

SUIVI DES STRESS TESTS  
DES CENTRALES NUCLÉAIRES FRANÇAISES

---

**RAPPORT DE CLÔTURE DU PLAN D'ACTION  
DE L'AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE**

Décembre 2020



# TABLE DES MATIÈRES

<b>Résumé</b>	<b>6</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>7</b>
<b>2 Suivi des recommandations issues de la revue européenne par les pairs</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Risques naturels</b>	<b>8</b>
2.1.1 Fréquence des risques	8
2.1.2 Effets indirects des séismes	9
2.1.3 Approche relative à la protection volumétrique	10
2.1.4 Notifications rapides de l'alerte	11
2.1.5 Instrumentation sismique	11
2.1.6 Inspections et contrôles spécifiques des installations	12
2.1.7 Évaluation des marges vis-à-vis du risque inondation	13
2.1.8 Évaluation des marges vis-à-vis des risques naturels	13
<b>2.2 Perte des systèmes de sûreté</b>	<b>15</b>
2.2.1 Systèmes de refroidissement et source froide alternative	16
2.2.2 Sources électriques	17
2.2.3 Batteries électriques de secours	18
2.2.4 Actions opérationnelles et préparatoires	19
2.2.5 Instrumentation et mesure	19
2.2.6 Amélioration de la sûreté à l'arrêt et lors des différents états des réacteurs	20
2.2.7 Joints des pompes primaires du réacteur	21
2.2.8 Ventilation	21
2.2.9 Salles de commande principale et de secours	21
2.2.10 Piscine d'entreposage de combustible	22
2.2.11 Séparation et indépendance des systèmes de sûreté	24
2.2.12 Accessibilité	24
2.2.13 Matériel mobile	25
2.2.14 Protection des systèmes	26
2.2.15 Accidents multiples	26
2.2.16 Inspection des équipements et programmes de formation	27
2.2.17 Études complémentaires sur des sujets où subsistent des incertitudes	27
<b>2.3 Gestion d'un accident grave</b>	<b>29</b>
2.3.1 Niveaux de référence WENRA	29
2.3.2 Dispositions pour la tenue du matériel aux accidents graves	30
2.3.3 Dispositions prévues pour la gestion des accidents graves induits par un événement externe grave	31
2.3.4 Amélioration des guides relatifs à la gestion des accidents graves	31
2.3.5 Validation des guides relatifs à la gestion des accidents graves	32
2.3.6 Exercices de simulation des accidents graves	33

2.3.7	Formation à la gestion des accidents graves	33
2.3.8	Extension du champ des guides relatifs à la gestion des accidents graves à tout état du réacteur	34
2.3.9	Amélioration de la communication	35
2.3.10	Présence d'hydrogène dans des endroits non prévus à la conception	35
2.3.11	Gestion d'importants volumes d'eau contaminée	35
2.3.12	Radioprotection	36
2.3.13	Locaux de gestion de crise sur site	37
2.3.14	Appui au personnel sur site	38
2.3.15	Études probabilistes de sûreté de niveau 2 (EPS de niveau 2)	40
2.3.16	Études relatives aux accidents graves	40
<b>3</b>	<b>Conclusion</b>	<b>42</b>

**Légende :**

**Recommandation générale issue de la revue par les pairs de 2012 (Peer Review)**

**Peer Review:**

**Recommandation issue de la 2<sup>ème</sup> réunion extraordinaire de la Convention sur la Sûreté Nucléaire (CSN) en 2012**

**CNS:**

**Recommandation spécifique à la France, issue de la revue par les pairs de 2012**

...

**État d'avancement des demandes faites par l'ASN**

**Statut : soldé**

## Résumé

En décembre 2012, l'ASN a publié un plan d'action national en réponse aux recommandations issues de la revue des stress tests européens par les pairs de 2012 (Peer Review) et de la 2<sup>ème</sup> réunion extraordinaire de la Convention sur la Sûreté Nucléaire (CSN) en 2012. Ce plan d'action comprend les prescriptions des décisions de l'ASN du 26 juin 2012 visant à augmenter, au-delà des marges de sûreté dont les installations disposaient déjà, la robustesse des centrales nucléaires face à des situations extrêmes.

Le présent rapport présente les dispositions définies par EDF en réponse aux prescriptions de l'ASN. Ces dispositions contribuent à l'amélioration :

- de la protection contre les agressions internes et externes ;
- des moyens d'alimentation électrique ;
- des moyens de prévention des accidents avec fusion du cœur ;
- des moyens de prévention du découvrément des assemblages de combustible en piscine ;
- de la gestion des accidents avec fusion du cœur ;
- de la gestion de crise ;
- des moyens d'intervention sur les sites par la mise en œuvre de la force d'action rapide nucléaire (FARN).

Les dispositions définies par EDF permettent de solder les actions du plan d'action et de répondre aux recommandations issues de la revue par les pairs des stress tests européens.

Le présent rapport constitue ainsi la version finale du plan d'action national élaboré en 2012.

En outre, des modifications supplémentaires à celles issues du plan d'action sont mises en œuvre dans les centrales nucléaires françaises dans le cadre de l'amélioration continue. Ces améliorations sont notamment présentées dans le cadre de la revue périodique de la Convention sur la Sûreté Nucléaire.

# 1 INTRODUCTION

À la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi, l'ASN avait demandé aux exploitants d'installations nucléaires présentant les enjeux de sûreté les plus importants, par les décisions en date du 5 mai 2011, de procéder à des évaluations complémentaires de sûreté (ECS). Ces évaluations portaient sur la robustesse des installations face à des situations exceptionnelles du type de celles qui ont conduit à l'accident de Fukushima.

Elles ont été réalisées sur la base d'un cahier des charges cohérent avec les spécifications de l'ENSREG élaborées dans le cadre des stress test européens. Cet exercice de stress test répondait à la demande du Premier ministre en date du 23 mars 2011 et aux conclusions du Conseil européen des 24 et 25 mars 2011.

Les conclusions des ECS des centrales nucléaires françaises ont fait l'objet, en 2012, d'un examen dans le cadre des stress tests européens.

L'ENSREG et la Commission européenne ont fait une déclaration conjointe le 26 avril 2012, soulignant la nécessité de mettre en place un plan d'action pour s'assurer que ces stress tests seraient suivis de mesures d'amélioration de la sûreté mises en œuvre de manière cohérente dans chaque pays. Celui-ci a été élaboré par l'ENSREG et comprenait une recommandation sur la publication pour la fin de l'année 2012 d'un plan d'action national élaboré par l'Autorité de sûreté nucléaire de chaque État membre.

En décembre 2012, l'ASN a publié le plan d'action pour la France. Ce plan d'action présentait les actions en réponse aux recommandations issues de la revue par les pairs de 2012 (Peer Review) et de la 2<sup>ème</sup> réunion extraordinaire de la Convention sur la Sûreté Nucléaire (CSN) en 2012. Ce plan d'action appelait d'une part des études et d'autre part la mise en œuvre de modifications sur les installations. Il a fait l'objet d'une revue par les pairs en 2013. Il a été mis à jour en 2014 et 2017 afin de présenter l'état d'avancement de ces actions.

Le présent rapport est construit selon la même structure que ceux élaborés en 2012, 2014 et 2017. Il en reprend des éléments afin de disposer d'un rapport autoportant. Il présente les actions mises en œuvre en France à la suite des stress tests européens.

## 2 SUIVI DES RECOMMANDATIONS ISSUES DE LA REVUE EUROPEENNE PAR LES PAIRS

### 2.1 RISQUES NATURELS

#### 2.1.1 Fréquence des risques

**Peer Review:** *The use of a return frequency of  $10^{-4}$  per annum (0.1g minimum peak ground acceleration for earthquakes) for plant reviews/back-fitting with respect to external hazards safety cases.*

**CNS:** *Re-evaluating the hazards posed by external events, such as earthquakes, floods and extreme weather conditions, for each nuclear power plant site through targeted reassessment of safety.*

#### Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012

*It is recommended that ASN should consider introducing Probabilistic Seismic Hazard Analysis in France for the design basis of new reactors and for future revisions of the seismic design basis of existing reactors, in order to provide information on event probability (annual frequency of occurrence) and to establish a more robust basis for Design Basis Earthquake specifications.*

La méthodologie utilisée en France pour l'évaluation des risques naturels externes repose essentiellement sur une approche déterministe. On retient l'événement historique le plus pénalisant basé sur une période d'observation donnée, en règle générale centennale ou millénaire, auquel on ajoute des marges conventionnelles importantes. Les agressions externes, notamment le séisme et l'inondation, ont fait l'objet d'une réévaluation ciblée dans le cadre des stress tests menés en France en 2011. Au regard des éléments de comparaison disponibles et des améliorations apportées aux réacteurs à l'occasion des réexamens, la mise en œuvre de la méthodologie retenue pour le séisme et l'inondation conduit à un niveau de sûreté très élevé.

Concernant le séisme, la méthodologie actuellement mise en œuvre pour la définition de l'aléa sismique en France est conforme aux prescriptions de l'AIEA en termes de méthodologie et de critères. Dans le cadre des réexamens périodiques, des études probabilistes sont aussi réalisées pour compléter l'analyse des risques liés aux séismes. Par un ensemble de décisions du 21 janvier 2014, l'ASN a fixé l'aléa sismique extrême défini par un spectre de réponse :

- enveloppe du séisme majoré de sécurité (SMS) de site, majoré de 50 %,
- enveloppe des spectres de site définis de manière probabiliste avec une période de retour de 20 000 ans,
- prenant en compte pour sa définition, les effets de site particuliers et notamment la nature des sols.

L'ASN a donc introduit dans la définition de cet aléa une composante probabiliste.

Concernant le risque d'inondation, l'ASN a publié en 2013 le guide n° 13<sup>1</sup> relatif à la prise en compte du risque d'inondation externe pour les installations nucléaires. La définition des aléas à prendre en compte s'appuie sur un état des connaissances approfondies des différents domaines concernés et notamment de l'hydrologie et de la météorologie (prise en compte de 11 phénomènes différents). Elle s'appuie sur des méthodes déterministes, intégrant des

<sup>1</sup> <http://www.asn.fr/Informer/Actualites/Guide-de-l-ASN-sur-le-risque-d-inondation>

majorations et des combinaisons intégrées aux aléas, en tenant compte d'un objectif « probabiliste » de dépassement inférieur à  $10^{-4}$  par an.

L'ensemble des agressions externes sont périodiquement réévaluées dans le cadre des réexamens de sûreté périodiques réalisés tous les 10 ans.

**Statut : soldé**

### 2.1.2 Effets indirects des séismes

**Peer Review:** *The possible secondary effects of seismic events, such as flood or fire arising as a result of the event, in future assessments.*

Les effets indirects des séismes ont été étudiés dès les deuxièmes réexamens périodiques des réacteurs de 900 MWe. Ils ont fait l'objet d'études complémentaires dans le cadre des stress tests français qui ont porté sur la démarche « séisme événement »<sup>2</sup>, la perte des alimentations électriques externes, les conditions d'accès au site après un séisme, les risques d'incendie et d'explosion induits par un séisme, ainsi que les risques d'inondation induits par un séisme (rupture de barrage, de digues, de circuits ou d'équipements).

L'analyse de ces études a conduit l'ASN à fixer les prescriptions ECS-11, ECS-9 et ECS-12 pour étudier le comportement de ces ouvrages au-delà de leur référentiel de dimensionnement.

#### ECS-11 : Robustesse des digues de Fessenheim et Tricastin

Avant le 31 décembre 2013, l'exploitant remettra à l'ASN une étude indiquant le niveau de robustesse au séisme des digues et autres ouvrages de protection des installations contre l'inondation et présentant selon ce niveau de robustesse :

- les conséquences d'une défaillance de ces ouvrages,
- les solutions techniques envisagées pour protéger les équipements du noyau dur objet de la prescription ECS-1.

L'exploitant a transmis la synthèse de ses études à la fin de l'année 2013. Celles-ci ont nécessité des sondages des ouvrages *in situ* afin de s'assurer de l'adéquation des études à la réalité des ouvrages.

La démonstration de la stabilité sous séisme des digues et autres ouvrages de protection des installations contre l'inondation de la centrale nucléaire de Fessenheim est acquise pour le niveau de séisme extrême.

