

## Synthèse du rapport de l'IRSN sur études probabilistes de sûreté de niveau 1 du réacteur EPR de Flamanville 3

### Contexte

La démarche de sûreté mise en œuvre pour le réacteur EPR de Flamanville (EPR-FA3) présente des évolutions importantes par rapport à celle qui avait été appliquée lors de la conception des réacteurs électrogènes français de précédente génération. Elle s'appuie essentiellement sur les « Directives techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de réacteurs nucléaires à eau pressurisée » (DT) établies en 2000 suite à l'examen, par les Groupes d'experts franco-allemands, des options de sûreté du réacteur EPR. Ces Directives préconisent notamment que *« la démonstration de sûreté pour les tranches nucléaires de la prochaine génération doit être faite de manière déterministe, complétée par des méthodes probabilistes et des travaux de recherche et de développement appropriés »*. Elles mentionnent également qu'*« une réduction significative de la fréquence globale de fusion du cœur doit être obtenue pour les tranches nucléaires de la prochaine génération. La mise en œuvre d'améliorations de la défense en profondeur de ces tranches devrait conduire à l'obtention d'une fréquence globale de fusion du cœur inférieure à  $10^{-5}$  par année.réacteur (a.r.), en tenant compte des incertitudes et de tous les types de défaillances et d'agressions. »*

Suite à l'autorisation de création de l'EPR-FA3 en 2007, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a émis en 2008 la prescription suivante : *« le rapport de sûreté présente une évaluation probabiliste de sûreté permettant d'apprécier les risques liés à l'installation en termes de fréquence de fusion du cœur, associée notamment aux événements d'origine interne à l'installation que sont les défaillances d'origine matérielle ou humaine, l'explosion, l'inondation et l'incendie »*.

Les Etudes probabilistes de sûreté (EPS) ont été développées dès le début de la conception du réacteur EPR-FA3. Le développement des EPS pour un réacteur à l'état de conception, puis à l'état de construction, est nécessairement itératif. Les premières études réalisées, pourtant très simplifiées, ont néanmoins conduit à identifier plusieurs améliorations importantes de la conception de ce réacteur.

Les EPS de niveau 1 visent à identifier les séquences pouvant conduire, à partir d'événements initiateurs, à la fusion du combustible présent dans la cuve du réacteur ou dans la piscine de désactivation, et à évaluer leurs fréquences. Plusieurs types d'EPS de niveau 1 peuvent être distingués, suivant la nature des événements initiateurs étudiés :

- les EPS de niveau 1 relatives aux événements internes à l'installation,

- les EPS relatives aux risques liés à des agressions internes ou externes à l'installation.

Electricité de France (EDF) a réalisé, dans le cadre de l'instruction anticipée de la demande de mise en service de l'EPR-FA3, un certain nombre d'études probabilistes. Pour les EPS de niveau 1, il souhaite présenter ces mêmes études dans le cadre de son Dossier de demande mise en service (DMES) de l'EPR-FA3, leur mise à jour étant prévue au stade du Dossier de fin de démarrage (DFD), dont l'échéance sera fixée par l'ASN.

En regard de l'objectif probabiliste global de fusion du cœur mentionné dans les DT, EDF a défini, pour les EPS de niveau 1, « *les cibles probabilistes suivantes* :

- *pour les initiateurs « événements internes » affectant le réacteur :*
  - *la fréquence globale de fusion du cœur doit être inférieure à  $10^{-6}$ /a.r., pour les états du réacteur en puissance ;*
  - *la fréquence globale de fusion du cœur doit être inférieure dans les états d'arrêt à celle dans les états de fonctionnement en puissance ;*
  - *la vérification de la conception équilibrée de la sûreté du réacteur doit être réalisée en s'assurant de l'absence de scénarios ayant une contribution dominante à la fréquence de fusion du cœur ;*
  - *la contribution de chaque famille d'événements initiateurs doit être équilibrée : une cible de fréquence de fusion du cœur par famille de  $10^{-7}$ /a.r. est utilisée ;*
- *pour les agressions externes, la fréquence globale de fusion du cœur doit être inférieure à  $5.10^{-6}$ /a.r., compte tenu des conservatismes inhérents à l'évaluation de ce risque ;*
- *pour tous les autres événements, non couverts par ces situations et intégrant notamment les agressions internes, la fréquence globale de fusion du cœur doit être inférieure à  $3.10^{-6}$ /a.r. ».*

