

Fontenay-aux-Roses, le 22 juin 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN n° 2016-00211**

**Objet :** Maîtrise des accidents graves sur les réacteurs du parc en exploitation  
Noyau dur post-Fukushima et projet d'extension de la durée d'exploitation

**Réf :** Lettre ASN CODEP-DCN-2015-014075 du 9 avril 2015

À la suite de l'accident de Fukushima et par un ensemble de décisions en date du 26 juin 2012, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) a demandé à Électricité de France (EDF) de lui proposer la mise en place d'un « noyau dur » de dispositions matérielles et organisationnelles robustes visant, pour les situations extrêmes étudiées dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté, à :

- prévenir un accident avec fusion du combustible ou en limiter la progression ;
- limiter les rejets radioactifs massifs consécutifs à un accident qui n'aurait pas pu être maîtrisé ;
- permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise.

L'ASN a ensuite précisé, par un ensemble de décisions en date du 21 janvier 2014, ses exigences relatives à la conception du « noyau dur ».

Par lettre citée en référence, l'ASN sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur :

- les principes proposés par EDF pour la gestion d'un accident grave en situations extrêmes (situations « noyau durs ») ;
- l'application par EDF de la démarche de défense en profondeur pour la conception des dispositions de limitation des conséquences d'un accident ;
- les dispositions techniques proposées par EDF pour répondre aux objectifs de sûreté fixés au « noyau dur » pour la maîtrise des accidents graves en incluant, le cas échéant, les spécificités techniques de sites ;
- la suffisance des actions prévues par EDF pour la maîtrise des rejets en situations d'accident grave, au vu des dispositions existantes ou proposées par EDF pour maîtriser ces situations.

**Adresse courrier**  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

**Siège social**  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88

RCS Nanterre B 440 546 018

Dans cette même lettre, l'ASN rappelle que l'objectif de limitation des rejets s'applique à toutes les phases d'un accident, que l'exploitant doit mettre en œuvre, autant que raisonnablement possible, les meilleures techniques disponibles pour la conception et la réalisation du « noyau dur » et que les principes des dispositions envisagées par EDF au titre de ce « noyau dur » contribueront également à atteindre les objectifs fixés pour la gestion des accidents graves dans le cadre de la prolongation de la durée d'exploitation des réacteurs (limitation des rejets en iode en cas d'événement de l'enceinte de confinement, possibilité d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte sans événement, limitation des risques de percement du radier).

L'IRSN a ainsi analysé la pertinence des principes retenus pour la définition des nouvelles dispositions de maîtrise des accidents graves des réacteurs du parc en exploitation et les hypothèses d'études associées proposées par EDF, au regard des situations extrêmes que doivent couvrir ces nouvelles dispositions, mais également au regard des autres situations d'accident grave et des objectifs fixés dans le cadre de la prolongation de la durée d'exploitation des réacteurs.

Une synthèse de l'analyse menée par l'IRSN et des principales conclusions associées est présentée ci-dessous.

#### Démarche suivie par l'IRSN

Après avoir examiné l'ensemble des risques à considérer pour la gestion d'un accident grave, l'IRSN a plus particulièrement porté son analyse sur les dispositions prévues par EDF pour la maîtrise de la réactivité du corium, pour l'évacuation de la puissance hors de l'enceinte de confinement sans événement de celle-ci, pour la stabilisation du corium sans percement du radier de l'enceinte de confinement ainsi que pour la réduction des rejets en iode.

L'IRSN a également examiné les stratégies de conduite associées aux nouvelles dispositions prévues par EDF, l'instrumentation nécessaire à l'application de ces stratégies ainsi que les actions devant être réalisées par la force d'action rapide nucléaire (FARN) d'EDF.

