

Fontenay-aux-Roses, le 17 juin 2014

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis/IRSN N°** 2014-00239

**Objet :** Réacteurs électronucléaires - EDF  
Instruction préalable à la demande d'autorisation de mise en service du réacteur n°3  
du CNPE de Flamanville - Règles d'études d'accidents

**Réf.** Lettre ASN CODEP-DCN-2012-052983 du 2 octobre 2012

Par lettre citée en référence, l'ASN demande l'avis de l'IRSN sur la pertinence et l'acceptabilité des règles d'études d'accidents (hors événements relatifs à la piscine de désactivation) figurant dans le sous-chapitre 15.0 du Rapport de sûreté (RDS) à la version V2 du dossier de demande de mise en service (DMES), noté RDS FA3 dans la suite de cet avis. Ces règles d'études d'accidents sont utilisées pour l'analyse des événements initiateurs de référence (Plant Condition Category - PCC).

L'ASN a souhaité que l'IRSN évalue la conformité de ces règles d'études d'accidents aux "*Directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau sous pression (REP)*" et identifie les éventuelles évolutions par rapport au référentiel utilisé pour les réacteurs d'EDF en exploitation.

Afin de se prononcer sur la pertinence et l'acceptabilité du sous-chapitre 15.0, l'IRSN a examiné particulièrement les aspects suivants :

- le rôle des études des PCC dans la démarche de sûreté ;
- l'exhaustivité des événements initiateurs considérés et la suffisance des justifications pour l'élaboration de la liste des PCC ;
- l'exhaustivité et l'acceptabilité des exigences et des critères d'acceptation retenus ;
- l'acceptabilité des règles d'études retenues pour les études PCC.

**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

## **1/ Rôle des études PCC dans la démarche de sûreté**

L'analyse des événements initiateurs de référence (PCC) repose sur une approche déterministe. Le RDS FA3 mentionne que : « *Les événements à étudier sont sélectionnés en fonction du risque potentiel généré vis-à-vis de l'accomplissement des fonctions de sûreté principales :*

- *maîtrise de la réactivité et contrôle de la puissance,*
- *évacuation de chaleur des éléments de combustible,*
- *confinement de la radioactivité »,*

et que « *les règles d'études de sûreté permettent de s'assurer que les systèmes de sûreté sont conçus de manière adaptée. Le degré de conservatisme de ces règles est suffisant pour garantir des marges de conception appropriées.* »

Au-delà des principes généraux concernant les objectifs des études PCC rappelés dans le RDS FA3, l'IRSN a estimé lors de son analyse que le RDS FA3 ne détaille pas suffisamment les objectifs des études PCC en termes de vérification du bon dimensionnement de l'installation, notamment en ce qui concerne les limites de fonctionnement imposées à l'exploitation normale du réacteur, les seuils d'enclenchement des actions automatiques de protection et de sauvegarde, les exigences fonctionnelles retenues pour la conception et la qualification des équipements et les procédures de conduite élaborées pour ramener et maintenir l'installation dans un état sûr. Ce constat a conduit EDF à prendre la position et action n°1 rappelée en annexe 3.

## **2/ Exhaustivité des événements initiateurs considérés et suffisance des justifications pour l'élaboration de la liste des PCC**

Afin d'établir la démonstration de sûreté déterministe, les événements initiateurs uniques doivent être « *traités* » ou « *exclus* ». Cependant, tel qu'indiqué dans les Directives techniques, « *des événements initiateurs uniques ne peuvent être "exclus" que si des dispositions suffisantes de conception et d'exploitation sont prises de telle sorte qu'il puisse être clairement démontré qu'il est possible "d'éliminer pratiquement" ce type de situations accidentelles ; par exemple, la rupture de la cuve du réacteur [...] peut être examinée de cette façon* ». Les initiateurs non exclus sont regroupés de manière à définir un nombre limité d'événements de référence, de telle sorte que les conséquences de chaque événement de référence enveloppent celles du groupe d'événements initiateurs uniques correspondant. Ces événements (PCC) sont ensuite répartis en catégories (PCC2 ou transitoires de référence, PCC3 ou incidents de référence, PCC4 ou accidents de référence) selon les fréquences estimées des groupes d'événements correspondants.

L'IRSN constate que la démarche ayant abouti à la liste des PCC retenus dans le RDS FA3 comporte plusieurs étapes et que les justifications ont été apportées dans différents cadres d'instruction. L'IRSN estime que la démarche conduisant à l'établissement de la liste de PCC du RDS FA3 et les choix retenus aux différentes étapes doivent apparaître clairement dans le RDS FA3 : ce point fait l'objet de l'observation n°1 (annexe 2).