La démonstration de la stabilité sous séisme des digues et autres ouvrages de protection des installations contre l'inondation de la centrale nucléaire de Tricastin est acquise pour le séisme retenu dans la démonstration de sûreté nucléaire. EDF a identifié une portion de la digue qui nécessite des travaux de renforcement pour assurer sa résistance au séisme extrême. Dans l'attente de ces travaux (fin 2022), EDF a mis en œuvre des mesures compensatoires.

---

<sup>2</sup> La démarche « séisme événement » a pour objectif de prévenir l'agression d'un matériel nécessaire en cas de séisme par un matériel ou une structure n'ayant aucune exigence de tenue au séisme.

---

## ECS-9 : Renforcement de la démarche séisme événement

Au plus tard le 31 décembre 2012, l'exploitant prend les dispositions nécessaires pour prévenir l'agression, par d'autres équipements, de matériels dont la disponibilité est requise par la démonstration de sûreté à la suite d'un séisme.

L'exploitant présentera à l'ASN, avant le 31 décembre 2013 un bilan d'application de cette démarche, ainsi qu'un bilan intermédiaire avant le 30 juin 2013.

La démarche séisme événement est en vigueur dans le référentiel de sûreté. EDF a réalisé un bilan de l'application de cette démarche.

---

## ECS-12 : Vérification du dimensionnement au séisme du réseau incendie

Avant le 30 décembre 2012, l'exploitant présentera à l'ASN :

- une étude évaluant la tenue au séisme majoré de sécurité des structures et matériels contribuant à la sûreté nucléaire de la sectorisation incendie, la détection d'incendie et les systèmes d'extinction fixes, soumis à un requis de tenue au demi-séisme de dimensionnement,
- pour les éléments dont la tenue au séisme majoré de sécurité ne pourrait être justifiée, un programme de modifications pour garantir la protection des fonctions de sûreté contre l'incendie en cas de séisme majoré de sécurité.

EDF a réalisé des études et a défini les modifications à mettre en œuvre pour assurer la tenue sismique de ces équipements.

## Statut : soldé

### 2.1.3 Approche relative à la protection volumétrique

**Peer Review:** *The use of a protected volume approach to demonstrate flood protection for identified rooms or spaces.*

À la suite de l'inondation du site du Blayais en 1999, EDF a mis en place une protection volumétrique<sup>3</sup> sur tous les sites. La conformité de cette protection volumétrique a fait l'objet d'un contrôle particulier de l'ASN au cours des inspections ciblées menées en 2011.

À l'issue des « stress tests », l'ASN a fixé les prescriptions ECS-4 et ECS-5.

---

## ECS-4 : Fin des travaux REX Blayais (sites de Blayais, Bugey, Cruas, Dampierre, Gravelines, Penly, Saint-Laurent-des-Eaux)

L'exploitant réalise, avant le 31 décembre 2014, les travaux permettant de protéger les installations contre l'inondation.

Les travaux ont été réalisés pour protéger les installations contre l'inondation.

---

<sup>3</sup> Le périmètre de protection volumétrique, qui englobe les bâtiments contenant les matériels permettant de garantir la sûreté des réacteurs, a été défini par EDF de façon à garantir qu'une arrivée d'eau à l'extérieur de ce périmètre ne conduit pas à une inondation des locaux situés à l'intérieur de ce périmètre.

---

## ECS-5 : Conformité de la protection volumétrique

Au plus tard le 30 juin 2012, l'exploitant réalise les remises en conformité de la protection volumétrique. L'exploitant met en œuvre l'organisation et les ressources pour s'assurer que la protection volumétrique conserve dans le temps l'efficacité qui lui est attribuée dans la démonstration de sûreté.

Les remises en conformité ont été réalisées au 30 juin 2012. En complément, EDF a mis à jour son référentiel d'inspection périodique interne de la protection volumétrique.

**Statut : soldé**

### 2.1.4 Notifications rapides de l'alerte

**Peer Review:** *The implementation of advanced warning systems for deteriorating weather, as well as the provision of appropriate procedures to be followed by operators when warnings are made.*

L'exploitant a mis en œuvre des dispositions d'exploitation visant à protéger les sites de conditions météorologiques extrêmes (inondations, grands chauds, grands froids, étiage, etc.) comprenant notamment des systèmes d'alerte en cas d'aléa prédictible (températures élevées, crue en bord de fleuve ou de mer éventuellement cumulée à des vents extrêmes, pluies) et des conventions avec des organismes externes tels que Météo France ou bien la préfecture. Au cours des inspections ciblées réalisées en 2011, l'ASN a vérifié que ces dispositifs étaient opérationnels. Les conclusions de ces inspections ont conduit l'ASN à fixer la prescription ECS-7 concernant les sites de Cruas et du Tricastin.

---

## ECS-7 : Mesures pour faire face à l'isolement du site en cas d'inondation (sites de Cruas, Tricastin)

Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant justifiera auprès de l'ASN qu'il a mis en place une organisation et des ressources permettant de faire face à l'isolement du site en cas d'inondation.

Ces mesures ont pour but de pallier le manque de ressources et prévoient entre autres le suivi de certains paramètres météorologiques et hydrologiques. L'utilisation de règles particulières de conduite est décidée à partir de critères météorologiques ou hydrologiques (suivi du niveau des fleuves ou bien du niveau de la mer) définis préalablement afin de permettre la mise à l'arrêt sûr des réacteurs.

EDF a mis en place une organisation et des ressources permettant de faire face à l'isolement du site en cas d'inondation.

**Statut : soldé**

### 2.1.5 Instrumentation sismique

**Peer Review:** *The installation of seismic monitoring systems with related procedures and training.*

## Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012

*The seismic instrumentation could be improved to a state of the art concept. It is also recommended to consider an upgrade of the corresponding safety rule RFS 1.3.b (1984)*

Les conditions d'exploitation de l'instrumentation sismique installée sur les sites ont fait l'objet d'un contrôle particulier de l'ASN lors des inspections ciblées menées en 2011. Les constats relevés ont conduit l'ASN à fixer la prescription ECS–8 afin de vérifier la conformité de l'instrumentation sismique avec les recommandations de la RFS 1.3.b<sup>4</sup>.

### ECS–8 : Conformité de l'instrumentation sismique à la RFS 1.3.b

Avant le 30 septembre 2012, l'exploitant vérifiera la conformité de ses installations vis-à-vis des dispositions de la règle fondamentale de sûreté 1.3.b dont l'application est prévue par le rapport de sûreté. L'exploitant remettra à l'ASN un bilan exhaustif de cet examen et des écarts corrigés, complété d'un plan d'actions listant pour les écarts résiduels les échéances de correction.

EDF a vérifié la conformité de l'instrumentation sismique. Au vu des éléments transmis par EDF concernant l'instrumentation sismique, l'ASN considère que la technologie utilisée permet de répondre correctement à la fonction de sûreté attribuée à ces matériels. L'ASN considère en conséquence qu'il n'est pas nécessaire à ce stade de mettre à jour la règle fondamentale de sûreté relative à l'instrumentation sismique.

**Statut : soldé**

#### 2.1.6 Inspections et contrôles spécifiques des installations

**Peer Review:** *The development of standards to address qualified plant walkdowns with regard to earthquake, flooding and extreme weather – to provide a more systematic search for non-conformities and correct them (e.g. appropriate storage of equipment, particularly for temporary and mobile plant and tools used to mitigate beyond design basis (BDB) external events).*

L'arrêté du 7 février 2012<sup>5</sup> comprend des exigences applicables à la recherche et au traitement des écarts. L'exploitant a ainsi mis en place des processus de recherche des écarts lors du fonctionnement normal des réacteurs, des contrôles périodiques, des actions de maintenance, des revues de conformité lors des réexamens de sûreté périodiques. Ces processus s'intéressent notamment aux dispositions matérielles et organisationnelles mises en place en cas de séisme, inondation ou bien d'autres agressions. Ces processus de recherche systématique des écarts ont donné lieu à des renforcements en matière de protection contre les agressions.

Des vérifications spécifiques de terrain sont réalisées dans le volet « conformité » des réexamens périodiques de sûreté ainsi que pour le développement des EPS sismiques.

Les stress tests ont aussi été l'occasion de procéder à des investigations spécifiques de l'état des installations, incluant des vérifications de terrain de l'état réel de l'installation.

**Statut : soldé**

<sup>4</sup> Règle fondamentale de sûreté 1.3.b 08/06/1984 relative à l'instrumentation sismique.

<sup>5</sup> Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales applicables aux installations nucléaires de base.

### 2.1.7 Évaluation des marges vis-à-vis du risque inondation

**Peer Review:** *The analysis of incrementally increased flood levels beyond the design basis and identification of potential improvements, as required by the initial ENSREG specification for the stress tests.*

L'exploitant a présenté, pour les différents aléas considérés pour chaque site, les marges entre le niveau d'inondation atteint et le niveau des protections dans le cadre du dimensionnement actuel et a conclu, le cas échéant, sur les dispositions supplémentaires éventuelles à mettre en œuvre. En outre, il a étudié plusieurs cas qui, selon lui, sont représentatifs pour évaluer les effets fautive. Ces cas prennent des hypothèses allant au-delà du dimensionnement.

Les conclusions de ces analyses ont conduit l'ASN à fixer la prescription ECS-6.

#### ECS-6 : Renforcement de la protection contre l'inondation

Avant le 31 décembre 2013, l'exploitant présentera à l'ASN les modifications qu'il envisage en vue de renforcer, avant le 31 décembre 2017, la protection des installations contre le risque d'inondation au-delà du référentiel en vigueur au 1<sup>er</sup> janvier 2012, par exemple par le rehaussement de la protection volumétrique, en vue de se prémunir de la survenue de situations de perte totale de la source froide ou des alimentations électriques, pour les scénarios au-delà du dimensionnement, notamment pluies majorées et inondation induite par la défaillance d'équipements internes au site sous l'effet d'un séisme.

Les modifications ont été réalisées sur l'ensemble des sites concernés.

**Statut : soldé**

#### Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012

*The peer review team recommends to perform a comparative evaluation between the level of Design Basis Flood defined according to ASN requirements with the methodologies used in other European countries.*

Dans le cadre d'ETSON, une comparaison des méthodes utilisées en Europe pour définir l'aléa a été réalisée en 2014-2015.

**Statut : soldé**

### 2.1.8 Évaluation des marges vis-à-vis des risques naturels

**Peer Review:** *In conjunction with recommendation 2.1 and 3.1.7, the formal assessment of margins for all external hazards including, seismic, flooding and severe weather, and identification of potential improvements.*

Dans le cadre des stress tests, l'exploitant a procédé à une évaluation des marges vis-à-vis des risques sismiques et d'inondation. L'exploitant a également étudié les marges en cas de conditions météorologiques extrêmes telles que le vent, la foudre, la grêle et leur cumul en cas de perte de la source froide et des alimentations électriques.

À la suite de l'examen de ces études, l'ASN a prescrit certaines études (ECS-13 et ECS-15). L'ASN a privilégié la réalisation de modifications qui permettent le renforcement de la robustesse des installations au-delà de leur dimensionnement actuel et améliorent ainsi la sûreté des installations, à la réalisation d'études de marges détaillées.

---

### **ECS-13 : Étude de la mise en place d'un arrêt automatique en cas de séisme**

Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant remettra à l'ASN une étude des avantages et inconvénients liés à la mise en place d'un système d'arrêt automatique de ses réacteurs sur sollicitation sismique qui permettra de replier le réacteur dans l'état le plus sûr, en cas de dépassement du niveau de séisme correspondant au spectre d'amplitude moitié du spectre de dimensionnement du site.

EDF a étudié les avantages et les inconvénients liés à la mise en place d'un système d'arrêt automatique de ses réacteurs sur sollicitation sismique.

---

### **ECS-15 : Revue de conception de la source froide**

Avant le 30 juin 2012, l'exploitant réalisera et remettra à l'ASN une revue globale de la conception de la source froide vis-à-vis des agressions ayant un impact sur l'écoulement et la qualité de l'eau et du risque de colmatage de la source froide.