Dans le cadre de cette présente réunion du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR), l'ASN a souhaité recueillir son avis sur les études suivantes présentées par EDF :

- les EPS de niveau 1 relatives aux événements internes à l'installation pouvant affecter le réacteur ;
- les études spécifiques relatives à certains scénarios dont « l'élimination pratique » doit être justifiée sur le réacteur EPR :
  - les scénarios pouvant conduire à la fusion du cœur avec bipasse du confinement,
  - les scénarios de dilution « hétérogène »,
- les EPS de niveau 1 relatives à l'inondation interne, à l'incendie et à l'explosion interne, pour le réacteur ;
- les évaluations réalisées pour certaines agressions externes (températures froides de l'air, frasil, inondation de la station de pompage).

L'ASN a notamment souhaité recueillir l'avis du GPR sur :

- les méthodes, données d'entrée et études support de ces études, ainsi que leur conformité à la règle fondamentale de sûreté RFS 2002-01, relative aux EPS (RFS-EPS), et aux Directives techniques ;
- les résultats quantitatifs obtenus, dans la perspective de « *vérifier ultérieurement l'atteinte des objectifs probabilistes de sûreté de l'EPR-FA3* » ;
- l'équilibre de la conception d'ensemble vis-à-vis de la sûreté nucléaire ;
- la représentativité des EPS en vue de leur utilisation pour les Règles générales d'exploitation (RGE) et dans le cadre de la démarche de prise en compte des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples (démarche RRC-A).

L'IRSN s'est particulièrement attaché dans son analyse à s'assurer que les études présentées par EDF :

- sont suffisamment complètes et pertinentes pour apporter l'éclairage probabiliste attendu pour le DMES, en termes de vérification de la conception ;
- conduisent à des résultats compatibles avec le respect des cibles probabilistes de sûreté que s'est fixé EDF.

Il convient de souligner qu'un certain nombre d'instructions spécifiques sont en cours concernant la conception détaillée des systèmes de l'EPR-FA3, dont les conclusions pourraient amener à faire évoluer certaines hypothèses prises en compte dans les EPS. Par ailleurs, EDF devra s'assurer de la cohérence des EPS avec la conception et les procédures de conduite lorsqu'elles seront finalisées.

Les principales conclusions de l'analyse figurent ci-après.

### **EPS de niveau 1 relatives aux événements internes pouvant affecter le réacteur**

Pour ce qui concerne les événements internes à l'installation pouvant affecter le réacteur, EDF a transmis deux études :

- une EPS de niveau 1, appelée EPS « de sensibilité », accompagnée de quelques études de sensibilité à certaines hypothèses et données d'entrée,
- une évaluation probabiliste spécifique réalisée pour les risques de surpression à froid de la cuve.

L'IRSN a examiné les aspects suivants de ces études :

- le domaine de couverture,
- les données d'entrée,
- les hypothèses fonctionnelles et de modélisation,
- les études thermohydrauliques réalisées en support,
- la modélisation du contrôle-commande,
- les résultats et enseignements de l'étude des scénarios menant à la fusion du cœur,
- les résultats de l'évaluation spécifique relative aux risques de surpression à froid.

### Domaine de couverture

L'IRSN estime que, à l'exception des initiateurs de perte des ventilations et de perte du contrôle-commande qui ne sont pas modélisés et qu'EDF s'est engagé à intégrer à l'échéance du DFD (dans l'EPS dite « d'exploitation »), l'étude respecte les prescriptions de la RFS-EPS en termes de méthode utilisée, d'initiateurs étudiés et d'états du réacteur pris en compte.

### Données d'entrée

L'IRSN note que, par rapport aux précédentes versions de l'EPS 1, EDF a apporté des améliorations dans le traitement des données de fiabilité, a réalisé des études de sensibilité sur certaines données et a effectué une analyse des défaillances de cause commune pouvant affecter des composants appartenant à des systèmes différents. L'analyse de l'IRSN a cependant mis en évidence que des compléments doivent encore être apportés par EDF pour le DMES en ce qui concerne la justification du temps de restauration d'un incident réseau généralisé. Ensuite, lors de la mise à jour de ses études probabilistes, à l'échéance du DFD, EDF devra modifier ou justifier certaines données de fiabilité et paramètres des défaillances de cause commune.

### Hypothèses fonctionnelles et de modélisation

L'IRSN a émis, lors de l'instruction, des remarques sur certaines hypothèses fonctionnelles retenues par EDF dans son étude ainsi que sur la modélisation de certains scénarios. Suite à ces remarques, EDF s'est notamment engagé à apporter, pour le DMES, un complément d'analyse et de quantification concernant les scénarios de perte des alimentations électriques externes cumulée à une perte « échelonnée » des diesels principaux.