#### Démarche de défense en profondeur

Pour ce qui concerne l'application de la démarche de défense en profondeur pour la conception des dispositions de maîtrise d'un accident, l'IRSN note que, dans la stratégie actuelle de conduite en situation « noyau dur », la même pompe, dite pompe ND, est utilisée à la fois pour la prévention de l'accident grave (fonction de boratation du circuit primaire) et pour la limitation de ses conséquences (fonction de pré-remplissage des puisards de l'enceinte et d'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte). **Cette spécificité, si elle est maintenue, devra être particulièrement justifiée par EDF.**

#### Maîtrise de la réactivité du corium

Les dispositions de limitation des conséquences retenues par EDF pour les réacteurs du parc en exploitation reposent sur l'hypothèse que la puissance dégagée par le combustible après l'arrêt automatique du réacteur (AAR) provient uniquement de la puissance résiduelle. Or, si un retour en criticité survient, une puissance neutronique s'ajoute à la puissance résiduelle, ce qui peut modifier le déroulement de l'accident.

Concernant les risques de criticité en configuration dégradée du cœur dans la cuve du réacteur, les études les plus récentes ont été réalisées par EDF pour le réacteur EPR. L'IRSN considère que des études similaires doivent être réalisées pour les réacteurs en exploitation en tenant compte des stratégies de conduite (injection d'eau en cuve notamment) en cas d'accident grave. **EDF transmettra un programme de travail au premier semestre 2017, ce qui est acceptable.**

Concernant les risques de criticité lorsque le corium s'est écoulé hors de la cuve, l'IRSN estime que les engagements d'EDF pour démontrer l'absence de risque sont globalement satisfaisants et rappelle que les situations accidentelles considérées devront être enveloppes de toutes les situations envisageables (avancement du combustible dans le cycle, teneur en béton (et sa composition) dans le corium, concentration en bore de l'eau de refroidissement, température du corium une fois refroidi).

### Évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte de confinement sans éventage

#### Principe

Pour répondre à l'objectif, en cas de fusion du cœur du réacteur, d'évacuer la puissance résiduelle hors de l'enceinte sans recourir au dispositif U5 d'éventage et de filtration, EDF prévoit l'installation d'une disposition, dite EAS ultime, composée :

- d'un circuit fixe (installé, pour les réacteurs de 900 MWe, dans le bâtiment du combustible (BK)) comprenant :
  - une « pompe ND » qualifiée aux conditions « noyau dur » et accident grave ;
  - une ligne d'injection vers les branches froides du circuit primaire et une ligne d'injection vers un des puisards de l'enceinte ;
  - une ligne d'aspiration dans la bêche PTR (injection directe) et une ligne d'aspiration EAS dans l'un des puisards de l'enceinte (recirculation) ;
  - un échangeur (EASu) ;
  - des actionneurs permettant la mise en service de la disposition depuis la salle de commande ;
- d'un circuit mobile de refroidissement (SFu), composé d'une pompe mobile et de tuyauteries flexibles aspirant directement dans la source froide, ligné sur l'échangeur EASu par la FARN.

**L'IRSN estime que la disposition EAS ultime du « noyau dur » envisagée par EDF est satisfaisante dans son principe et permettrait d'évacuer la puissance résiduelle de l'enceinte dès lors que le refroidissement par le circuit secondaire a été mis en œuvre pendant une durée suffisante. Plusieurs points nécessitent néanmoins des compléments.**

#### Pression et température retenues par EDF pour la conception de la disposition EASu

EDF considère que la mise en œuvre de la disposition EASu ne doit pas entraîner une pression dans l'enceinte supérieure à la valeur haute de la pression retenue pour l'ouverture du dispositif U5 dans les guides d'intervention en accident grave. L'IRSN considère que, pour limiter les risques de fuite incontrôlée de l'enceinte de confinement, c'est la pression d'épreuve des enceintes de confinement qui doit être retenue comme critère de conception de la disposition EASu et formule, à cet égard, la recommandation n°1 en annexe 1.