EDF a réalisé des études et a proposé plusieurs évolutions qui vont dans le sens d'une amélioration de la surveillance des sources froides et de leur protection vis-à-vis des agressions externes.

**Statut : soldé**

### **Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012**

*The peer reviewers confirm the conclusion drawn by ASN that further studies need to be conducted in order to provide a complete and systematic design basis and safety margin assessment with respect to extreme weather conditions.*

*ASN states in the report that it asked the licensee to conduct the analyses for those climatic phenomena which are related to flooding. It is recommended to include also tornadoes, heavy rainfall, extreme temperatures and the relevant combinations of extreme weather conditions in these complementary studies. The review team recommends to consider extreme meteorological conditions in the required definition of the "hardened safety core".*

L'ASN a défini les agressions naturelles à considérer pour la définition du noyau dur, notamment les conditions météorologiques extrêmes.

### **Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012**

*The safety margins for seismic events above the Design Basis Earthquake have been roughly estimated by the licensee. It is appreciated that a more systematic evaluation will be required by ASN either by performing Probabilistic Safety Assessment or Seismic Margin Assessment.*

EDF a élaboré des guides pour la vérification du comportement sismique d'équipements au-delà de leur référentiel de conception. Par ailleurs, EDF développe des EPS séisme dans le cadre des réexamens périodiques des réacteurs.

**Statut : soldé**

## 2.2 PERTE DES SYSTEMES DE SURETE

**CNS:** *Upgrading safety systems or installing additional equipment and instrumentation enhance the ability of each nuclear power plant to withstand an unexpected natural event without access to the electrical power grid for an extended period of time, including for an external event affecting multiple units.*

À l'issue des stress tests, l'ASN a considéré que la poursuite de l'exploitation des installations examinées nécessitait l'augmentation de leur robustesse face à des situations extrêmes au-delà des marges de sûreté dont elles disposaient déjà. En conséquence, l'ASN a fixé notamment la prescription ECS-1 dont le champ répond à plusieurs recommandations issues de la revue par les pairs, ainsi qu'à la recommandation issue de la seconde réunion extraordinaire de la Convention sur la Sûreté Nucléaire.

### ECS-1.I à III : Définition des structures et des composants du « noyau dur ».

I. Avant le 30 juin 2012, l'exploitant proposera à l'ASN un noyau dur de dispositions matérielles et organisationnelles robustes visant, pour les situations extrêmes étudiées dans le cadre des ECS, 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 crise.

II. Dans le même délai, l'exploitant soumettra à l'ASN les exigences applicables à ce noyau dur. Afin de définir ces exigences, l'exploitant retient des marges significatives forfaitaires par rapport aux exigences applicables au 1<sup>er</sup> janvier 2012. Les systèmes, structures et composants (SSC) faisant partie de ces dispositions doivent être maintenus fonctionnels, en particulier pour les situations extrêmes étudiées dans le cadre des ECS. Ces SSC sont protégés des agressions internes et externes induites par ces situations extrêmes, par exemple : chutes de charges, chocs provenant d'autres composants et structures, incendies, explosions.

III. Pour ce noyau dur, l'exploitant met en place des SSC indépendants et diversifiés par rapport aux SSC existants afin de limiter les risques de mode commun. L'exploitant justifie le cas échéant le recours à des SSC non diversifiés ou existants.

EDF a présenté un dossier « noyau dur » comprenant :

- les objectifs associés au noyau dur et à son périmètre fonctionnel,
- les initiateurs considérés pour la définition du noyau dur et leurs niveaux,
- les choix retenus pour la prise en compte des événements induits par ces initiateurs sur l'installation et le noyau dur,
- les conditions de mise en œuvre du noyau dur, notamment les états de l'installation permettant son utilisation,
- les exigences associées aux équipements du noyau dur,
- les méthodes et critères retenus pour démontrer l'atteinte des exigences,
- la prise en compte des facteurs organisationnels et humains pour la mise en œuvre des dispositions du noyau dur,
- les dispositions de gestion de crise prévues pour répondre aux exigences du noyau dur.

**Statut : soldé**

## 2.2.1 Systèmes de refroidissement et source froide alternative

**Peer Review:** *The provision of alternative means of cooling including alternate heat sinks. Examples include steam generator (SG) gravity alternative feeding, alternate tanks or wells on the site, air-cooled cooling towers or water sources in the vicinity (reservoir, lakes, etc.) as an additional way of enabling core cooling.*

À l'occasion des stress tests, l'exploitant a analysé des situations de perte de la source froide et de perte des alimentations électriques des réacteurs qui vont au-delà des situations étudiées dans le référentiel actuel, en considérant en particulier des scénarios qui, d'une part, affectent tous les réacteurs d'un site de façon durable et peuvent, d'autre part, être éventuellement induits par un séisme ou une inondation externe, y compris d'un niveau supérieur à celui considéré dans le référentiel actuel. Ces études complémentaires ont amené l'ASN à fixer les prescriptions ECS-16 et ECS-17.

### ECS-16 : Moyens d'alimentation en eau de secours et appoint d'eau au circuit primaire

I. Avant le 30 juin 2013, l'exploitant présentera à l'ASN les modifications en vue d'installer des dispositifs techniques de secours permettant d'évacuer durablement la puissance résiduelle du réacteur et de la piscine d'entreposage des combustibles en cas de perte de la source froide. Ces dispositifs doivent répondre aux exigences relatives au noyau dur objet de la prescription ECS-1 ci-dessus. Dans l'attente de la mise en service des moyens d'alimentation électrique d'ultime secours mentionnés à l'alinéa II de la prescription ECS-18, ces dispositifs devront être maintenus fonctionnels en cas de perte totale prolongée des alimentations électriques en recourant, au besoin, à des moyens électriques temporaires.

II. Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant présentera à l'ASN les modifications qu'il envisage en vue de l'installation, avant le 31 décembre 2013 sauf justification particulière, de dispositifs assurant l'injection d'eau borée dans le cœur du réacteur en cas de perte totale d'alimentation électrique du site lorsque le circuit primaire est ouvert.

Avant le 30 juin 2013, l'exploitant proposera à l'ASN les exigences définitives pour ces dispositions et leur appartenance éventuelle au noyau dur.

EDF a présenté les modifications (nouveaux puits, bassins ou réservoirs selon les sites), ainsi que leurs exigences, permettant de disposer de nouveaux moyens d'alimentation pour assurer le refroidissement du réacteur et de la piscine d'entreposage des assemblages de combustible.

EDF a mis en œuvre des modifications sur les réacteurs de 900 MWe pour gérer les situations lorsque le circuit primaire est ouvert. Il s'agit d'une pompe mobile alimentée par le groupe électrogène installé en réponse à la prescription ECS-18.III. Sur les réacteurs de type P4, P'4 et N4, EDF a justifié que les moyens existants permettent d'injecter de l'eau borée dans le circuit primaire dans ces situations.

### ECS-17 : Renforcement des installations pour faire face aux situations durables de perte totale de la source froide ou de perte totale des alimentations électriques

Au plus tard le 31 décembre 2013, l'exploitant examine les exigences assignées aux matériels nécessaires à la maîtrise des situations de perte totale de la source froide ou de perte totale des alimentations électriques, en matière de tenue en température, de résistance aux séismes, aux inondations et aux effets induits sur l'installation par ces agressions.

Avant le 31 décembre 2013, l'exploitant remettra à l'ASN le bilan de cet examen accompagné des propositions d'évolution du référentiel de sûreté et de renforcement des installations en découlant pour faire face à ces situations, en particulier dans les scénarios de longue durée.

EDF a défini les exigences en matière de tenue en température, de résistance au séisme et aux inondations des matériels nécessaires pour la gestion des situations de perte totale de la source froide ou de perte totale des alimentations électriques.

Le besoin d'évolution des référentiels est examiné dans le cadre du processus des réexamens périodiques de sûreté.

## **Statut : soldé**

### **2.2.2 Sources électriques**

**Peer Review:** *The enhancement of the on-site and off-site power supplies. Examples include adding layers of emergency power, adding independent and dedicated backup sources, the enhancement of the grid through agreements with the grid operator on rapid restoration of off-site power, additional and/or reinforced off-site power connections, arrangements for black start of co-located or nearby gas or hydro plants, replacing standard ceramic based items with plastic or other material that are more resistant to a seismic event. Another example is the possible utilization of generator load shedding and house load operation for increased robustness, however, before introducing such arrangements the risks need to be properly understood.*

À l'occasion des stress tests, l'exploitant a analysé des situations de perte des alimentations électriques des réacteurs qui vont au-delà des situations étudiées dans le référentiel actuel, en considérant en particulier des scénarios qui, d'une part, affectent tous les réacteurs d'un site et de façon durable et peuvent, d'autre part, être éventuellement induits par un séisme ou une inondation externe, y compris d'un niveau supérieur à celui considéré dans le référentiel actuel. Ces études complémentaires ont conduit l'ASN à fixer les prescriptions ECS-18.II&III.

### **ECS-18.II : Moyen d'alimentation électrique supplémentaire**

Au plus tôt compte tenu des contraintes de déploiement sur le parc et, en tout état de cause, avant le 31 décembre 2018, l'exploitant met en place, sur chacun des réacteurs du site, un moyen d'alimentation électrique supplémentaire permettant notamment d'alimenter, en cas de perte des autres alimentations électriques externes et internes, les systèmes et composants appartenant au noyau dur objet de la prescription ECS-1.

Ces dispositifs doivent répondre aux exigences relatives au noyau dur objet de la prescription ECS-1.

EDF a réalisé des travaux importants sur l'ensemble de ses sites. EDF a construit pour chacun des 56 réacteurs en fonctionnement un bâtiment « bunkerisé », qui doit résister aux agressions extrêmes. Ce bâtiment de grandes dimensions abrite le groupe électrogène (DUS) et les moyens permettant d'assurer son refroidissement et son alimentation, ainsi que ses réservoirs de fioul.

EDF a mis en exploitation cet équipement pour 54 des 56 réacteurs en fonctionnement. Concernant les deux autres réacteurs (sur le site de Paluel), le DUS du réacteur n° 2 est en fin de phase d'essais pour une mise en exploitation prévue fin décembre 2020 ; celui du réacteur n° 1 est en cours d'essais pour une mise en exploitation prévue fin février 2021.

Les retards pour la mise en exploitation des DUS sur l'ensemble des réacteurs résultent de difficultés rencontrées dans les opérations de construction, d'aléas rencontrés au cours des essais de mise en service, et des mesures spécifiques mises en œuvre pour limiter la propagation de l'épidémie du Covid-19.

---

### **ECS–18.III : Mise en place de dispositifs d'alimentation électrique de secours provisoires, dans l'attente de la mise en place des moyens imposés par la prescription ECS–18.II**

Dans l'attente et au plus tard le 30 juin 2013, l'exploitant met en place un dispositif temporaire sur chaque réacteur permettant d'alimenter :

- le contrôle commande nécessaire en cas de perte des alimentations électriques externes et internes,
- l'éclairage de la salle de commande.

L'exploitant a mis en place sur chacun des réacteurs, dans les délais requis, un groupe électrogène complémentaire.

Enfin, chaque site peut disposer de moyens mobiles acheminés par la Force d'Action Rapide Nucléaire (FARN, cf. §2.3.14), comprenant notamment des groupes électrogènes de secours.

**Statut : soldé**

#### **2.2.3 Batteries électriques de secours**

***Peer Review:** The enhancement of the DC power supply. Examples include improving the battery discharge time by upgrading the existing battery, changing/diversifying battery type (increasing resistance to common-mode failures), providing spare/replacement batteries, implementing well-prepared load shedding/ staggering strategies, performing real load testing and on-line monitoring of the status of the batteries and preparing dedicated recharging options (e. g. using portable generators).*

#### **Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012**

*The reviewers recommend ASN to also consider the benefits of recharging the batteries before their complete depletion in case of a total Station Black Out (total loss of electrical power supplies) in addition to the foreseen battery capacity increase.*

Des batteries électriques permettent d'assurer et de garantir la continuité de l'alimentation électrique de certains équipements importants en cas de perte des alimentations électriques externes et lorsque les groupes électrogènes de secours ne sont pas en fonctionnement. Leur protection, leur capacité et leur autonomie ont été particulièrement étudiées dans le cadre des stress tests. L'ASN a fixé la prescription ECS–18.I.