En ce qui concerne la liste des événements initiateurs retenus, l'IRSN a identifié, lors de l'instruction, un événement initiateur à traiter explicitement compte tenu de sa fréquence estimée, mentionné dans les Directives techniques : l'ouverture intempestive d'une ligne de dépressurisation du circuit primaire principal initiée en puissance, ce qui fait l'objet de la recommandation n°1 (annexe 1). De plus, l'IRSN estime que les événements initiateurs du référentiel criticité<sup>1</sup> d'EDF doivent être retenus dans la liste des PCC de l'EPR FA3, d'où la recommandation n°2.

Enfin, l'IRSN constate que la justification de la liste des PCC présentée dans le sous-chapitre 15.0 s'appuie sur une note rédigée en 2001 : elle ne tient pas compte en particulier des évolutions de conception de l'EPR depuis 2001. Suite à ce constat, EDF a pris la position et action n°3 par laquelle il

---

<sup>1</sup> Événements initiateurs susceptibles de conduire à un accident de criticité dans le bâtiment réacteur ou dans le bâtiment combustible

s'engage à mettre à jour la note référencée dans le RDS FA3, en apportant des justifications « *en particulier pour les situations précisées dans les Directives Techniques* ». L'IRSN prend note de cet engagement mais estime que la liste des PCC doit être justifiée dans son ensemble et doit permettre de justifier l'exhaustivité des événements initiateurs uniques couverts, le bien-fondé de l'exclusion de certains événements initiateurs et les regroupements effectués, ce qui motive la recommandation n°3.

### **3/ Exhaustivité et acceptabilité des exigences et des critères d'acceptation retenus**

#### **Démarche de définition des critères d'acceptation des études PCC**

L'IRSN rappelle que, dans le référentiel de sûreté du parc d'EDF en exploitation, les conséquences d'un événement initiateur sont évaluées au regard des objectifs de sûreté fixés en termes de dommages causés à l'installation et d'état des fonctions fondamentales de sûreté, en s'appuyant sur les notions suivantes :

- les principes de sûreté, qui fixent les objectifs généraux en termes d'intégrité des barrières de confinement, d'évacuation de la puissance résiduelle et de contrôle de la réactivité ;
- les exigences de sûreté, qui définissent les critères d'acceptation qualitatifs par rapport aux phénomènes physiques susceptibles d'aller à l'encontre des objectifs retenus ;
- les critères techniques d'acceptabilité, qui fixent les limites quantitatives à vérifier, soit en tant que déclinaison opérationnelle des exigences de sûreté retenues (notion de critères de sûreté), soit en tant que critères de découplage.

Les principes et les exigences sont gradués et d'autant plus contraignants que la fréquence estimée de l'initiateur est élevée.

A l'issue de son analyse, l'IRSN constate que la démarche de définition des critères d'acceptation associés aux PCC du RDS FA3 diffère de la pratique en vigueur pour le parc d'EDF en exploitation, notamment sur les points suivants :

- les objectifs de sûreté associés aux PCC ne portent pas sur l'état des fonctions de sûreté mais sont confondus avec les objectifs radiologiques ;
- la déclinaison des objectifs en exigences de sûreté relatives aux phénomènes physiques limitatifs, puis en critères techniques d'acceptation, n'est pas clairement formalisée ;
- la notion de gradation des objectifs de sûreté entre les différentes catégories de PCC n'est pas mentionnée et, dans les faits, n'est pas appliquée pour les exigences et les critères d'acceptation entre les PCC de catégorie 3 (PCC3) et ceux de catégorie 4 (PCC4) ;
- les exigences de sûreté et les critères techniques associés aux états physiques visés pour le réacteur ne sont pas précisés.

A l'issue de l'instruction, EDF a pris la position et action n°5 par laquelle il s'engage à réviser en profondeur le sous-chapitre 15.0.

En revanche, EDF n'a pas pris d'engagement quant à la gradation des exigences entre les PCC3 et les PCC4, en indiquant que les Directives techniques n'exigent pas une telle gradation. A cet égard, l'IRSN souligne que le choix fait par EDF de revenir sur la gradation des exigences entre PCC3 et PCC4 conduit à relaxer les critères d'acceptation en PCC3 par rapport à ceux vérifiés en catégorie 3 pour les réacteurs en exploitation. Ceci conduit à la recommandation n°4.

Exigences et critères à respecter durant la phase des transitoires avant l'atteinte de l'état contrôlé

a. Risque de crise d'ébullition :

La crise d'ébullition est un phénomène susceptible d'entraîner la perte d'intégrité du gainage. Des exigences et des critères sont donc définis vis-à-vis de ce phénomène.