Sur la base de ses propres études du comportement mécanique des enceintes de confinement, l'IRSN a constaté un comportement mécanique singulier des enceintes des réacteurs des paliers 1450 MWe et 1300 MWe P'4 (possibilité de fissuration du dôme à l'extrados suite à la dilation thermique des poutres du dôme). **L'IRSN considère qu'EDF doit présenter ses analyses sur ce sujet, et en tenir compte dans les stratégies et moyens mis en œuvre en cas d'accident de fusion du cœur sur les réacteurs de ces paliers. EDF s'est engagé à transmettre des éléments sur le sujet.**

Par ailleurs, l'IRSN a noté qu'EDF retient, pour la conception de la disposition EASu, une température maximale de l'eau des puisards de 140 °C pour les réacteurs des paliers 900 MWe CPY, 1300 MWe et 1450 MWe, et de 120 °C pour les autres réacteurs du palier 900 MWe, compte tenu des études réalisées pour la vérification de la tenue ultime des circuits et composants concernés.

#### Risques de bipasse de la troisième barrière de confinement

L'IRSN estime que les risques liés à des fuites du circuit EASu doivent être évalués par EDF. La gestion de ces fuites doit en effet faire partie de la démonstration du caractère acceptable de la mise en œuvre de cette disposition. De plus, l'IRSN estime que l'étanchéité de l'échangeur EASu devra faire l'objet d'une surveillance en continu lors de son fonctionnement en situation accidentelle. **L'IRSN considère que les engagements d'EDF sur ces sujets sont satisfaisants.**

#### Fiabilité de la disposition EASu et résilience de la fonction d'évacuation de puissance de l'enceinte de confinement

Concernant la fiabilité de la disposition EASu envisagée, l'IRSN considère que les engagements complémentaires d'EDF (qualification aux conditions des accidents graves et aux conditions régnant dans le bâtiment du combustible, étude de moyens en substitution de la pompe ND sur la phase long terme d'un accident) sont satisfaisants et importants pour démontrer la résilience d'ensemble de la fonction d'évacuation de puissance de l'enceinte de confinement.

#### Mise en œuvre de la FARN

Dans la mesure où la disposition EASu nécessite la mise en œuvre de la source froide SFu par la FARN dans des délais relativement courts, il est nécessaire qu'EDF définisse des critères d'activation pertinents de la FARN et vérifie la faisabilité des actions à réaliser par la FARN dans les délais prévus.

La température de l'eau des puisards retenue pour la conception de la disposition EASu fait partie des éléments définissant les délais disponibles pour la mise en service de la source froide ultime par la FARN. **Selon l'IRSN, il s'agit d'un point qui mérite une attention particulière.** En effet, une eau à une température trop élevée peut conduire à la défaillance de composants ou tuyauteries du circuit EASu, voire à une fuite d'eau contaminée hors du bâtiment du réacteur et à une diminution du niveau d'eau dans ce bâtiment. Cette situation, si la fuite était non isolable, rendrait inopérants la quasi-totalité des moyens mis en œuvre par EDF pour la limitation des conséquences de l'accident.

L'IRSN considère par conséquent que les opérateurs de conduite et les équipes de crise devront être, en toutes circonstances, en mesure de suivre la température de l'eau des puisards lors d'un accident grave. Si besoin, ils devront intervenir pour faire baisser cette température. **L'IRSN formule à cet égard la recommandation n°2 en annexe 1.**

### Limitation du risque de percement du radier

Lors d'un accident avec fusion du combustible du cœur d'un réacteur puis défaillance de la cuve, le corium s'accumule, en partie ou en totalité, dans le fond du puits de cuve. L'interaction entre le corium et le béton se traduit par une érosion progressive des parois en béton du puits de cuve et du radier de l'enceinte de confinement. Cette érosion du radier peut aller jusqu'à son percement. L'eau présente au fond de l'enceinte, qui contient l'essentiel des radioéléments émis pendant la dégradation du combustible, est alors susceptible de se déverser dans le sol et de conduire à une contamination massive et durable des sols, des eaux souterraines et des rivières (rejets par la « voie eau »). Les gaz présents dans l'enceinte de confinement peuvent également s'échapper et provoquer un rejet atmosphérique radioactif non contrôlé.