---

### **ECS–18.I : Renforcement de l'autonomie des batteries**

I. Avant le 30 juin 2012, l'exploitant présentera à l'ASN les modifications qu'il envisage en vue d'augmenter notablement, avant le 31 décembre 2014, l'autonomie des batteries utilisées en cas de perte des alimentations électriques externes et internes.

L'autonomie des batteries a été portée d'une heure à deux heures. Ces batteries peuvent être rechargées par le DUS.

**Statut : soldé**

#### 2.2.4 Actions opérationnelles et préparatoires

**Peer Review:** *Implementation of operational or preparatory actions with respect to the availability of operational consumables. Examples include, ensuring the supply of consumables such as fuel, lubrication oil, and water and ensuring adequate equipment, procedures, surveillance, drills and arrangements for the resupply from off-site are in place.*

Les actions devant être mises en œuvre à la suite d'un événement de grande ampleur sont de natures matérielles et organisationnelles. L'autonomie des sites en toutes circonstances, notamment à la suite d'un événement engendrant un isolement du site, l'acheminement des moyens provenant de l'extérieur, ainsi que la formation des personnes sont considérés.

Ces aspects font l'objet d'inspections de l'ASN. Par ailleurs, la FARN (cf. §2.3.14) a mis en place une organisation et des moyens permettant l'approvisionnement en consommables des sites, y compris dans les cas où les conditions d'accès seraient détériorées.

**Statut : soldé**

#### 2.2.5 Instrumentation et mesure

**Peer Review:** *The enhancement of instrumentation and monitoring. Examples include separate instrumentation and/or power sources to enable monitoring of essential parameters under any circumstances for accident management and the ability to measure specific important parameters based on passive and simple principles.*

#### Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012

*Further qualification to Severe Accident environmental conditions and against external hazards; and ensuring electrical power supply (Spent fuel pools instrumentation will be included into the hardened safety core).*

[...]

*In case of loss of the electrical power supplies for the operating Nuclear Power Plants, the instrumentation that detects entry into the Severe Accident situation is no longer available in the control room.*

[...]

*For the operating NPPs in the event of an earthquake, the availability of the instrumentation useful in SA situations is not guaranteed because it is not earthquake classified. These should therefore also be integrated into the hardened safety core.*

[...]

La robustesse du contrôle commande et de l'instrumentation nécessaire au diagnostic et à l'orientation de l'équipe de conduite lors d'une perte des alimentations électriques a fait l'objet d'études complémentaires dans le cadre des stress tests. Les conclusions ont amené l'ASN à fixer les prescriptions ECS-19 et ECS-20.

#### **ECS-19 : Redondance de l'instrumentation de détection d'un percement de la cuve et de la présence d'hydrogène dans l'enceinte**

I. Au plus tôt compte tenu des contraintes de déploiement sur le parc et, en tout état de cause, avant le 31 décembre 2017, l'exploitant met en place dans le puits de cuve des moyens redondants permettant de détecter le percement de la cuve et dans l'enceinte des moyens redondants permettant de détecter la présence d'hydrogène.

Une instrumentation permet de signaler en salle de commande le percement de la cuve par le corium.

II. Avant le 31 décembre 2013, l'exploitant proposera à l'ASN les exigences définitives pour ces dispositions et leur appartenance éventuelle au noyau dur.

EDF a défini les exigences associées à ses instrumentations redondantes. EDF a mis en place ces instrumentations pour l'ensemble de ses 19 sites. EDF considère que ces équipements n'appartiennent pas au noyau dur.

---

## ECS-20 : Instrumentation renforcée de l'état de la piscine

I. Avant le 30 juin 2012, l'exploitant présentera à l'ASN les modifications à apporter permettant de mesurer d'une part l'état de la piscine d'entreposage du combustible (température et niveau d'eau de la piscine de désactivation) et d'autre part l'ambiance radiologique du hall du bâtiment combustible.

II. Dans l'attente de leur mise en œuvre :

- Au plus tard le 31 décembre 2012, l'exploitant met à disposition de son organisation nationale de crise des abaques donnant, en fonction de la puissance résiduelle du combustible entreposé dans la piscine de désactivation, les délais d'atteinte de l'ébullition en cas de perte totale du refroidissement.
- Au plus tard le 31 décembre 2013, l'exploitant rend disponible la mesure de niveau en cas de perte totale des alimentations électriques.

Les piscines d'entreposage disposent d'une instrumentation de mesure du niveau d'eau : cette instrumentation est maintenant secourue électriquement. Elle fait aussi l'objet de renforcement afin d'assurer sa tenue au séisme et dans des conditions d'ambiance dégradées.

Les piscines d'entreposage disposent de capteurs de température : les mesures de température ne sont utilisées que pour garantir l'entrée en procédure incidentelle ou accidentelle. Des abaques permettent d'évaluer le début d'atteinte de l'ébullition et peuvent compenser l'absence de mesure de température en situation dégradée.

Les piscines d'entreposage disposent de chaînes de mesure d'activité dans le hall du bâtiment combustible qui sont notamment utilisées en cas de manutention de combustible. Pour les autres situations accidentelles, ces mesures ne sont pas utilisées car les actions des opérateurs (appoint d'eau) sont réalisées depuis des locaux situés en dehors du hall piscine ou du bâtiment combustible.

**Statut : soldé**

### 2.2.6 Amélioration de la sûreté à l'arrêt et lors des différents états des réacteurs

**Peer Review:** *The enhancement of safety in shutdown states and mid-loop operation. Examples of improvements include, reducing or prohibiting mid-loop operation, adding dedicated hardware, procedures and drills, the use of other available water sources (e. g. from hydro-accumulators), requiring the availability of SGs during shutdown operations and the availability of feedwater in all modes.*

À l'occasion des stress tests, l'exploitant a analysé les situations de perte de la source froide et de perte des alimentations électriques des réacteurs qui vont au-delà des situations étudiées dans le référentiel actuel. EDF a considéré l'ensemble des états de réacteur et la piscine d'entreposage de combustible, ainsi que des scénarios qui, d'une part, affectent tous les réacteurs d'un site et de façon durable et peuvent, d'autre part, être éventuellement induits par un séisme ou une inondation externe, y compris d'un niveau supérieur à celui considéré dans le référentiel actuel. Pour chacune de ces situations, les délais avant découverture du combustible en cas de perte des systèmes de refroidissement et des sources électriques ont été évalués. L'ASN a fixé les prescriptions indiquées dans les §2.2.1 à §2.2.5.

**Statut : soldé**

### 2.2.7 Joints des pompes primaires du réacteur

**Peer Review:** *The use of temperature-resistant (leak-proof) primary pump seals.*

L'exploitant a mis en place des joints haute température sur l'ensemble des pompes primaires des réacteurs dont l'objectif est de résister à une perte de refroidissement pour une durée étendue.

**Statut : soldé**

### 2.2.8 Ventilation

**Peer Review:** *The enhancement of ventilation capacity during SBO to ensure equipment operability.*

De nombreux matériels ne peuvent fonctionner sur le moyen et long terme si ces matériels ou les locaux dans lesquels ils sont situés ne sont pas ventilés ou refroidis. L'amélioration de la robustesse de certains matériels requis pour le refroidissement du réacteur ou bien de la piscine d'entreposage de combustible faisant ainsi partie du noyau dur implique également de considérer la robustesse de leurs moyens de ventilation. A l'issue des stress tests, l'ASN a fixé la prescription ECS-17.

Comme indiqué au §2.2.1, la prescription ECS-17 demande d'examiner les exigences assignées aux matériels nécessaires à la maîtrise des situations de perte totale de la source froide ou des alimentations électriques. Ceci comprend l'exigence sur les ventilations pour assurer l'opérabilité des matériels dans ces situations.

**Statut : soldé**

### 2.2.9 Salles de commande principale et de secours

**Peer Review:** *The enhancement of the main control room (MCR), the emergency control room (ECR) and emergency control centre (ECC) to ensure continued operability and adequate habitability conditions in the event of a station black-out (SBO) and in the event of the loss of DC (this also applies to Topic 3 recommendations).*

La situation de perte totale des alimentations électriques (perte des sources externes et des groupes électrogènes de secours) est une situation qui conduit à l'indisponibilité du confinement dynamique réalisé à partir des ventilations, en particulier la fonction de ventilation de la salle de commande principale et la filtration sur piège à iode de cette ventilation.

L'ASN a fixé la prescription ECS–18.III.

Comme indiqué au §2.2.2, la prescription ECS–18.III demande la mise en place de dispositifs d'alimentation électrique de secours. Ceux-ci permettent la réalimentation du contrôle commande minimum du réacteur depuis la salle de commande, de l'éclairage de celle-ci, et du système de ventilation-filtration.

**Statut : soldé**

### 2.2.10 Piscine d'entreposage de combustible

**Peer Review:** *The improvement of the robustness of the spent fuel pool (SFP). Examples include reassessment/upgrading SFP structural integrity, installation of qualified and power-independent monitoring, provisions for redundant and diverse sources of additional coolant resistant to external hazards (with procedures and drills), design of pools that prevents drainage, the use of racks made of borated steel to enable cooling with fresh (unborated) water without having to worry about possible recriticality, redundant and independent SFP cooling systems, provision for additional heat exchangers (e. g. submerged in the SFP), an external connection for refilling of the SFP (to reduce the need for an approach linked to high doses in the event of the water falling to a very low level) and the possibility of venting steam in a case of boiling in the SFP.*

**CNS:** *Installing additional equipment and instrumentation in spent fuel pools to ensure cooling can be maintained or restored in all circumstances, or performing additional technical evaluations to determine if additional equipment and instrumentation are needed.*

Dans le cadre des stress tests, les conséquences d'une agression naturelle majeure sur les systèmes assurant l'évacuation de la puissance résiduelle du combustible entreposé en piscine, sur l'intégrité des piscines du bâtiment combustible ou du bâtiment réacteur, ainsi que des circuits qui y sont connectés, les risques de déformation des racks d'entreposage, ainsi que les risques de chute de charges ont fait l'objet d'un examen approfondi.

Les conclusions des analyses réalisées ont amené l'ASN à fixer les prescriptions ECS–16.I, ECS–18.II, ECS–20, ECS–21, ECS–22, ECS–23 et ECS–25.

Comme indiqué dans les §2.2.1 et §2.2.2, les prescriptions ECS–16.I e ECS–18.II imposent la mise en œuvre de moyens d'alimentation de secours pour la piscine, alimentés par des moyens d'alimentation électriques complémentaires.

Comme indiqué dans le §2.2.5, la prescription ECS–20 impose la mise en œuvre d'une instrumentation renforcée de l'état de la piscine d'entreposage de combustible.

---

### **ECS–21 : Dispositions complémentaires pour prévenir ou limiter les conséquences de la chute d'un emballage de transport de combustible dans le bâtiment combustible.**

(Sites du Bugey et de Fessenheim)

Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant remettra à l'ASN, une étude des conséquences d'un accident de chute d'emballage de transport de combustible usé en intégrant les situations extrêmes étudiées dans le cadre des ECS. Avant le 31 décembre 2013, une étude des dispositions complémentaires envisageables pour prévenir ou limiter les conséquences de cette chute sera présentée.

EDF a analysé l'étude des conséquences d'un accident de chute d'emballage. EDF a défini des dispositifs d'amortissement pour limiter les conséquences en cas de chute.

---

## **ECS–22 : Renforcement des dispositions pour éviter les vidanges accidentelles rapides des piscines d’entreposage du combustible**

Avant le 30 juin 2012, l'exploitant présentera à l'ASN les modifications à apporter à ses installations visant à renforcer la prévention du risque de vidange accidentelle de la piscine du bâtiment combustible :

- dispositions permettant d'éviter une vidange complète et rapide par siphonage de la piscine en cas de rupture d'une tuyauterie connectée,
- automatisation de l'isolement de la ligne d'aspiration du circuit de refroidissement.

Les dispositions permettant d'éviter une vidange complète et rapide par siphonage de la piscine en cas de rupture d'une tuyauterie connectée, ainsi que l'automatisation de l'isolement de la ligne d'aspiration du circuit de refroidissement, ont été mises en place sur l'ensemble des réacteurs.