EDF retient comme exigence l'absence de crise d'ébullition pour les PCC2. Par ailleurs, EDF retient un critère de 10 %, en termes de nombre de crayons du cœur pouvant « entrer » en crise d'ébullition, pour les PCC3 et PCC4. L'IRSN souligne qu'EDF propose le même critère pour les PCC3 et PCC4 et que de plus, le critère en PCC3 est relaxé par rapport à celui retenu pour le parc en exploitation (5 %). En vertu du principe de gradation des exigences entre PCC3 et PCC4 et considérant qu'il n'est pas pertinent de relaxer des critères pour un nouveau réacteur, l'IRSN émet la recommandation n° 5.

b. Risques liés à la thermique du combustible :

EDF retient un critère de température maximale de gaine, permettant d'éviter l'oxydation excessive et la fragilisation des gaines, identique à celui du parc en exploitation, ce qui n'appelle pas de remarque de l'IRSN. En ce qui concerne le risque de fusion à cœur du combustible, EDF retient un critère de 10 % en termes de volume de combustible fondu au point chaud du cœur pour les PCC3 et les PCC4. L'IRSN souligne qu'EDF propose le même critère pour les PCC3 et PCC4 et que de plus, le critère en PCC3 est relaxé par rapport à celui vérifié en pratique sur le parc en exploitation (absence de fusion). En vertu du principe de gradation des critères entre PCC3 et PCC4 et compte tenu du fait que les études des conséquences radiologiques des accidents de dimensionnement PCC3 de l'EPR FA3 postulent l'absence de fusion du combustible, l'IRSN émet la recommandation n° 6.

c. Risques d'interaction entre la pastille et la gaine (IPG) :

L'IRSN rappelle que les Directives techniques suggéraient autant que possible « *d'éliminer par la conception du combustible le risque de ruptures de gaines résultant d'interactions pastille gaine durant les transitoires de référence, sans restriction sur l'exploitation du réacteur (suivi de charge, fonctionnement prolongé à puissance réduite)* ». L'objectif d'élimination du risque par la conception du combustible n'a pas pu être atteint. En conséquence, EDF a choisi de reconduire pour l'EPR les modalités de traitement mises en œuvre après la conception des réacteurs en exploitation et de présenter l'étude associée en tant qu'étude spécifique. Cette étude fait ainsi partie du chapitre 19 intitulé « *réduction des risques* » et figure dans le même sous-chapitre que les situations exclues des PCC mais étudiées au titre de la défense en profondeur.

L'IRSN considère que les modalités de traitement proposées pour l'IPG au stade de la conception de l'EPR ne sont pas acceptables. L'IRSN considère que le phénomène IPG doit être considéré dans l'analyse des événements initiateurs de référence (PCC2), au même titre que les autres phénomènes susceptibles de conduire à une perte d'intégrité de la première barrière (risques de crise d'ébullition et de fusion du combustible) pour le dimensionnement des seuils de protection, de limitation et de surveillance. Cette position se traduit par les recommandations n° 7 et 8.

Pour ce qui concerne le risque de rupture par interaction mécanique entre la pastille et la gaine en transitoire de retrait incontrôlé de groupes initié à puissance nulle (PCC3) et en éjection de grappe (PCC4), l'IRSN rappelle que certains critères spécifiques sont en cours de définition et ont vocation à être intégrés dans le rapport de sûreté à l'issue de leur instruction. Ceci conduit l'IRSN à formuler les recommandations n° 9 et 10.

d. Exigences et critères d'acceptation spécifiques aux accidents de perte de réfrigérant primaire (APRP) :

EDF retient les critères spécifiques aux études d'APRP, identiques à ceux du parc en exploitation pour les PCC3 et les PCC4 de l'EPR.

L'IRSN note que la prise en compte de ces critères en PCC3 n'est pas cohérente avec l'exigence de non-découvrement du cœur pour les petites brèches (PCC3), mentionnée dans le chapitre du RDS FA3 dédié au système d'injection de sécurité de l'EPR. A cet égard, l'IRSN souligne que le respect d'une exigence relative à l'absence de découvrement du cœur permettrait de plus de s'affranchir de ruptures de gaines en situation APRP « petite brèche » et de ce fait de limiter les conséquences radiologiques. L'IRSN émet donc la recommandation n° 11.