### Principe général de la solution retenue par EDF

Pour limiter le risque de percement du radier en cas d'accident grave, EDF prévoit :

- de modifier la zone du puits de cuve des réacteurs afin de contrôler l'arrivée d'eau dans le puits de cuve (puits de cuve sec avant rupture de la cuve, puits de cuve noyé gravitairement seulement après l'étalement du corium sortant de la cuve percée) ;
- de favoriser, selon les réacteurs, l'étalement du corium, soit dans le puits de cuve uniquement, soit dans le puits de cuve et un local adjacent (local RIC pour les réacteurs du palier CPY), suivant les caractéristiques du béton du radier. EDF estime ainsi pouvoir apporter la démonstration que le corium peut être stabilisé en s'appuyant sur la modélisation, à l'échelle du réacteur, de phénomènes observés expérimentalement lorsqu'un corium est recouvert d'eau (notamment l'éjection et la transformation du corium par les gaz de décomposition du béton en débris refroidissables). Si, en complément du mécanisme d'éjection, l'apport de la fissuration puis de l'imbibition de la couche supérieure du bain de corium noyé n'est pas suffisant pour la stabilisation du corium, EDF prévoit d'épaissir le radier des réacteurs à base des bétons les plus siliceux avec un béton silico-calcaire favorisant les mécanismes de refroidissement.

L'IRSN relève que les éléments de justification apportés par EDF concernent principalement les réacteurs de 900 MWe, pour lesquels la conception des modifications est en cours de finalisation.

Il convient de souligner qu'EDF avait également examiné deux autres solutions en vue de limiter le risque de percement du radier en cas d'accident grave : le noyage du puits de cuve pour favoriser la rétention en cuve et la mise en place d'un dispositif de stabilisation du corium de type récupérateur EPR ou COMET (basé sur l'injection d'eau sous le corium).

**L'IRSN considère que, compte tenu de l'état des connaissances, la solution choisie par EDF résulte d'un compromis satisfaisant entre efficacité et faisabilité et est favorable du point de vue des risques de défaillance du confinement en cas d'explosion de vapeur dans le puits de cuve.** Les autres solutions apparaissent, soit d'une efficacité incertaine (rétention en cuve), soit technologiquement trop complexes et difficiles à implanter sur des réacteurs en exploitation, compte tenu notamment de la dosimétrie associée à leur mise en place.

L'IRSN souligne qu'EDF devra, pour chaque réacteur, apporter la démonstration que le corium serait stabilisé suffisamment rapidement pour éviter l'apparition de fuites au travers du radier et garantir son comportement mécanique. A cet égard, pour l'ensemble des réacteurs, la plus grande partie de l'épaisseur du radier doit rester intègre. Pour le palier 900 MWe, une stabilisation du corium avant endommagement du liner métallique présent dans le radier renforcerait la démonstration.

L'analyse réalisée par l'IRSN a visé à préciser les éléments nécessaires à cette démonstration.

Par ailleurs, l'IRSN rappelle que, suite aux éléments transmis par EDF concernant la faisabilité de la mise en place préventive de dispositions de protection des eaux souterraines en cas de dégradation du radier, il a estimé qu'il était possible d'envisager la mise en œuvre progressive de telles dispositions sur l'ensemble du parc nucléaire et que des études détaillées devaient être engagées par EDF afin d'en préciser les modalités opérationnelles.

#### Maîtrise de l'étalement du corium à sec (avant renoyage de la zone d'étalement)

L'IRSN considère que la démonstration de l'étanchéité de la zone d'étalement du corium avant déclenchement de l'arrivée d'eau devra être apportée par EDF. Il note à ce stade que les dispositions prévues par EDF, notamment l'étanchéité des parties haute et basse du puits de cuve, et les compléments de démonstration annoncés (étanchéité des portes d'accès au puits de cuve et au local RIC, isolement des lignes RPE) sont satisfaisants.