---

## **ECS–23 : Mise en position sûre d'un assemblage combustible en cours de manutention**

Avant le 30 juin 2012, l'exploitant remettra à l'ASN une étude des dispositions envisageables, en cas de perte totale des alimentations électriques et de vidange accidentelle, pour mettre en position sûre, un assemblage de combustible en cours de manutention dans le bâtiment combustible avant que les conditions d'ambiance ne permettent plus d'accéder aux locaux.

EDF a défini des modifications pour mettre en position sûre, en cas de perte totale des alimentations électriques et de vidange accidentelle, l'assemblage de combustible en cours de manutention dans un délai inférieur à deux heures.

---

## **ECS–25 : Renforcement des dispositions de gestion d'une fuite sur le tube de transfert ou sur les tuyauteries de vidange des compartiments**

I- Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant remettra à l'ASN une étude des modifications matérielles ou des conditions d'exploitation envisageables pour prévenir le dénoyage des assemblages en cours de manutention, résultant d'une brèche du tube de transfert situé entre les piscines des bâtiments réacteur et combustible ou des tuyauteries de vidange des compartiments.

II- Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant présentera à l'ASN des modifications matérielles ou des conditions d'exploitation envisageables pour prévenir, avant le 30 juin 2013, la perte rapide d'inventaire en eau au-dessus des assemblages entreposés, résultant d'une brèche du tube de transfert situé entre les piscines des bâtiments réacteur et combustible ou les tuyauteries de vidanges des compartiments.

EDF a réalisé une étude de tenue au séisme ainsi que des études de modifications afin de prévenir le dénoyage de l'assemblage de combustible en cours de manutention en cas de brèche sur le tube de transfert ou sur les tuyauteries de vidange des compartiments. EDF a mis en place des mesures organisationnelles (modification de régimes de consignations administratives de vannes pour garantir leur position) afin de prévenir le dénoyage des assemblages de combustible en cas de brèche sur les tuyauteries de vidange des compartiments.

**Statut : soldé**

### 2.2.11 Séparation et indépendance des systèmes de sûreté

**Peer Review:** *The enhancement of the functional separation and independence of safety systems. Examples include the elimination of full dependence of important safety functions on auxiliary systems such as service water and the introduction of an alternate source of cooling.*

Conformément aux recommandations internationales, la réglementation française applicable dans le domaine de la sûreté nucléaire, notamment l'article 3.1 de l'arrêté INB du 7 février 2012, prévoit la mise en œuvre de niveaux de défense successifs et suffisamment indépendants, ainsi qu'une démarche de conception prudente, intégrant des marges de dimensionnement et recourant à une redondance, une diversification et une séparation physique adéquates des éléments importants pour la protection qui assurent des fonctions nécessaires à la démonstration de sûreté nucléaire.

**Statut : soldé**

### 2.2.12 Accessibilité

**Peer Review:** *The verification of assured flow paths and access under SBO conditions. Ensure that the state in which isolation valves fail and remain, when motive and control power is lost, is carefully considered to maximize safety. Enhance and extend the availability of DC power and instrument air (e. g. by installing additional or larger accumulators on the valves). Ensure access to critical equipment in all circumstances, specifically when electrically operated turnstiles are interlocked.*

À l'issue des stress tests, l'ASN a fixé les prescriptions ECS-18.II&III, ECS-31 et ECS-35.I&II qui demandent en particulier un renforcement de la robustesse des alimentations électriques et une vérification de la faisabilité des actions de gestion de l'accident pour les situations étudiées dans le cadre des stress tests.

Comme indiqué dans le §2.2.2, les prescriptions ECS-18.II&III demandent de disposer d'alimentations électriques supplémentaires afin de renforcer la robustesse de l'installation en cas de perte totale des alimentations électriques.

---

### ECS-31 : Modifications afin d'assurer la conduite des installations après rejets

Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant transmet à l'ASN un dossier présentant les modifications prévues en vue d'assurer sur son site, en cas de rejets de substances dangereuses ou d'ouverture du système d'éventage-filtration (U5), la conduite et la surveillance de l'ensemble des installations du site jusqu'à l'atteinte d'un état sûr durable, ainsi que le calendrier de déploiement associé.

EDF a mis en œuvre des dispositions pour limiter le rejet de substances radioactives en situation accidentelle :

- une disposition pour anticiper, en situation de perte totale des alimentations électriques, la fermeture de vannes d'isolement enceinte jugées prioritaires ;
- l'installation de paniers alcalinisants dans le bâtiment des réacteurs de type 1300 MWe et N4 pour limiter le terme source rejeté (pH basique des puisards) en situation accidentelle. Cette modification, qui limite les rejets d'iode gazeux, a un effet favorable sur l'ambiance radiologique de la salle de commande et sur l'accessibilité du site ;

- le secours électrique de la filtration de l'espace entre enceintes des réacteurs de type 1300 MWe et N4.

EDF a par ailleurs mis en œuvre un secours électrique de la filtration de l'air entrant dans la salle de commande.

---

## ECS–35.I et II : Faisabilité des actions de gestion de crise dans des situations extrêmes

I. Au plus tard le 31 décembre 2012, l'exploitant définit les actions humaines requises pour la gestion des situations extrêmes étudiées dans les évaluations complémentaires de sûreté. Il vérifie que ces actions sont effectivement réalisables compte tenu des conditions d'interventions susceptibles d'être rencontrées dans de tels scénarios. Il prend notamment en compte la relève des équipes de crise et la logistique nécessaire aux interventions. Il précise les adaptations envisagées sur le plan matériel ou organisationnel. A la fin de cette échéance, l'exploitant transmettra le bilan de ce travail et les mesures envisagées. Au 30 juin 2012, l'exploitant transmettra à l'ASN un point d'étape.

II. Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant transmettra à l'ASN la liste des compétences nécessaires à la gestion de crise en précisant si ces compétences sont susceptibles d'être portées par des entreprises prestataires. L'exploitant justifiera que son organisation assure la disponibilité des compétences nécessaires en cas de crise, y compris en cas de recours à des entreprises prestataires.

EDF a défini les actions humaines requises et les compétences nécessaires pour la gestion des situations extrêmes étudiées dans les évaluations complémentaires de sûreté, ainsi que les mesures afin de disposer d'équipes spécialisées capables d'intervenir sur les sites.

**Statut : soldé**

### 2.2.13 Matériel mobile

**Peer Review:** *The provision of mobile pumps, power supplies and air compressors with prepared quick connections, procedures, and staff training with drills. Mobile devices are intended to enable the use of existing safety equipment, enable direct feeding of the primary or secondary side, allow extended use of instrumentation and operation of controls, allow effective fire-fighting, and ensure continued emergency lighting. The equipment should be stored in locations that are safe and secure even in the event of general devastation caused by events significantly beyond the design basis (this also applies to Topic 3 recommendations).*

Les procédures d'urgence, qui intègrent les nouvelles dispositions identifiées dans le cadre des stress tests, prévoient le recours à des moyens mobiles situés sur site ou bien hors site dont il faut garantir la disponibilité et l'opérabilité. L'ASN a fixé la prescription ECS–30.

La réglementation française requiert que l'exploitant veille à la disponibilité et à l'opérabilité des moyens mobiles indispensables à la gestion de crise. Ce point est vérifié lors d'inspections.

Par ailleurs, toutes les installations ont fait l'objet de modifications pour être en mesure de raccorder les moyens mobiles de secours acheminés par la FARN (cf. §2.3.14).

---

## ECS–30 : Stockage des moyens mobiles.

[...]

III. Au plus tard le 30 juin 2013, l'exploitant stocke ses moyens mobiles nécessaires à la gestion de crise dans des locaux ou sur des zones adaptées résistant au séisme majoré de sécurité et à une inondation en cas d'atteinte de la cote majorée de sécurité.

Cette disposition a été mise en place par EDF. Elle est contrôlée dans le cadre des inspections de l'ASN.

**Statut : soldé**

### 2.2.14 Protection des systèmes

**Peer Review:** *The provision for a bunkered or “hardened” system to provide an additional level of protection with trained staff and procedures designed to cope with a wide variety of extreme events including those beyond the design basis (this also applies to Topic 3 recommendations).*

Le noyau dur constitué de dispositions matérielles et organisationnelles a pour but de mettre en œuvre un niveau supplémentaire de protection. L'ASN a fixé la prescription ECS–1 (comme précisé au §2.2).

**Statut : soldé**

### 2.2.15 Accidents multiples

**Peer Review:** *The enhancement of the capability for addressing accidents occurring simultaneously on all plants of the site. Examples include assuring preparedness and sufficient supplies, adding mobile devices and fire trucks and increasing the number of trained and qualified staff (this also applies to Topic 3 recommendations).*

L'analyse de la gestion d'accidents multiples affectant simultanément tout ou partie des réacteurs d'un même site a remis en question les dispositions matérielles et organisationnelles mises en œuvre précédemment. Dans ce contexte, l'ASN a fixé les prescriptions ECS–32 et ECS–36.II.

---

## ECS–32 : Organisation de crise multitranche

Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant renforcera ses dispositions matérielles et organisationnelles pour prendre en compte les situations accidentelles affectant simultanément tout ou partie des installations du site.

Le référentiel PUI (Plan d'Urgence Interne) modifié a été déployé sur tous les sites EDF à compter du 15 novembre 2012. Il prend en compte les situations accidentelles affectant simultanément plusieurs installations d'un même site.

---

## ECS–36.II : La Force d'action rapide nucléaire (FARN)

II. Au 31 décembre 2012, ce dispositif est projetable pour intervenir sur un réacteur du site. Il aura une capacité d'intervention simultanée sur l'ensemble des réacteurs du site fin 2014.

La FARN (cf. §2.3.14) dispose de moyens humains et matériels pour intervenir simultanément sur tous les réacteurs d'un même site.

**Statut : soldé**

### 2.2.16 Inspection des équipements et programmes de formation

**Peer Review:** *The establishment of regular programs for inspections to ensure that a variety of additional equipment and mobile devices are properly installed and maintained, particularly for temporary and mobile equipment and tools used for mitigation of BDB external events. Development of relevant staff training programmes for deployment of such devices.*

Les contrôles mis en œuvre par l'exploitant afin de vérifier la présence, l'opérabilité et la maintenance des équipements et autres dispositions matérielles sont requis par la réglementation applicable aux installations nucléaires et font eux-mêmes l'objet d'inspections régulières de la part de l'ASN.

La bonne mise en œuvre des programmes de surveillance et d'entretien, ainsi que de formation des équipes ont fait l'objet d'un examen au cours des inspections ciblées menées par l'ASN en 2011. Les constats relevés ont conduit l'ASN à fixer une prescription (ECS–5) imposant la conformité dans le temps de la protection volumétrique.

Comme indiqué dans le §2.1.3, la prescription ECS–5 demande à l'exploitant de mettre en œuvre l'organisation et les ressources pour s'assurer que la protection volumétrique conserve dans le temps l'efficacité qui lui est attribuée dans la démonstration de sûreté. La protection des installations contre l'inondation repose, sur certains sites, sur la mise en place de matériels mobiles. Le respect de cette prescription passe notamment par la mise en œuvre de programme de surveillance spécifique et le renforcement de la formation du personnel concerné. Ces questions font l'objet de contrôles dans le cadre du programme normal d'inspection des installations.

**Statut : soldé**

### 2.2.17 Études complémentaires sur des sujets où subsistent des incertitudes

**Peer Review:** *The performance of further studies in areas where there are uncertainties. Uncertainties may exist in the following areas:*

- *The integrity of the SFP and its liner in the event of boiling or external impact.*
- *The functionality of control equipment (feedwater control valves and SG relief valves, main steam safety valves, isolation condenser flow path, containment isolation valves as well as depressurisation valves) during the SBO to ensure that cooling using natural circulation would not be interrupted in a SBO (this is partially addressed in recommendation 3.2.10).*
- *The performance of additional studies to assess operation in the event of widespread damage, for example, the need different equipment (e.g. bulldozers) to clear the route to the*

*most critical locations or equipment. This includes the logistics of the external support and related arrangements (storage of equipment, use of national defence resources, etc.).*

L'analyse menée dans le cadre des stress tests sur la robustesse des installations en cas de perte des alimentations électriques ou des moyens de refroidissement a conduit à identifier, outre les mesures de renforcement de la sûreté exposées plus haut, le besoin d'analyser plus en détail certains phénomènes, notamment l'évolution temporelle du comportement du combustible et de l'eau présents dans la piscine de désactivation du combustible dans des situations de perte de refroidissement. L'ASN a formulé à cet égard la prescription ECS-24.