Pour ce qui concerne les études PCC du RDS FA3 de perte d'inventaire primaire en état d'arrêt, l'IRSN rappelle que sur l'EPR, le démarrage automatique du système d'injection de sécurité est prévu notamment suite à un signal de baisse de la marge à la saturation dans le circuit primaire. L'IRSN estime que le dimensionnement des seuils de démarrage automatique doit avoir pour objectif d'éviter le découvrement du cœur dans tous les états concernés. L'IRSN émet donc la recommandation n° 12.

e. Exigences et critères non mentionnés dans le sous-chapitre 15.0 :

L'IRSN a relevé que certains critères spécifiques retenus dans les études PCC ne sont pas mentionnés dans le sous-chapitre 15.0. L'IRSN note la position et action n° 8 d'EDF à ce sujet, mais celle-ci ne couvre pas tous les critères spécifiques non mentionnés dans le sous-chapitre 15.0 du RDS FA3, d'où l'observation n° 2.

Par ailleurs, l'IRSN note qu'EDF vérifie la tenue du réservoir de décharge du pressuriseur pour tous les PCC2 sans toutefois mentionner de critère dans le sous-chapitre 15.0 : l'IRSN note la position et action n° 10 par laquelle EDF s'engage à mentionner ce critère dans le rapport de sûreté. A cet égard, l'IRSN estime que le critère proposé par EDF doit être associé à la définition d'une exigence d'intégrité du réservoir de décharge du pressuriseur en PCC2 compte tenu du risque de rejets dans l'enceinte de confinement en cas de rupture du réservoir de décharge du pressuriseur, d'où la recommandation n° 13.

f. Exigences et critères relatifs à la maîtrise de la réactivité :

Le RDS FA3 ne mentionne ni exigences, ni critères pour ce qui concerne la maîtrise de la réactivité dans les transitoires avant l'atteinte de l'état contrôlé. En revanche, il est indiqué qu' « *un retour en criticité de courte durée avant les actions de l'opérateur conduisant seulement à une puissance neutronique faible pourrait être accepté au cas par cas pour quelques événements* ».

L'IRSN estime que cette mention, qui figure dans les Directives techniques, nécessite de fixer des exigences spécifiques aux PCC qui se caractérisent par un retour en criticité du cœur après l'intervention de l'arrêt automatique du réacteur. Or, s'il peut être acceptable qu'un PCC4 fasse exception à l'exigence de maintien de la sous-criticité après l'intervention de l'arrêt automatique du réacteur, l'IRSN estime que les PCC2 n'ont pas lieu de faire exception au principe général défini dans les Directives techniques, d'où la recommandation n° 14.

De plus, l'IRSN considère que la mention selon laquelle seulement une « *puissance neutronique faible* » pourrait être acceptée suppose implicitement que le niveau de puissance atteint ne conduise pas à un endommagement du combustible, d'où la recommandation n° 15.

Enfin, l'IRSN estime que des choix de conception du réacteur, notamment le refroidissement partiel déclenché automatiquement par le système de protection, ne sauraient justifier une exception à l'exigence de non-retour en criticité après intervention de l'arrêt automatique du réacteur.

En ce qui concerne les PCC initiés dans les états d'arrêt du réacteur, les Directives techniques mentionnent qu' « *une attention appropriée doit être portée aux transitoires, incidents et accidents de référence survenant dans les états d'arrêt, en tenant compte des conditions de fonctionnement spécifiques associées, notamment la possible indisponibilité de certaines des barrières et de certains des systèmes de sûreté.* »

Toutefois, l'IRSN constate qu'aucune exigence, ni critère d'acceptation ne sont présentés pour ce qui concerne la maîtrise de la réactivité en état d'arrêt. L'IRSN estime que l'objectif général de renforcement de la sûreté dans les états d'arrêt du réacteur par rapport au parc en exploitation doit s'accompagner de la définition d'exigences et de critères d'acceptation spécifiques aux événements initiés dans ces états. A cet égard, EDF a indiqué en cours d'instruction qu'il intégrerait dans le sous-chapitre 15.0 les exigences associées à la prévention du risque de criticité dans les états d'arrêt « *cuve ouverte* » et qu'il définirait pour les autres états d'arrêt des critères spécifiques portant sur l'intégrité de la première barrière. Or, l'IRSN souligne que, dans le RDS FA3, toutes les études PCC caractérisées par une insertion incontrôlée de réactivité dans un état d'arrêt du réacteur vérifient l'absence de retour en criticité en tant que critère de découplage. L'IRSN estime nécessaire que les concentrations en absorbant neutronique soluble dans le circuit primaire requises dans les états d'arrêt du réacteur soient définies afin de garantir la maîtrise de la réactivité, d'où la recommandation n° 16.