Selon les réacteurs, il est possible que le corium érode des murs latéraux de la zone d'étalement et puisse les traverser. Sur la base de premières études, EDF ne prévoit pas de disposition complémentaire (tels des murets), mais évalue une érosion jusqu'à 2 mètres de profondeur dans une fosse d'ascenseur. **L'IRSN considère que ce sujet nécessitera des investigations complémentaires, sachant que l'objectif visé est de limiter autant que possible l'épaisseur de béton érodé dans toutes les zones concernées.**

#### Refroidissement du corium sous eau

L'IRSN considère que les mécanismes favorisant le refroidissement du corium cités par EDF sont effectivement observés à l'échelle expérimentale et peuvent être retenus dans les études à l'échelle du réacteur, après validation des modèles associés.

Toutefois, l'IRSN considère que la diminution de l'épaisseur du bain de corium est un paramètre prépondérant pour la stabilisation rapide du corium. L'étalement du bain de corium sur une surface maximale doit donc être recherché pour tous les réacteurs, quelle que soit la composition du béton de leur radier. De plus, la hauteur de corium résultant de cet étalement serait plus proche de celle des essais d'interaction corium-béton valorisés par EDF, ce qui renforcerait leur représentativité pour la démonstration de sûreté. **L'IRSN formule à cet égard la recommandation n° 3 en annexe 1.**

Au vu des éléments présentés par EDF, l'IRSN estime que des compléments d'étude devront notamment être apportés par EDF sur les sujets suivants :

- l'absence d'ancrage de la croûte supérieure du corium sur les murs latéraux ;
- l'étude d'un ensemble plus large de scénarios d'accident ainsi que de compositions et de propriétés initiales du corium (température, viscosité, quantité de métal non oxydé...)

- le traitement plus réaliste de la répartition du corium entre la zone du puits de cuve et le local adjacent ;
- la sensibilité aux paramètres des modèles de refroidissement du corium ;
- la prise en compte de certains choix techniques à préciser (position des trappes...).

**EDF s'est engagé à transmettre des compléments d'étude sur l'ensemble de ces sujets.**

#### Stratégie de gestion des injections d'eau en cuve

EDF ne prévoit pas, à ce stade, de restriction de l'injection d'eau en cuve dans le cas où un moyen d'injection serait disponible au cours de la progression de l'accident grave. L'IRSN considère à cet égard qu'EDF devra démontrer que la stratégie de gestion des apports d'eau en cuve finalement retenue n'est pas de nature à mettre en défaut l'efficacité des dispositions de stabilisation du corium hors de la cuve, conçues pour un étalement à sec du corium. **EDF a pris des engagements à ce sujet.**

#### Fiabilité des dispositions de noyage du corium dans la zone d'étalement

Le noyage du corium dans la zone d'étalement serait assuré par l'ouverture de trappes déclenchée par la fusion de câbles de manœuvre au contact du corium, après ablation d'une protection en béton. Ces câbles seraient situés dans le puits de cuve et le local d'étalement adjacent. Le délai avant ouverture de ces trappes constitue une « fonction retard » qui doit permettre la collecte du corium dans la zone du puits de cuve et son étalement « à sec » dans le local adjacent après érosion d'un bouchon fusible aménagé entre le puits de cuve et ce local.

Concernant la conception de cette « fonction retard », l'IRSN considère que des situations de coulées successives du corium depuis la cuve doivent être prises en compte, de même que les incertitudes de modélisation de ces coulées. L'IRSN estime par ailleurs qu'EDF doit apporter des éléments qui permettent d'exclure un blocage ou une ouverture trop précoce des trappes. **EDF s'est engagé à étudier ces deux sujets.**

De plus, EDF devra apporter la démonstration que le niveau d'eau au fond du bâtiment du réacteur sera suffisant pour maintenir constamment noyés le bain de corium et les débris formés, qu'ils soient dans le puits de cuve uniquement ou étalés également dans le local adjacent, et ce en tenant compte des volumes d'eau en transit et de la rétention d'eau dans l'enceinte de confinement. **EDF apportera les justifications demandées.** L'IRSN souligne que le cas des accidents avec un démarrage du système EAS devra être étudié pour vérifier qu'il ne conduit pas à une baisse du niveau d'eau disponible au fond de l'enceinte pour le noyage du bain de corium.