---

### **ECS-24 : Évolution thermohydraulique d'un accident en piscine**

Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant remettra à l'ASN une étude de l'évolution temporelle du comportement du combustible et de l'eau présents dans la piscine de désactivation du combustible dans des situations de vidange et de perte de refroidissement. L'exploitant y évalue notamment l'ambiance radiologique en situation d'ébullition de la piscine ainsi que les concentrations d'hydrogène par radiolyse potentiellement atteintes en situation de perte de la ventilation du hall du bâtiment combustible. A cette échéance, l'exploitant propose, en les justifiant, les dispositions pouvant être mises en œuvre.

Les études transmises décrivent la cinétique et les conséquences d'une situation d'ébullition dans la piscine. Les dispositions définies consistent à maintenir un inventaire en eau suffisant dans les piscines par un appoint en eau, puis à assurer un refroidissement de la piscine par un moyen mobile.

EDF a évalué que, en cas de situation de perte de ventilation, la concentration maximale d'hydrogène atteinte dans le hall de la piscine du bâtiment combustible du fait de la radiolyse de l'eau est homogène et inférieure à la limite inférieure d'inflammabilité dans l'air sec, assimilable à la limite inférieure d'explosivité (4%).

**Statut : soldé**

## 2.3 GESTION D'UN ACCIDENT GRAVE

### Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012

*The main improvements to be made in order to cope with severe accidents, possibly affecting multiple units and caused by natural hazards have been pointed out by ASN. One recommendation of the peer review process is to guarantee their implementation.*

Les prescriptions imposées par l'ASN sont assorties d'échéances et sont juridiquement contraignantes. L'ASN attache une vigilance particulière au suivi de la mise en œuvre de l'ensemble des prescriptions qu'elle a édictées.

**Statut : soldé**

#### 2.3.1 Niveaux de référence WENRA

**Peer Review:** *The incorporation of the WENRA reference levels related to severe accident management (SAM) into their national legal frameworks, and ensure their implementation in the installations as soon as possible. This would include:*

- *Hydrogen mitigation in the containment - Demonstration of the feasibility and implementation of mitigation measures to prevent massive explosions in case of severe accidents.*
- *Hydrogen monitoring system - Installation of qualified monitoring of the hydrogen concentration in order to avoid dangerous actions when concentrations that allow an explosion exist.*
- *Reliable depressurization of the reactor coolant system – Hardware provisions with sufficient capacity and reliability to allow reactor coolant system depressurization to prevent high-pressure melt ejection and early containment failure, as well as to allow injection of coolant from low pressure sources.*
- *Containment overpressure protection - Containment venting via the filters designed for severe accident conditions.*
- *Molten corium stabilization - Analysis and selection of feasible strategies and implementation of provisions against containment degradation by molten corium.*

À la suite de la publication de la loi TSN en 2006 et de ses décrets d'application, l'ASN a procédé à une refonte complète de la réglementation technique générale applicable aux INB.

L'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base reprend notamment les niveaux de référence WENRA qui relèvent de ce niveau de texte réglementaire. Cet arrêté offre également un fondement à plusieurs des exigences formulées par l'ASN à la suite des stress tests. Cet arrêté a été complété par plusieurs décisions réglementaires ou guides de l'ASN publiés afin de poursuivre la mise en œuvre des niveaux de référence WENRA.

Concernant l'implémentation sur site des niveaux de référence, notamment ceux concernant les accidents graves :

- tous les réacteurs sont équipés, depuis fin 2007, de recombineurs auto-catalytiques passifs (RAP) d'hydrogène destinés à prévenir une détonation globale d'hydrogène dans l'enceinte de confinement ;
- tous les réacteurs sont équipés d'une instrumentation redondante dédiée à la gestion des accidents graves permettant de détecter le percement de la cuve et la présence d'hydrogène dans l'enceinte;

- la prévention des séquences de fusion du cœur en pression repose sur l'ouverture volontaire des tandems de soupapes SEBIM du pressuriseur. Un dispositif a été mis en œuvre pour permettre l'ouverture des soupapes SEBIM même en cas de perte totale des sources électriques ;
- tous les réacteurs en exploitation sont équipés d'un dispositif d'éventage et de filtration U5 permettant de limiter, en cas d'accident, la pression dans l'enceinte de confinement ;
- sur l'EPR de Flamanville 3, un système spécifique (EVU) prévu à la conception permet l'évacuation de la puissance résiduelle dans l'enceinte ainsi que le refroidissement du corium.

## Statut : soldé

### 2.3.2 Dispositions pour la tenue du matériel aux accidents graves

**Peer Review:** Adequate hardware provisions that will survive external hazards (e.g. by means of qualification against extreme external hazards, storage in a safe location) and the severe accident environment (e.g. engineering substantiation and/or qualification against high pressures, temperatures, radiation levels, etc), in place, to perform the selected strategies.

#### Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012

Several equipment items required for severe accident management are not qualified for earthquakes.

[...].

Passive autocatalytic re-combiners (PAR) designed for design based accidents (DBA) are seismically qualified but those for severe accidents do not have seismic qualification

[...].

Qualification against external hazards of the hydrogen recombiners and the venting filters in use on the reactor fleet will be requested.

Les équipements permettant de limiter les conséquences d'un accident grave et les rejets radioactifs des réacteurs en exploitation ne disposent pas d'exigences spécifiques vis-à-vis des agressions externes.

L'ASN a pris les prescriptions ECS–1.II et ECS– 29.

Comme indiqué au §2.2, la prescription ECS–1.II requiert que les équipements permettant de limiter les conséquences d'un accident grave et les rejets radioactifs soient robustes aux agressions, au-delà du niveau actuel des aléas pris en compte.

### ECS–29 : Renforcement du système d'éventage-filtration U5 (« filtre à sable »)

Avant le 31 décembre 2013, l'exploitant remettra à l'ASN une étude détaillée sur les possibilités d'amélioration du dispositif d'éventage filtration U5, prenant en compte les points suivants :

- résistance aux agressions,
- limitation des risques de combustion d'hydrogène,
- efficacité de la filtration en cas d'utilisation simultanée sur deux réacteurs,
- amélioration de la filtration des produits de fissions, en particulier des iodes,
- conséquences radiologiques de l'ouverture du dispositif, notamment sur l'accessibilité du site, et l'ambiance radiologique des locaux de crise et de la salle de commande.

L'exploitant a remis à l'ASN une étude détaillée sur les possibilités d'amélioration du système d'éventage-filtration U5, en prenant notamment en compte sa résistance aux agressions.

**Statut : soldé**

### 2.3.3 Dispositions prévues pour la gestion des accidents graves induits par un événement externe grave

**Peer review:** *The systematic review of SAM provisions focusing on the availability and appropriate operation of plant equipment in the relevant circumstances, taking account of accident initiating events, in particular extreme external hazards and the potential harsh working environment.*

L'ASN a prescrit (ECS-35.I&II) à EDF de vérifier que les actions de gestion de crise prévues dans des situations extrêmes étudiées dans le cadre des stress tests sont effectivement réalisables. Elle a également prescrit (ECS-14.I) à EDF de prendre en compte les risques industriels induits, dans des situations extrêmes, par les installations à risques situées à proximité.

Comme indiqué au §2.2.12, la prescription ECS-35.I&II demande de s'assurer de la faisabilité des actions de gestion de crise en situation extrême.

### ECS-14.I : Prise en compte des risques industriels dans des situations extrêmes

I. Au plus tard le 31 décembre 2013, l'exploitant complète ses études actuelles par la prise en compte du risque créé par les activités situées à proximité de ses installations, dans les situations extrêmes étudiées dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté, et en relation avec les exploitants voisins responsables de ces activités (installations nucléaires, installations classées pour la protection de l'environnement ou autres installations susceptibles de présenter un danger). A cette échéance, l'exploitant propose les éventuelles modifications à apporter à ses installations ou leurs modalités d'exploitation résultant de cette analyse.

EDF a réalisé, pour l'ensemble des sites, des études pour déterminer les risques induits par les agressions potentielles dues à l'environnement industriel sur un site CNPE et les modifications éventuelles à réaliser. EDF indique que les études de vérification de la robustesse des fonctions du noyau dur prennent en compte ce risque.

**Statut : soldé**

### 2.3.4 Amélioration des guides relatifs à la gestion des accidents graves

**Peer review:** *In conjunction with the recommendation 2.4, the enhancement of SAMGs taking into account additional scenarios, including, a significantly damaged infrastructure, including the disruption of plant level, corporate-level and national-level communication, long-duration accidents (several days) and accidents affecting multiple units and nearby industrial facilities at the same time.*

À la suite des stress tests, l'ASN a été amenée à fixer la prescription suivante.

---

## ECS-14.II : Coordination avec les exploitants industriels voisins en cas de crise

II. Au plus tard le 30 septembre 2012, l'exploitant prend toutes les dispositions, par exemple au moyen de conventions ou de systèmes de détection et d'alerte, pour être rapidement informé de tout événement pouvant constituer une agression externe envers ses installations, pour protéger son personnel contre ces agressions et pour assurer une gestion de crise coordonnée avec les exploitants voisins.

EDF a défini des systèmes d'alerte pour l'ensemble de ses sites afin de mieux se coordonner avec les industriels voisins.

**Statut : soldé**

**CNS:** *Performing or planning an evaluation of the guidance that is to be used by the operator to manage emergency situations resulting from severe accidents caused by extreme natural phenomena at nuclear power plants, including for low power and shutdown states. These documents include emergency operating procedures to prevent core damage, severe accident management guidelines to prevent containment failure, and extensive damage mitigation guidelines to address accidents that result in fires or explosions that affect a large portion of a nuclear power plant.*

### Recommandation spécifique à la France issue de la revue par les pairs de 2012

*The French SAMGs however, do not cover accidents in the SFP, and do not include multi-unit events. Shutdown states are currently only implemented for the 900 MWe series, their implementation for the other series of the French reactor fleet is foreseen.*

Les réacteurs en exploitation disposent de guides d'intervention en situation d'accident grave (GIAG), qui visent à apporter une aide aux équipes de crise en vue d'assurer au mieux le confinement des produits radioactifs. En effet, lorsque les équipes de crise appliquent le GIAG, la priorité n'est plus la sauvegarde du cœur du réacteur mais celle du confinement. Dans ces guides, les actions possibles pour diminuer les conséquences d'un accident grave sont décrites.

Les différents travaux réalisés dans le cadre des stress tests ont pris en compte des scénarios qui n'avaient pas été considérés par le passé. Leurs conclusions sont prises en compte pour les révisions des documents relatifs à la gestion des accidents graves. En particulier, ces documents couvrent, pour l'ensemble des réacteurs, des états d'arrêt du réacteur.

**Statut : soldé**

### 2.3.5 Validation des guides relatifs à la gestion des accidents graves

**Peer Review:** *The validation of the enhanced SAMGs.*

La validation et l'instruction des différents documents relatifs à la gestion des accidents graves se font selon les processus mis en place respectivement par les exploitants et l'ASN.

**Statut : soldé**

### 2.3.6 Exercices de simulation des accidents graves

**Peer Review:** *Exercises aimed at checking the adequacy of SAM procedures and organizational measures, including extended aspects such as the need for corporate and nation level coordinated arrangements and long-duration events.*

L'organisation de crise du parc nucléaire EDF est conçue pour prendre en compte les situations d'urgence, afin notamment d'éviter tout rejet radioactif dans l'environnement ou de les limiter au maximum. Elle est basée sur deux niveaux :

- le niveau local sur chacun des sites sous la direction du directeur d'unité ou son représentant. Elle est structurée en équipes (ou postes de commandement – PC) qui couvrent les quatre grands domaines nécessaires à la gestion d'une crise (expertise, décision, action, communication) ;
- l'organisation nationale de crise (ONC), qui appuie le niveau local par des spécialistes des services centraux d'EDF. L'organisation de crise du parc nucléaire EDF est gréée par des moyens humains et matériels mobilisables 24h/24 et 7j/7, sur appel d'une centrale nucléaire.