Enfin, l'IRSN souligne qu'EDF a fait le choix pour l'EPR FA3 d'avoir toutes les grappes d'absorbants neutroniques insérées dans le cœur dans tous les états d'arrêt du réacteur. Ce choix conduit à rendre indisponible la fonction d'arrêt automatique du réacteur (AAR) dans les états d'arrêt normal à froid et à chaud de l'EPR FA3, en rupture avec la pratique mise en œuvre pour les réacteurs d'EDF en exploitation. Toutefois, l'IRSN note que ce changement d'approche est accompagné par la mise en place de dispositions de sûreté spécifiques à l'EPR dont l'objectif est de réduire les risques de retour en criticité. En revanche, l'IRSN ne dispose pas à ce stade des éléments techniques permettant de se positionner sur l'acceptabilité de l'indisponibilité de l'AAR en arrêt à chaud. L'IRSN estime que cette question devra faire l'objet

d'une analyse dans le cadre de l'instruction du dossier de demande d'autorisation de mise en service.

g. Exigences relatives aux actions nécessaires à l'atteinte de l'état contrôlé :

L'IRSN constate qu'aucune exigence relative aux actions nécessaires pour atteindre l'état contrôlé n'est définie dans le chapitre dédié aux règles d'études d'accident bien que le sous-chapitre 3.1 indique au paragraphe 1.2.2.4 que :

« Les tâches qui nécessitent une réponse devant être rapide ou très fiable sont automatisées, en incluant :

- les actions requises dans les 30 premières minutes d'une situation accidentelle pour atteindre l'état contrôlé ou l'état sûr,
- les conditions nécessaires à court terme pour prévenir un danger pour le personnel ou des dommages irréversibles à l'installation. »

ce qui conduit à l'observation n°3.

**Exigences et critères associés à l'état contrôlé et à l'état sûr**

L'état contrôlé et l'état sûr sont définis dans la section 3.2.1 du RDS FA3 et dans les Directives techniques :

- l'état contrôlé, pour lequel le cœur est sous-critique (un retour en criticité de courte durée avant les actions de l'opérateur conduisant seulement à une puissance neutronique faible pouvant être accepté au cas par cas pour quelques événements), l'évacuation de la puissance est assurée à court terme par exemple par les GV, l'inventaire en eau du cœur est stable, les rejets radioactifs restent « tolérables » ;
- l'état d'arrêt sûr, pour lequel le cœur est sous-critique, la chaleur résiduelle est évacuée durablement (les chaînes de refroidissement disponibles étant capables de transférer durablement la chaleur jusqu'à la source froide ultime), les rejets radioactifs restent « tolérables ».

L'IRSN note qu'EDF n'a pas défini dans le RDS FA3 d'exigence associée à l'état contrôlé en termes de réactivité et émet donc l'observation n°4. A cet égard, l'IRSN souligne la nécessité de préciser les critères techniques d'acceptation associés à l'état contrôlé et à l'état sûr, ce qui a donné lieu de la part d'EDF à un engagement dans ses positions et actions n°5 et n°11. De plus, l'IRSN constate qu'EDF n'a pas défini dans le RDS FA3 le niveau de sous-criticité requis en état d'arrêt sûr, contrairement aux RDS des réacteurs en exploitation qui mentionnent une « sous-criticité requise après accident » de 1000 pcm au minimum, d'où la recommandation n°17.

**4/ Acceptabilité des règles d'études retenues pour les études des PCC**

Le sous-chapitre 15.0 du RDS FA3 présente les règles d'études retenues pour l'analyse des PCC, notamment pour ce qui concerne :

- les conditions initiales des études PCC : il est indiqué que « pour chaque événement PCC, le cas le plus pénalisant est étudié » parmi les conditions initiales possibles correspondant à « un fonctionnement en régime établi ». Lors de l'instruction, EDF a précisé que certains états consécutifs à des transitoires d'exploitation normale ne correspondent pas à un

- fonctionnement établi et ne sont donc pas considérés comme des conditions initiales des PCC mais seront traités par des événements dans les spécifications techniques d'exploitation ;
- la prise en compte des systèmes : l'IRSN note que les principes de prise en compte des systèmes dans les études des PCC sont conformes aux Directives techniques ;
  - le choix de l'aggravant et de la maintenance préventive : l'IRSN estime que certaines formulations du RDS FA3 relatives à la prise en compte des aggravants devraient être clarifiées (observations 5, 6 et 8). Enfin, l'IRSN estime que les exceptions à la règle de l'aggravant unique doivent faire l'objet de justifications appropriées, qui devraient être mentionnées dans le rapport de sûreté, ce qui conduit à l'observation n°7 ;
  - la prise en compte du Manque de tension externe (MDTE) dans les études des PCC : les règles d'étude indiquent que pour ce qui concerne les PCC intervenant dans les états d'arrêt, le MDTE est pris en compte à l'instant initial, ce qui n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. Pour les initiateurs intervenant dans les états en puissance, EDF indique dans le RDS FA3 que le MDTE est postulé à l'instant le plus pénalisant entre les trois instants suivants : « *événement initiateur, déclenchement turbine ou signal d'injection de sécurité* ». L'IRSN note que les Directives techniques mentionnent que « *les transitoires, incidents et accidents de référence (à l'exception de ceux initiés par une action humaine), doivent être étudiés en supposant la perte des alimentations électriques externes au moment le plus* ». L'IRSN souligne que l'instant le plus défavorable ne correspond pas nécessairement à l'un des instants "conventionnels" considérés par EDF : ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n°9.