#### Instrumentation nécessaire à la conduite et à l'information concernant l'état de l'installation

La stabilisation du corium nécessite un renoyage continu et suffisant, une baisse de niveau d'eau se traduisant par l'arrêt de la formation de débris et l'éjection de corium liquide qui peut alors empêcher le refroidissement des débris formés jusqu'alors et conduire à l'échauffement du corium. L'IRSN considère que les opérateurs de conduite et les équipes de crise devront être, en toutes circonstances, en mesure de suivre ce niveau d'eau lors d'un accident grave. Le cas échéant, ils devront faire compléter ce niveau, par exemple avec des moyens apportés par la FARN. **L'IRSN formule à cet égard la recommandation n°4 en annexe 1.**

### Risques de combustion d'hydrogène et de monoxyde de carbone

Selon EDF, la stabilisation rapide du corium une fois étalé doit permettre de réduire les quantités d'hydrogène et de monoxyde de carbone émises dans l'enceinte de confinement et réduire les risques de combustion. EDF prévoit d'étudier ces risques uniquement pour l'espace entre-enceintes des réacteurs équipés d'une double enceinte de confinement et dont le radier est constitué de béton siliceux pour lesquels il envisage une disposition d'étalement du corium dans le local RIC.

L'IRSN estime que les risques de combustion dans l'enceinte et l'espace entre-enceintes, consécutifs à l'interaction corium-béton, devraient être évalués plus finement pour l'ensemble des réacteurs en tenant compte des nouvelles dispositions. **L'IRSN formule à cet égard l'observation n°1 en annexe 2.**

### Risques d'explosion de vapeur dans le puits de cuve

L'IRSN considère que les risques d'explosion de vapeur au moment de la défaillance de la cuve sont écartés, sous réserve que les dispositions pour obtenir un puits de cuve sec soient efficaces.

Les autres situations (coulées secondaires tardives de corium après déclenchement du noyage du puits de cuve, injection d'eau dans le puits de cuve après défaillance de la cuve) sont peu favorables à une explosion énergétique (masse de corium liquide et hauteur d'eau dans le puits de cuve limitées). **À cet égard, EDF a prévu de fournir des compléments d'étude pour étudier l'impact des coulées secondaires sur les risques d'explosion de vapeur.**

Les dispositions proposées par EDF devraient donc permettre l'élimination pratique des séquences de fusion du cœur avec défaillance du confinement par explosion de vapeur dans le puits de cuve ; ceci devra toutefois être conforté par les conclusions des EPS de niveau 2.

### Absence de régression pour la sûreté

La mise en place d'un capotage des puits d'accès des chambres neutroniques RPN pour l'étanchement des puits de cuve ne doit pas compromettre le rôle fonctionnel de ces puits (exutoires de pression dans les situations d'APRP conduisant à une surpression dans le puits de cuve (moyennant, sur certains réacteurs, l'éjection de protections radiologiques « soufflables »), non dépassement de la température maximale admissible par les chaînes de mesure neutronique RPN). **EDF s'est engagé à transmettre son analyse des effets sur le conditionnement thermique de la mise en œuvre des modifications visant à étancher le puits de cuve et à justifier, pour les réacteurs concernés, l'absence d'impact pour ce qui concerne les protections radiologiques éjectables.**

Les modifications proposées par EDF affectent certains éléments du génie civil des bâtiments des réacteurs (ouvertures à pratiquer dans certains voiles, remplissage de tout ou partie du joint de 2 à 10 cm situé entre les puits de cuve suspendus et les radiers des structures internes des réacteurs du palier CPY, éventuel décaissement du radier du local RIC). **L'absence de régression pour la sûreté liée à ces modifications ne pourra être confirmée qu'après l'analyse des compléments au dossier prévus par EDF.**