Les pouvoirs publics (le Gouvernement, l'ASN et les experts techniques) et les exploitants en situation d'urgence radiologique interviennent dans leurs champs de compétence respectifs relatifs à l'expertise, à la décision, à l'action et à la communication, pour lesquels des audioconférences régulières sont organisées. Les échanges conduisent aux décisions et orientations relatives à la sûreté de l'installation et à la protection de la population. De même, les relations entre les cellules de communication et les porte-parole des centres de crise assurent la cohérence de l'information du public et des médias.

Les exercices de crise permettent notamment d'entraîner les personnes susceptibles d'être impliquées et de mettre en œuvre les différents aspects de l'organisation de crise, ainsi que les procédures prévues dans les différents plans et référentiels (plan national, référentiels interministériels, plans de secours et plans communaux de sauvegarde).

Les moyens organisationnels, les matériels nécessaires à la gestion de crise et les procédures de mise en œuvre sont identifiés dans les plans d'urgence interne des sites, testés régulièrement et l'entraînement à leur mise en œuvre est réalisé au cours d'exercices.

La réglementation française prévoit la réalisation d'exercices de simulation d'accidents, notamment des accidents graves, à intervalles réguliers. Chaque centrale nucléaire réalise plusieurs exercices chaque année comprenant une mise en œuvre du plan d'urgence interne. De plus, chaque centrale nucléaire réalise un exercice d'ampleur nationale selon une périodicité inférieure à 5 ans.

La réglementation française demande que l'exploitant s'assure du caractère opérationnel de l'organisation et des moyens de crise en cas d'accident affectant tout ou partie des installations d'un même site.

Ces différents points sont vérifiés lors d'inspections de l'ASN.

**Statut : soldé**

### 2.3.7 Formation à la gestion des accidents graves

**Peer Review:** *Regular and realistic SAM training exercises aimed at training staff. Training exercises should include the use of equipment and the consideration of multi-unit accidents and long-duration events. The use of the existing NPP simulators is considered as being a useful tool but needs to be enhanced to cover all possible accident scenarios.*

La réglementation française et les plans d'urgence internes d'EDF prévoient la mise en œuvre d'une formation régulière et adaptée du personnel intervenant sur site, ainsi que la réalisation de plusieurs exercices chaque année sur chaque centrale nucléaire. Ainsi, chaque volet du PUI de site (sûreté radiologique, toxique, sûreté aléas climatiques et assimilés...) doit faire l'objet d'un exercice global tous les 3 ans. Le nombre d'exercices par an et par site est adapté au nombre d'équipiers de crise, chacun devant participer à un exercice PUI par an. La mise en œuvre de nouvelles dispositions matérielles et organisationnelles est accompagnée d'actions de formation spécifiques afin de permettre leur mise en œuvre effective.

Le référentiel PUI (Plan d'Urgence Interne) prend en compte les situations accidentelles affectant simultanément plusieurs installations d'un même site. La mise en œuvre de ce PUI a été accompagnée d'une formation spécifique du personnel.

À la suite des stress tests, l'ASN a fixé les prescriptions ECS-10 et ECS-35.III.

---

### **ECS-10 : Renforcement de la préparation des équipes en cas de séisme**

Avant le 30 juin 2012, l'exploitant transmettra à l'ASN un programme de formation des équipes de conduite permettant de renforcer leur niveau de préparation en cas de séisme. Ce programme doit notamment comprendre des mises en situations régulières. Ce programme doit avoir été suivi par le personnel de conduite du réacteur en charge de la baie sismique et des mesures d'exploitation associées au plus tard le 31 décembre 2012. Les autres équipes de conduite du site doivent recevoir une information au 31 décembre 2012 et avoir suivi l'ensemble du programme au plus tard le 31 décembre 2013.

Toutes les équipes de conduite ont suivi un programme de formation pour renforcer leur niveau de préparation en cas de séisme. Cette formation est réalisée tous les 3 ans.

---

### **ECS-35. III : Formation à la gestion d'un accident grave**

III. Avant le 30 septembre 2013, l'exploitant assure au personnel concerné une formation et une préparation visant à les mobiliser et à les faire intervenir au cours d'une situation accidentelle particulièrement stressante. Il s'assure que les entreprises prestataires susceptibles d'intervenir dans la gestion de crise adoptent des exigences similaires concernant la préparation et la formation de leurs personnels.

EDF a mis à jour son dispositif de formation auprès des intervenants mobilisés dans le cadre du plan d'urgence interne. EDF a développé un plan de formation des intervenants de la FARN (cf. §2.3.14). Aucune entreprise prestataire n'intervient en situation de crise sur les centrales nucléaires.

**Statut : soldé**

#### **2.3.8 Extension du champ des guides relatifs à la gestion des accidents graves à tout état du réacteur**

**Peer Review:** *The extension of existing SAMGs to all plant states (full and low-power, shutdown), including accidents initiated in SFPs.*

Ce point est traité au §2.3.4.

**Statut : soldé**

### 2.3.9 Amélioration de la communication

**Peer Review:** *The improvement of communication systems, both internal and external, including transfer of severe accident related plant parameters and radiological data to all emergency and technical support centre and regulatory premises.*

**CNS:** *Improving their radiation monitoring and communications capabilities and enhancing public communications, such as via dedicated public websites.*

À la suite des stress tests, l'ASN a édicté la prescription ECS-30.

### ECS-30 : Renforcement des moyens de communication

[...]

II. Au plus tard le 30 juin 2012, l'exploitant met en place des moyens de communication autonomes permettant un contact direct du site avec l'organisation nationale de crise visée dans la directive interministérielle du 7 avril 2005.

Ces moyens de communication ont été mis en œuvre en juin 2012.

EDF dispose de plus d'un système de communication redondant et sécurisé, en complément des moyens téléphoniques satellitaires supplémentaires qui ont été déployés sur les sites en 2012 pour permettre une liaison dans un cas extrême en redondance des moyens déjà déployés.

**Statut : soldé**

### 2.3.10 Présence d'hydrogène dans des endroits non prévus à la conception

**Peer Review:** *The preparation for the potential for migration of hydrogen, with adequate countermeasures, into spaces beyond where it is produced in the primary containment, as well as hydrogen production in SFPs.*

Lors d'un accident, l'hydrogène peut être produit en cuve, lors de la phase de dégradation du cœur du fait de l'oxydation des gaines des éléments combustibles et des autres matériaux présents dans la cuve, hors cuve, lors de l'interaction entre le corium et le béton, et par radiolyse de l'eau dans la piscine d'entreposage du combustible. L'hydrogène peut aussi provenir des lignes véhiculant de l'hydrogène ayant été endommagées.

A l'issue des stress tests, EDF s'est engagée à étudier le risque d'explosion d'hydrogène dans les autres bâtiments périphériques de l'enceinte des réacteurs. A ce titre, EDF a vérifié la tenue au séisme majoré de sécurité (SMS) des lignes véhiculant de l'hydrogène. A l'issue de ces études, EDF a défini et mis en œuvre les renforcements nécessaires.

L'aspect radiolyse de la piscine est traité au §2.2.17

**Statut : soldé**

### 2.3.11 Gestion d'importants volumes d'eau contaminée

**Peer Review:** *The conceptual preparations of solutions for post-accident contamination and the treatment of potentially large volumes of contaminated water.*

À la suite des stress tests, l'ASN a édicté la prescription ECS–27.I

---

### **ECS–27.I : Étude de faisabilité de mise en place d'une enceinte géotechnique ou dispositif d'effet équivalent**

I. Avant le 31 décembre 2012, l'exploitant transmettra à l'ASN une étude de faisabilité en vue de la mise en place, ou de la rénovation, de dispositifs techniques, de type enceinte géotechnique ou d'effet équivalent, visant à s'opposer au transfert de contamination radioactive vers les eaux souterraines et, par écoulement souterrain, les eaux superficielles, en cas d'accident grave ayant conduit au percement de la cuve par le corium.

II. Avant le 30 juin 2013, l'exploitant remettra à l'ASN une mise à jour de la fiche hydrogéologique du site, regroupant les données géologiques et hydrogéologiques actuelles.

EDF a conclu que la mise en œuvre d'un dispositif géotechnique n'était pas faisable sur l'ensemble des sites à un coût économiquement acceptable. L'ASN a demandé qu'EDF poursuive ses études sur ce sujet. A ce titre, EDF étudie des dispositions pour limiter les fuites d'eau contaminée hors des bâtiments et des moyens permettant de réduire la contamination de l'eau présente. EDF étudie également, afin de limiter l'ampleur et la durée de la contamination en cas de fuite d'eau contaminée en dehors des bâtiments, les moyens permettant de limiter la dissémination en dehors du site des substances radioactives, par le sol et les eaux souterraines.

**Statut : soldé**

#### **2.3.12 Radioprotection**

**Peer Review:** *The provision for radiation protection of operators and all other staff involved in the SAM and emergency arrangements.*

**CNS:** *Improving their radiation monitoring and communications capabilities and enhancing public communications, such as via dedicated public websites.*

La réglementation française dispose que l'exploitant prévoit des dispositions pour la protection des personnes présentes dans l'établissement en cas de situation d'urgence, notamment des équipements de protection collectifs et individuels adaptés, des moyens de dosimétrie opérationnelle, des moyens de mesure pour la radioprotection disponibles en quantité suffisante pour l'ensemble des personnes présentes dans l'établissement.

La réglementation française requiert que l'exploitant dispose, dans l'installation nucléaire de base ou à proximité en particulier de moyens mobiles lui permettant en toutes circonstances, notamment en cas d'incident ou d'accident, de réaliser des prélèvements et des mesures à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement. Ces points font l'objet de vérifications lors des inspections de l'ASN.

Des exercices de crise impliquant une pression médiatique simulée sont organisés chaque année afin de tester les capacités d'information des différents acteurs (préfets, autorité de sûreté, exploitants aux niveaux local et national...).

**Statut : soldé**

### 2.3.13 Locaux de gestion de crise sur site

**Peer Review:** *The provision of an on-site emergency center protected against severe natural hazards and radioactive releases, allowing operators to stay onsite to manage a severe accident.*

**CNS:** *Upgrading regional, off-site and on-site emergency response centres.*

Les locaux de crise des réacteurs en exploitation ont été conçus sans exigences de résistance aux agressions.

L'ASN a donc fixé des prescriptions ECS–30.I et ECS–1.IV pour renforcer la résistance aux agressions des locaux de gestion de crise afin qu'ils soient accessibles et habitables pendant des crises de longue durée, y compris en cas de rejets radioactifs.

---

#### **ECS–30.I : Dimensionnement des locaux de crise contre le séisme et l'inondation.**

I. L'exploitant vérifie que les locaux de gestion des situations d'urgence résistent à une inondation en cas d'atteinte de la cote majorée de sécurité. Avant le 30 juin 2012, il présente à l'ASN les conclusions de cette vérification et les modifications envisagées si nécessaires. Avant le 30 juin 2013, il réalisera, le cas échéant, les travaux de renforcement nécessaires.

L'exploitant vérifie que les locaux de gestion des situations d'urgence résistent au séisme majoré de sécurité (SMS). Avant le 30 juin 2012, il présente à l'ASN les conclusions de cette vérification et les modifications envisagées si nécessaire. Avant [Date variable suivant les sites], il réalisera, le cas échéant, les aménagements nécessaires.

EDF a réalisé, pour l'ensemble des sites le nécessitant, les aménagements et modifications nécessaires des locaux de crise pour leur tenue à la cote majorée de sécurité et au séisme majoré de sécurité.

---

#### **ECS–1.IV : Définition des structures et des composants du « noyau dur »**

IV. L'exploitant prend toutes les dispositions nécessaires pour assurer le caractère opérationnel de l'organisation et des moyens de crise en cas d'accident affectant tout ou partie des installations d'un même site.