### Conclusion

Dans le cadre de l'instruction préalable à la demande d'autorisation de mise en service de l'EPR Flamanville 3, l'IRSN a examiné la pertinence et l'acceptabilité des règles d'études d'accidents figurant dans le sous-chapitre 15.0 du RDS FA3. Ces règles d'études d'accidents sont utilisées pour l'analyse des PCC.

A l'issue de son analyse, l'IRSN estime que le RDS FA3 ne détaille pas suffisamment les objectifs des études PCC en termes de vérification du dimensionnement de l'installation. Par ailleurs, l'IRSN a constaté que la justification de la liste des PCC présentée dans le sous-chapitre 15.0 s'appuie sur une note ancienne qui, en particulier, ne tient pas compte des évolutions de conception de l'EPR. L'IRSN estime qu'EDF doit justifier l'exhaustivité des événements initiateurs traités, le bien-fondé de l'exclusion de certains événements initiateurs, les regroupements et les classifications effectuées conduisant à la liste des PCC.

Pour ce qui concerne plus particulièrement les exigences liées à l'intégrité de la première barrière de confinement, l'IRSN considère que le phénomène d'interaction pastille-gaine doit être considéré dans l'analyse des événements initiateurs de référence (PCC2), au même titre que les autres phénomènes susceptibles de conduire à la perte d'intégrité de la première barrière (risques de crise d'ébullition et de fusion du combustible) pour le dimensionnement des seuils de protection, de limitation et de surveillance. Par ailleurs, l'IRSN constate que le RDS FA3 ne présente pas d'exigences relatives à la maîtrise de la réactivité. En particulier, l'IRSN souligne qu'EDF a fait le choix pour l'EPR FA3 d'avoir toutes les grappes d'absorbants neutroniques insérées dans le cœur dans tous les états d'arrêt du

réacteur. Ce choix conduit à rendre indisponible la fonction d'arrêt automatique du réacteur (AAR) dans les états d'arrêt normal à froid et à chaud de l'EPR FA3, en rupture avec la pratique mise en œuvre pour les réacteurs d'EDF en exploitation. L'IRSN ne dispose pas à ce stade des éléments techniques permettant de se positionner sur l'acceptabilité de l'indisponibilité de l'AAR en arrêt à chaud : cette question devra donc faire l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'instruction du dossier de demande d'autorisation de mise en service. Suite à son analyse, l'IRSN estime que les exigences de sûreté et les critères techniques d'acceptation retenus dans la démonstration de sûreté doivent être complétés.

En conclusion, l'IRSN estime que les éléments figurant dans le sous-chapitre 15.0 du RDS FA3 sont actuellement insuffisants pour se prononcer sur l'acceptabilité de la liste des PCC ainsi que sur les exigences et critères d'acceptation retenus dans les études. L'IRSN estime nécessaire qu'EDF prenne en compte les recommandations du présent avis pour la mise à jour du chapitre 15 du dossier de demande de mise en service.

Pour le directeur général, par ordre  
Sylvie CADET-MERCIER

Directrice des systèmes, des nouveaux  
réacteurs et des démarches de sûreté

## Recommandations

**Recommandation n° 1** : L'IRSN recommande qu'EDF retienne l'ouverture intempestive d'une ligne de dépressurisation du circuit primaire principal en état A comme événement initiateur.

**Recommandation n° 2** : L'IRSN recommande qu'EDF retienne l'ensemble des initiateurs du référentiel criticité dans la liste des PCC.

**Recommandation n° 3** : L'IRSN recommande qu'EDF présente l'ensemble des événements initiateurs possibles et justifie, avec des données à jour, les événements exclus, les regroupements et les classifications effectuées conduisant à la liste des PCC.

**Recommandation n° 4** : L'IRSN recommande que des exigences spécifiques soient définies pour les incidents de référence, de manière à maintenir la gradation des dommages acceptables sur le cœur pour ces situations par rapport à ceux acceptables pour les accidents de référence.