## Dispositif U5 d'éventage et de filtration de l'enceinte et réduction des rejets d'iode

### Résistance aux agressions du dispositif d'éventage et de filtration

EDF prévoit de renforcer au séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV) les dispositifs d'éventage et de filtration et précise qu'un renforcement à un niveau de séisme supérieur poserait des problèmes de supportage du filtre. **Les études sur ce sujet n'ayant pas été transmises, l'IRSN n'est pas en mesure de se positionner sur ce point.**

L'IRSN rappelle que, outre les études justifiant l'opérabilité des dispositifs d'éventage et de filtration pour le SMHV, EDF devra, d'une part étudier leur comportement en cas de séisme majoré de sécurité (SMS) et démontrer qu'ils ne constituent pas un agresseur pour les équipements importants pour la sûreté (IPS et IPS-NC) classés au séisme, d'autre part étudier leur comportement en cas de séisme noyau dur (SND) et démontrer que les effets induits n'entraîneront pas la défaillance d'équipements du « noyau dur ».

### Limitation des risques de combustion d'hydrogène lors de l'utilisation du dispositif d'éventage et de filtration

L'IRSN considère que le préchauffage du dispositif d'éventage et de filtration pendant 20 heures ainsi que le délai minimal préconisé de 24 heures entre le début de la fusion du cœur et l'ouverture de ce dispositif réduisent de manière efficace les risques de combustion d'hydrogène dans la ligne d'éventage et le filtre du dispositif. L'IRSN juge acceptables les dispositions envisagées par EDF pour le préchauffage de ce dispositif en cas de perte totale des alimentations électriques, mais considère que les critères d'activation de la FARN et d'acheminement des moyens de réalimentation électrique du préchauffage de ce dispositif devront être définis de manière à garantir une durée de préchauffage suffisante avant ouverture.

### Efficacité des paniers de tétraborate de sodium

Pour les réacteurs de 900 MWe, en cas de fusion du cœur, l'argent issu de la fusion des barres de contrôle du réacteur permettrait de stabiliser l'iode dans les puisards de l'enceinte.

Pour les réacteurs de 1300 et 1450 MWe, l'IRSN considère que la disposition retenue par EDF (implantation de paniers de tétraborate de sodium) permet, dans son principe, de piéger en grande partie l'iode contenu dans l'eau des puisards de l'enceinte. L'IRSN considère néanmoins que des compléments sont nécessaires pour la démonstration du caractère suffisant de ce dispositif et que les actions d'EDF proposées à cet égard (prise en compte des phénomènes acidifiants des puisards de l'enceinte, étude des rejets en iode émis depuis les zones de l'enceinte autres que les puisards) sont satisfaisantes, moyennant l'**observation n° 2 en annexe 2**.

L'IRSN considère également que les engagements d'EDF relatifs à l'étude des effets du tétraborate de sodium sur la fonction de recirculation en cas d'accident grave sont satisfaisants.

### Amélioration de la filtration de l'iode par le dispositif U5

L'IRSN rappelle que les conséquences radiologiques à court terme en cas d'utilisation du dispositif d'éventage et de filtration U5 seraient principalement liées aux rejets d'iode radioactif. EDF considère qu'une amélioration sélective de la filtration de l'iode n'est pas nécessaire compte tenu notamment de la disposition EASu en cours de conception.

**Au vu des connaissances disponibles sur les dispositifs de filtration et sur les produits de piégeage de l'iode, et compte tenu du calendrier de déploiement de la disposition EASu, l'IRSN estime qu'une amélioration des dispositifs d'éventage et de filtration U5 actuels doit être envisagée ; aussi, il formule la recommandation n°5 en annexe 1.**

### **CONCLUSIONS**

L'IRSN considère que les principes des nouvelles dispositions proposées par EDF, pour répondre aux objectifs de sûreté fixés pour la maîtrise des accidents graves dans le cadre des situations extrêmes nécessitant la mise en œuvre du « noyau dur » et en vue de l'éventuelle extension de la durée d'exploitation des réacteurs, sont convenables, sous réserve de la prise en compte des recommandations du présent avis.

