglementaires. Après des recommandations d'ordre général portant notamment sur la défense en profondeur ou la démonstration de sûreté nucléaire, le guide traite des barrières qui doivent être interposées entre les substances radioactives et les personnes et l'environnement, ainsi qu'aux fonctions de sûreté. Enfin, y figurent des recommandations portant sur des sujets spécifiques tels que l'entreposage des assemblages de combustible.

Le guide n° 22 constitue ainsi une référence en France pour la conception de nouveaux réacteurs et un outil permettant de présenter, dans un contexte international, les pratiques françaises en matière de sûreté nucléaire. Les recommandations de ce guide pourront également être utilisées dans le cadre de la recherche d'améliorations à apporter aux réacteurs existants, notamment à l'occasion de leurs réexamens périodiques.

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 forces extérieures au site.

L'instruction technique du dossier d'options de sûreté (DOS) par l'ASN avec l'appui de l'IRSN a eu lieu au cours de l'année 2017 et tient compte des recommandations du guide n° 22 relatif à la conception de réacteurs à eau sous pression. L'ASN prendra position sur les options de sûreté du projet EPR NM en 2018.

### *Les réacteurs de génération IV*

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

## **3. Perspectives**

En 2018, les actions de l'ASN dans le domaine du contrôle des centrales nucléaires porteront plus particulièrement sur les thèmes suivants.

### *La conformité des installations*

Le retour d'expérience du contrôle des réacteurs électro-nucléaires révèle encore des insuffisances dans les processus mis en œuvre par EDF pour atteindre puis maintenir dans le temps la conformité de ses installations à leurs référentiels de conception et d'exploitation. Ces difficultés renvoient notamment à des carences dans les programmes de maintenance de certains matériels. Elles mettent également en lumière la nécessité de poursuivre les revues de conception engagées à la suite de demandes de l'ASN. Ces revues portent leurs fruits en mettant en évidence des anomalies, présentes parfois depuis la construction des réacteurs. L'ASN considère qu'EDF doit renforcer ses actions et ses processus de prise de décision lors du traitement des écarts une fois qu'ils sont détectés.

L'ASN s'assurera en 2018 que les processus mis en œuvre par l'exploitant permettent effectivement de détecter puis de traiter dans des délais appropriés l'ensemble des écarts aux référentiels de conception et d'exploitation. À ce titre, l'ASN accentuera son action de contrôle sur le terrain, notamment lors des arrêts de réacteur pour rechargement en combustible.

### *Les réexamens périodiques*

En 2018, les instructions des études génériques se poursuivront pour le quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. Elle prévoit de prendre position sur les études génériques liées à ce réexamen en fin d'année 2020 après avoir recueilli l'avis du GPR sur le bilan du réexamen en 2020.

L'ASN prendra position également sur les sujets sur lesquels des compléments de la part d'EDF étaient attendus à l'issue de l'instruction générique des troisièmes réexamens périodiques des réacteurs de 1 300 MWe. Sur la base des contrôles réalisés en 2017 lors de la mise en œuvre des modifications matérielles et documentaires issues de ce troisième réexamen, l'ASN renforcera ses contrôles dans les installations concernées et veillera à ce que les installations soient modifiées conformément aux autorisations qu'elle a délivrées.

Dans le cadre des actions lancées par le HCTISN en 2017, l'ASN participera par ailleurs aux actions de concertation du public prévues en 2018 sur les dispositions proposées par EDF pour répondre aux objectifs fixés pour le quatrième réexamen de ses réacteurs de 900 MWe.

### *Le retour d'expérience de l'accident de Fukushima*

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

En 2018, l'ASN poursuivra l'examen des dispositions de conception, de construction et d'exploitation qu'EDF a retenues pour répondre aux prescriptions attachées au « noyau dur ». Par ailleurs, l'ASN poursuivra le contrôle des travaux de déploiement sur les sites du « noyau dur » (diesels d'ultime secours, source d'eau ultime, centre de crise local). Elle instruira également les dossiers de demande d'autorisation visant à l'implantation d'autres modifications ou équipements du « noyau dur ».

### *Le contrôle des ESPN*

Le contrôle des équipements sous pression nucléaires a été ces dernières années marqué par deux événements forts : la mise en évidence de ségrégations du carbone non maîtrisées dans certains composants forgés et la découverte d'irrégularités pouvant s'apparenter à des falsifications au sein de l'usine Creusot Forge.

L'ASN poursuivra en 2018 le contrôle de la mise en œuvre de la revue de tous les composants fabriqués par le passé au sein de cette usine. Elle s'assurera que ce processus de revue est conduit à son terme afin d'apprécier l'ensemble des irrégularités qui ont pu affecter les fabrications passées et en tirer tous les enseignements sur la sûreté des installations.

Enfin, en 2018, l'ASN poursuivra la rédaction des textes réglementaires nécessaires au contrôle des ESPN et achèvera l'important travail d'approfondissement qu'elle a engagé en 2015 avec les fabricants, les exploitants et les organismes qu'elle habilite sur l'application de la réglementation relative aux ESPN.

### *Le contrôle du réacteur EPR*

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

Elle poursuivra également les évaluations de conformité des ESPN les plus importants pour la sûreté.

L'ASN prendra position en 2018 sur les deux demandes d'autorisation de mise en service partielle. Ces autorisations sont nécessaires pour la réalisation d'essais nécessitant l'utilisation de substances radioactives et pour l'arrivée sur le site du combustible nucléaire.