**Recommandation n° 5** : L'IRSN recommande qu'EDF retienne pour les incidents de référence une exigence afin de limiter les dommages causés par la crise d'ébullition à un faible pourcentage des éléments combustibles et la décline ensuite sous la forme d'un critère technique d'acceptation limitant le nombre de crayons en crise d'ébullition à 5% des crayons du cœur (valeur retenue pour le parc en exploitation).

**Recommandation n° 6** : L'IRSN recommande qu'EDF définisse une exigence d'absence de fusion du combustible pour l'étude des incidents de référence.

**Recommandation n° 7** : L'IRSN recommande qu'EDF mentionne, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, le risque de rupture de gaine par interaction entre la pastille et la gaine et décline en critères techniques d'acceptation l'exigence d'absence de rupture associée à ce phénomène pour les transitoires de référence.

**Recommandation n° 8** : L'IRSN recommande qu'EDF intègre les études relatives au phénomène d'interaction entre la pastille et la gaine pour les transitoires de référence dans le chapitre 15 du rapport de sûreté.

**Recommandation N° 9** : L'IRSN recommande qu'EDF mentionne, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, les critères techniques d'acceptation qui seront retenus pour la démonstration de la tenue mécanique des crayons combustible en transitoire de retrait incontrôlé de groupes à puissance nulle.

**Recommandation n° 10** : L'IRSN recommande qu'EDF mentionne, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, les critères qui seront retenus pour justifier la tenue des crayons des assemblages d'épuisement intermédiaire (entre 33 et 47 GWj/t) au cours d'un accident d'éjection de grappe.

**Recommandation n° 11 :** L'IRSN recommande qu'EDF mentionne, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, l'exigence d'absence de découvrement du cœur pour les événements initiateurs de perte de réfrigérant primaire classés dans les incidents de référence.

**Recommandation n° 12 :** L'IRSN recommande qu'EDF mentionne, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, une exigence d'absence de découvrement du cœur pour les brèches primaires considérées dans les PCC initiés dans les états B, C ou D.

**Recommandation n° 13 :** L'IRSN recommande qu'EDF définisse, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, une exigence d'intégrité du réservoir de décharge du pressuriseur pour les transitoires de référence.

**Recommandation n° 14 :** L'IRSN recommande qu'EDF retienne une exigence de non-retour en criticité après arrêt automatique du réacteur pour les transitoires de référence initiés en état A1 ("réacteur en production" – RP).

**Recommandation n° 15 :** L'IRSN recommande qu'EDF définisse et présente les exigences à respecter afin de garantir d'une part l'intégrité de la première barrière en cas de retour en criticité et d'autre part le retour à un état sous-critique de manière automatique pour les PCC3 et PCC4 initiés en état A1 ("réacteur en production" – RP).

**Recommandation n° 16 :** L'IRSN recommande qu'EDF définisse des exigences en termes de maîtrise de la réactivité pour les PCC initiés dans les états du réacteur où le cœur est initialement sous-critique (à l'exception de la situation de recherche de la criticité) et les décline en critères techniques d'acceptation.

**Recommandation n° 17 :** L'IRSN recommande qu'EDF définisse un critère technique d'acceptation garantissant une marge suffisante à la criticité en état sûr.

## Observations

**Observation n° 1 :** L'IRSN estime qu'EDF devrait présenter dans le rapport de sûreté la logique et les conclusions des principales étapes ayant conduit à l'élaboration de la liste des PCC.

**Observation n° 2 :** L'IRSN estime qu'EDF devrait présenter, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, l'ensemble des exigences et des critères techniques d'acceptation associés aux études PCC.

**Observation n° 3 :** L'IRSN estime qu'EDF devrait mentionner, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, une exigence visant à garantir que l'état contrôlé peut être atteint sans considérer d'action manuelle des opérateurs pour tous les PCC étudiés dans les états A et B.

**Observation n° 4 :** L'IRSN estime qu'EDF devrait mentionner, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, l'exigence de sous-criticité associée à l'état contrôlé et la décliner en critère d'acceptation.

**Observation n° 5 :** L'IRSN estime qu'EDF devrait supprimer dans le RDS FA3 la mention de l'application de l'aggravant aux seuls équipements « nécessitant un changement d'état pour assurer leur fonction » car cette mention n'est pas cohérente avec l'application de la défaillance unique passive.

**Observation n° 6 :** L'IRSN estime qu'EDF devrait préciser, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, sa formulation de prise en compte de l'aggravant, en spécifiant que l'aggravant pénalisant est à définir, le cas échéant, pour chaque phase du déroulement de la condition de fonctionnement étudiée et pour chaque critère technique d'acceptation à vérifier.