À cet effet, l'exploitant inclut ces dispositions dans le noyau dur défini au §I. de la présente prescription, et fixe en particulier, conformément au §II. de la présente prescription, des exigences relatives :

- aux locaux de gestion des situations d'urgence, pour qu'ils offrent une grande résistance aux agressions et qu'ils restent accessibles et habitables en permanence et pendant des crises de longue durée, y compris en cas de rejets radioactifs. Ces locaux devront permettre aux équipes de crise d'assurer le diagnostic de l'état des installations et le pilotage des moyens du noyau dur,
- à la disponibilité et à l'opérabilité des moyens mobiles indispensables à la gestion de crise,
- aux moyens de communication indispensables à la gestion de crise, comprenant notamment les moyens d'alerte et d'information des équipiers de crise et des pouvoirs publics et, s'ils s'avéraient nécessaires, les dispositifs d'alerte des populations en cas de déclenchement du plan particulier d'intervention en phase réflexe sur délégation du préfet,

- à la disponibilité des paramètres permettant de diagnostiquer l'état de l'installation, ainsi que des mesures météorologiques et environnementales (radiologique et chimique, à l'intérieur et à l'extérieur des locaux de gestion des situations d'urgence) permettant d'évaluer et de prévoir l'impact radiologique sur les travailleurs et les populations,
- aux moyens de dosimétrie opérationnelle, aux instruments de mesure pour la radioprotection et aux moyens de protection individuelle et collective. Ces moyens seront disponibles en quantité suffisante avant le 31 décembre 2012.

EDF a mis en service sur le site de Flamanville un nouveau centre de crise robuste aux agressions extrêmes. EDF a pris en compte les enseignements pour optimiser la conception des centres de crise des autres sites.

La disponibilité des moyens mobiles est traitée au §2.2.13.

Les moyens de communication en crise sont traités §2.3.9.

Les paramètres nécessaires au diagnostic de l'installation sont traités au §2.2.5.

Les moyens de dosimétrie sont traités au §2.3.12.

## **Statut : soldé**

### **2.3.14 Appui au personnel sur site**

*Peer Review: Rescue teams and adequate equipment to be quickly brought on site in order to provide support to local operators in case of a severe situation.*

*CNS: Upgrading regional, off-site and on-site emergency response centres.*

À l'issue des stress tests, l'ASN a fixé la prescription ECS-36.I pour renforcer l'organisation de crise.

### **ECS-36.I : La Force d'action rapide nucléaire (FARN)**

I. Avant le 30 juin 2012, l'exploitant présentera à l'ASN les mesures qu'il prévoit afin de disposer d'équipes spécialisées capables d'intervenir pour assurer la relève des équipes de quart et mettre en œuvre des moyens d'intervention d'urgence en moins de 24 heures, avec un début des opérations sur site dans un délai de 12 heures après leur mobilisation. Ce dispositif peut être commun à plusieurs sites nucléaires de l'exploitant.

Ces équipes doivent être dimensionnées pour intervenir sur l'ensemble des réacteurs du site et disposer d'outils de mesures pouvant être déployés à leur arrivée. L'exploitant précisera l'organisation et le dimensionnement de ces équipes, et notamment :

- les critères d'activation,
- les missions qui leur incombent,
- les moyens matériels et humains dont elles disposent,
- les équipements de protection individuelle,
- le système mis en place pour assurer la maintenance de ces moyens matériels ainsi que leur opérabilité et disponibilité permanentes,
- les formations de leurs personnels et le processus de maintien des compétences.

EDF a mis en place une Force d'Action Rapide Nucléaire (FARN) disposant de moyens matériels et humains. La FARN est un dispositif national qui est capable d'apporter rapidement une aide matérielle et humaine sur un site en situation d'accident. Toutes les installations ont fait l'objet de modifications pour être en mesure de raccorder les moyens mobiles de secours acheminés par la FARN.

L'activation de la FARN est décidée au niveau national sur la base de l'analyse de la situation. La FARN est constituée d'un état-major et de quatre services régionaux localisés sur les centrales nucléaires de Bugey, Civaux, Dampierre et Paluel.

La FARN a pour mission de :

- intervenir au bout de 24 h, en continuité et en relève des équipes de quart de conduite qui auront assumé les actions d'urgence du site concerné dont les infrastructures d'accès pourront être partiellement détruites ;
- agir en autonomie pendant plusieurs jours (ce qui implique des capacités logistiques en support dans le domaine de l'alimentation et du couchage notamment) ;
- déployer des moyens lourds de protection ou d'intervention, uniques pour le Parc nucléaire d'EDF, dans un délai de quelques jours ;
- assurer une liaison permanente avec la Direction de l'entreprise, la Direction et les équipes du CNPE ainsi que les pouvoirs publics locaux pour pouvoir gérer et coordonner les interventions ;
- préparer la durabilité de ses actions au-delà des premiers jours d'autonomie dans l'éventualité d'une crise de longue durée.

Les services régionaux disposent de colonnes d'intervention d'astreinte de 14 personnes regroupant les différents métiers (procédés, intervention, logistique). Ces colonnes sont constituées de personnel EDF dédié, préparé aux situations d'urgence, notamment par des formations (volume annuel de formation de 33.000 h) et des entraînements et des mises en situation réguliers. La FARN utilise les méthodes d'adaptation aux situations issues du monde militaire et des unités d'intervention de la sécurité civile pour pouvoir agir en milieu déstructuré et prendre en compte le stress.

La FARN dispose de matériels de transport et de manutention, de moyens de télécommunication redondants et de matériels permettant la réalimentation en eau et en électricité (pompes, compresseurs, groupes électrogènes...) pour intervenir simultanément sur tous les réacteurs d'un même site. Les matériels sont entreposés dans des locaux propres à chaque service. Chaque colonne est en capacité de traiter 2 réacteurs et peut amener le matériel nécessaire pour ce faire. La FARN dispose de moyens humains et matériels pour intervenir simultanément sur tous les réacteurs d'un même site (jusqu'à six réacteurs). Des localisations de bases arrières potentielles sont identifiées à proximité des centrales nucléaires.

Fin 2020, 45 exercices ont été réalisés sur les sites nucléaires, avec, à chaque fois, une centaine d'acteurs. La FARN a aussi été engagée dans deux situations réelles de crise résultant d'aléas climatiques extrêmes et a apporté:

- un appui aux équipes de monteurs pour reconstituer le réseau électrique sur l'île de Saint-Martin après l'ouragan IRMA avec le montage d'une base vie pendant un mois et demi ;
- un appui aux équipes d'EDF Hydraulique dans les vallées de la Tina, de la Roya et de la Vésubie pendant trois semaines pour dégager les ouvrages hydrauliques.

**Statut : soldé**

### 2.3.15 Études probabilistes de sûreté de niveau 2 (EPS de niveau 2)

**Peer Review:** *A comprehensive Level 2 PSA as a tool for the identification of plant vulnerabilities, quantification of potential releases, determination of candidate high-level actions and their effects and prioritizing the order of proposed safety improvements. Although PSA is an essential tool for screening and prioritizing improvements and for assessing the completeness of SAM implementation, low numerical risk estimates should not be used as the basis for excluding scenarios from consideration of SAM especially if the consequences are very high.*

Dans le cadre des réexamens, l'utilisation des EPS de niveaux 1 et 2 conduit à des modifications permettant d'améliorer la sûreté des installations.

La démarche élaborée à la suite de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi a pour objectif de définir des dispositions permettant de faire face à des accidents initiateurs qui sont hors dimensionnement, éventuellement cumulés, indépendamment de leur probabilité d'occurrence. Cette démarche permet de couvrir des situations hautement improbables.

**Statut : soldé**

### 2.3.16 Études relatives aux accidents graves

**Peer Review:** *The performance of further studies to improve SAMGs. Examples of areas that could be improved with further studies include:*

- *The availability of safety functions required for SAM under different circumstances.*
- *Accident timing, including core melt, reactor pressure vessel (RPV) failure, basemat melt-through, SFP fuel uncover, etc.*
- *PSA analysis, including all plant states and external events for PSA levels 1 and 2.*
- *Radiological conditions on the site and associated provisions necessary to ensure MCR and ECR habitability as well as the feasibility of AM measures in severe accident conditions, multi-unit accidents, containment venting, etc.*
- *Core cooling modes prior to RPV failure and of re-criticality issues for partly damaged cores, with un-borated water supply.*
- *Phenomena associated with cavity flooding and related steam explosion risks.*
- *Engineered solutions regarding molten corium cooling and prevention of basemat melt-through.*
- *Severe accident simulators appropriate for NPP staff training.*

**CNS:** *Developing probabilistic safety assessments to identify additional accident management measures or changes in radiation protection measures for workers on the site that might be needed to perform necessary activities in the event of a severe accident.*

Les thématiques mentionnées lors de la revue par les pairs sont systématiquement traitées dans le cadre des réexamens de sûreté périodiques. En effet, les réexamens de sûreté comprennent une réévaluation de sûreté dont l'objectif est d'améliorer le niveau de sûreté de l'installation au regard des exigences applicables à des installations présentant des objectifs et des pratiques de sûreté plus récents, en prenant en compte l'évolution des connaissances ainsi que le retour d'expérience national et international.

De plus, certaines de ces thématiques peuvent aussi faire l'objet d'une comparaison avec les pratiques internationales dans le cadre des réunions du groupe permanent d'experts pour les

réacteurs dédiées à l'analyse du retour d'expérience des réacteurs français et étrangers, organisées périodiquement.

**Statut : soldé**

### 3 CONCLUSION

En décembre 2012, l'ASN a publié un plan d'action en réponse aux recommandations issues de la revue des stress tests européens par les pairs de 2012 (Peer Review) ainsi que celles issues de la 2<sup>ème</sup> réunion extraordinaire de la Convention sur la Sûreté Nucléaire (CSN) en 2012. Ce plan d'action comprend les prescriptions des décisions de l'ASN du 26 juin 2012 visant à augmenter, au-delà des marges de sûreté dont les installations disposaient déjà, la robustesse des centrales nucléaires face à des situations extrêmes.

Ce rapport présente les dispositions définies par EDF en réponse aux prescriptions de l'ASN. Elles comprennent des modifications contribuant à l'amélioration :

- de la protection contre les agressions internes ou externes, notamment le renforcement de la protection contre les inondations ;
- des moyens d'alimentation électrique : mise en place d'alimentations électriques supplémentaires (groupes électrogènes de secours à moteur diesel), augmentation de l'autonomie des batteries utilisées en cas de perte totale des alimentations électriques ;
- des moyens de prévention des accidents avec fusion du cœur : par exemple, installation de joints à haute température sur les pompes primaires pour résister à une perte de refroidissement pendant une période prolongée, moyens d'appoint d'eau borée au circuit primaire dans les états où la cuve est ouverte, installation de raccords de tuyauterie normalisés pour les équipements mobiles (notamment pour la FARN) ;
- des moyens de prévention du découvrage des assemblages de combustible en piscine : par exemple, dispositions visant à prévenir la vidange rapide accidentelle des piscines d'entreposage du combustible, renforcement de l'instrumentation de la piscine d'entreposage du combustible ;
- de la gestion des accidents avec fusion du cœur : par exemple, mise en place d'une instrumentation redondante pour détecter la percée de la cuve, mise en place d'une instrumentation redondante détectant la présence d'hydrogène dans l'enceinte de confinement ;
- de la gestion de crise : renforcement des locaux de gestion de crise au séisme et aux inondations, renforcement de la préparation des équipes en cas de séisme, moyens pour faire face à l'isolement du site en cas d'inondation, stockage des moyens mobiles, renforcement des moyens de communication, organisation de crise pour la gestion d'accidents affectant plusieurs réacteurs d'un même site et coordination avec les opérateurs industriels voisins ;
- des moyens d'intervention sur les sites par la mise en œuvre de la force d'action rapide nucléaire (FARN) : capacité d'intervention simultanée sur tous les réacteurs d'un site accidenté en moins de 24 heures. La FARN assure l'approvisionnement en eau, en air comprimé et en électricité avec ses propres équipements mobiles.

Les dispositions définies par EDF permettent de solder les actions du plan d'action défini à la suite des stress tests européens. Le présent rapport constitue donc la version finale du plan d'action national élaboré en 2012.