Il souligne toutefois que les éléments de conception détaillée transmis par EDF concernent essentiellement les réacteurs du palier 900 MWe.

EDF devra fournir, pour l'ensemble des paliers, les dossiers de conception détaillée de ces dispositions, les stratégies de conduite retenues (notamment d'injection d'eau en cuve) et les études de sûreté associées pour permettre de porter un avis sur l'efficacité de ces dispositions.

**Les éléments complémentaires attendus de la part d'EDF sur l'efficacité des nouvelles dispositions matérielles et organisationnelles devront être élaborés de manière à démontrer que, en situation d'accident grave, y compris dans les conditions de mise en œuvre du « noyau dur », les risques de percement du radier ou de bipasse de l'enceinte par les tuyauteries du circuit de recirculation sont résiduels.**

Pour le Directeur général et par délégation,  
Frédérique PICHEREAU  
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2016-00211

### Recommandations

#### **EVACUATION DE LA PUISSANCE RESIDUELLE DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT SANS EVENTAGE**

##### **Recommandation n° 1**

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie l'absence de dépassement de la pression d'épreuve des enceintes de confinement pour justifier de l'efficacité de la disposition « EAS ultime » et en tienne compte dans son évaluation des délais de grâce pour la mise en œuvre de la source froide ultime par la FARN.

##### **Recommandation n° 2**

Pour éviter une défaillance du circuit EASu à sa mise en service ou en fonctionnement, l'IRSN recommande, d'une part qu'EDF prévoie une instrumentation « noyau dur », qualifiée aux accidents graves, permettant le suivi de la température de l'eau des puisards de l'enceinte, d'autre part que les équipes de conduite ou de la FARN soient en mesure, si nécessaire, de procéder au refroidissement de l'eau des puisards, par exemple par une injection directe d'eau froide borée dans l'enceinte de confinement.

#### **LIMITATION DES RISQUES DE PERCEMENT DU RADIER**

##### **Recommandation n° 3**

En vue de la stabilisation du corium sur le radier, l'IRSN recommande qu'EDF privilégie, quelle que soit la nature du béton du radier du réacteur, une stratégie basée sur l'étalement du corium dans le puits de cuve et un local adjacent au puits de cuve.

##### **Recommandation n° 4**

L'IRSN recommande qu'EDF prévoie une instrumentation « noyau dur », qualifiée aux accidents graves, permettant un suivi du niveau d'eau dans le fond de l'enceinte.

#### **AMELIORATION DE LA FILTRATION DES IODES PAR LE DISPOSITIF D'EVENTAGE U5**

##### **Recommandation n° 5**

Compte tenu des connaissances et technologies disponibles, l'IRSN recommande qu'EDF améliore la filtration des espèces gazeuses d'iode par le dispositif d'éventage et de filtration des enceintes de confinement.

## Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2016-00211

### Observations

#### **LIMITATION DES RISQUES DE PERCEMENT DU RADIER**

##### **Observation n° 1**

L'IRSN estime qu'EDF devrait présenter une évaluation quantitative des risques de combustion d'hydrogène et de monoxyde de carbone, lors de l'interaction corium-béton, dans l'enceinte interne et l'espace entre-enceintes (pour les réacteurs de 1300 et 1450 MWe) en tenant compte de la masse totale et de la nature des bétons érodés pour les différentes configurations de réacteurs.

#### **EFFICACITE DES PANIERS DE TETRABORATE DE SODIUM**

##### **Observation n° 2**

L'IRSN estime que, dans son étude des phénomènes susceptibles d'acidifier l'eau des puisards, EDF devrait tenir compte de la dégradation des câbles électriques et de l'ajout, dans l'enceinte de confinement, d'un volume d'eau borée équivalent à une bache PTR supplémentaire.