**Observation n° 7 :** L'IRSN estime qu'EDF devrait intégrer, dans le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté, des éléments justifiant les défaillances matérielles exclues de la liste des aggravants possibles.

**Observation n° 8 :** L'IRSN estime qu'EDF devrait compléter le sous-chapitre 15.0 du rapport de sûreté en présentant sa démarche de sélection du couple (aggravant ; maintenance préventive) et justifier que cette démarche permet d'identifier le scénario le plus pénalisant vis-à-vis du ou des critères étudiés.

**Observation n° 9 :** L'IRSN estime qu'EDF devrait supprimer dans le sous-chapitre 15.0 du RDS FA3 la mention des trois instants « conventionnels » pour la prise en compte du manque de tension externe et devrait rappeler l'exigence fixée dans les Directives techniques demandant de supposer « la perte des alimentations électriques externes au moment le plus défavorable ».

Positions et actions d'EDF

**Position et action n° 1 :** Suite au constat de la nécessité de formaliser davantage le rôle de l'analyse des PCC dans la démonstration déterministe de sûreté et les objectifs d'étude associés, EDF s'est engagé à :

- compléter le sous-chapitre 3.1 du RDS FA3 relatif aux principes généraux de sûreté en y ajoutant des précisions sur la démarche d'analyse de sûreté et les objectifs en termes de vérification du dimensionnement de l'installation ;
- évoquer ces éléments au paragraphe 1.1 du sous-chapitre 15.0, avec un renvoi au sous-chapitre 3.1.

**Position et action n° 3 :** EDF s'est engagé à mettre à jour, à l'échéance du dossier de demande de mise en service, le document cité au paragraphe 1.3 du sous-chapitre 15.0 pour justifier la classification des conditions de fonctionnement, ceci en apportant une justification « *en particulier pour les situations précisées dans les Directives Techniques* ».

**Position et action n° 5 :** EDF s'est engagé à mettre à jour en profondeur le paragraphe 2 du sous-chapitre 15.0 pour présenter l'approche susmentionnée de la manière suivante : « *Le paragraphe 2.1 présentera :*

- *en introduction, un rappel des objectifs de sûreté,*
- *puis ces derniers seront déclinés successivement en critères de sûreté. Les objectifs de sûreté seront déclinés en termes d'exigences qualitatives pour chaque condition de fonctionnement, notamment, les exigences sur les barrières (et les phénomènes physiques limitatifs susceptibles de porter atteinte à leur intégrité) seront indiqués,*
- *puis en critères techniques d'acceptation. Notamment, en ce qui concerne l'intégrité des barrières, les critères techniques d'acceptation seront indiqués par phénomène physique limitatif (crise d'ébullition, température maximale au cœur de la pastille ou puissance linéique au point chaud, température maximale de gaine, etc.) et ce, par catégorie de condition de fonctionnement. Le paragraphe 2.2 actuel (états physiques) sera supprimé (les éléments relatifs à la définition de l'état contrôlé et de l'état d'arrêt sûr seront réintroduits et déclinés au sein de sous paragraphes du paragraphe 2.1). »*

Par ailleurs, EDF s'est engagé à mentionner qu'« *une condition de fonctionnement PCC-3 ne doit pas être à l'origine d'une condition de fonctionnement plus sévère (PCC-4)* ».

Enfin, EDF a indiqué que « *dans la prochaine révision du paragraphe 2.1 du chapitre 15.0 du rapport de sûreté FA3, les critères de sûreté et les critères de découplage seront distingués* ».

**Position et action n° 8 :** EDF souhaite préciser les critères relatifs à l'intégrité de la première barrière spécifiques aux études de RTGV et aux études en états d'arrêt.

**Position et action n° 10 :** EDF s'est engagé à mentionner le critère opérationnel utilisé pour juger de la tenue du réservoir de décharge du pressuriseur (RDP), à savoir la limite de 4 tonnes déchargées en masse vapeur, parmi les critères d'acceptation présentés dans le paragraphe 2.3 du sous-chapitre 15.0.

**Position et action n° 11 :** EDF s'est engagé à ce que la vérification de la suffisance de la capacité de la bêche ASG pour conduire le réacteur jusqu'aux conditions de connexion du RIS/RRA en mode RA soit mentionnée dans le sous-chapitre 15.0 en tant que critère technique d'acceptation conditionnant la possibilité d'atteindre l'état sûr (pour les transitoires nécessitant les générateurs de vapeur pour l'évacuation de la puissance résiduelle jusqu'à l'atteinte de l'état sûr et dont l'état sûr est défini par l'atteinte des conditions de connexion du RIS/RRA en mode RA).