A l'issue de l'instruction, EDF a de plus présenté de nouvelles quantifications de la fréquence de fusion du cœur pour certains scénarios afin d'évaluer l'impact des erreurs ou des manques identifiés par l'IRSN ainsi que de tenir compte d'évolutions de conception ou d'exploitation qui ont été proposées par EDF depuis la réalisation de ses études EPS 1 et qui permettent de réduire la

fréquence de ces scénarios. Ces compléments d'évaluation ont notamment conduit à une augmentation significative de la fréquence de fusion du cœur pour les séquences de pertes de source électrique de haute tension.

### Etudes thermohydrauliques réalisées en support

L'objectif des études thermohydrauliques effectuées en support des EPS est d'établir les critères de succès pour certains scénarios (par exemple le nombre de files d'un système redondant requises ou le délai disponible pour réaliser une action humaine). L'IRSN a identifié lors de son analyse un manque de justification concernant :

- la distribution axiale de puissance prise en compte dans les études des accidents de brèche en puissance du circuit primaire. EDF s'est engagé à considérer pour ces scénarios, à l'échéance du DFD, une forme de distribution axiale de puissance pénalisante ;
- la valeur retenue dans les EPS pour le « critère de découplage » portant sur la température maximale de gaine du crayon représentatif de la moyenne des puissances de l'ensemble des crayons présents dans le cœur. EDF s'est engagé à apporter des justifications pour le DMES.

L'IRSN souligne par ailleurs que les études thermohydrauliques ont été réalisées avec différents outils de calculs, dont le simulateur « phase 1 » développé par EDF pour le réacteur EPR. L'IRSN estime que les éléments disponibles sont insuffisants pour considérer le simulateur validé. EDF s'est engagé à reprendre, à l'échéance du DFD, à l'aide du code CATHARE 2, les transitoires réalisés sur le simulateur « phase 1 » pour lesquels une évolution des délais de grâce pourrait avoir un impact sur l'évaluation probabiliste du facteur humain.

### Modélisation du contrôle-commande dans les EPS de niveau 1

La modélisation des systèmes de contrôle-commande dans les EPS de niveau 1 du réacteur EPR-FA3, réalisée à l'aide du « modèle COMPACT », a déjà fait l'objet d'une première analyse de l'IRSN en 2010 et a conduit l'ASN à demander certains compléments à EDF. L'IRSN considère acceptables les compléments apportés par EDF en réponse aux demandes concernant l'identification des dépendances entre les systèmes et les sous-systèmes du contrôle-commande appartenant à la même plateforme, ainsi que sur les données de fiabilité à introduire dans le modèle COMPACT. Néanmoins, l'IRSN a identifié que certains compléments étaient encore nécessaires. Ainsi, EDF s'est engagé :

- pour le DMES, à apporter des compléments sur les régulations des systèmes de sûreté modélisés dans l'EPS de niveau 1 et à examiner l'impact sur l'EPS 1 des évolutions de conception du contrôle-commande (conception finalisée du système de protection, ajout de nouveaux signaux de contrôle-commande) ;

- à l'échéance du DFD, à prendre en compte les régulations dans les EPS, à s'assurer que l'ensemble des systèmes et chaînes de contrôle-commande nécessaires aux fonctions modélisées dans les EPS ainsi que leurs alimentations électriques sont pris en compte et à améliorer la prise en compte dans ses EPS des initiateurs de type « contrôle-commande intempestif » ou « perte des systèmes de contrôle-commande ».

En ce qui concerne les missions de conduite au sein desquelles des dépendances sont possibles entre les actions « automatiques » (contrôle-commande) et les actions « facteur humain » redondante post-accidentelle, EDF s'est engagé, pour le DMES, à fournir la liste des missions de conduite de l'EPS de niveau 1 « événements internes » au sein desquelles une dépendance de ce type est identifiée et, à l'échéance du DFD, à prendre en compte les dépendances identifiées. L'IRSN estime nécessaire qu'EDF apporte des éléments sur l'impact de ces dépendances sur les fréquences des séquences concernées et étende son analyse à l'ensemble des EPS de l'EPR-FA3 notamment aux études particulières fournies dans le cadre de la vérification du caractère « pratiquement éliminé » des séquences accidentelles de types « bypasses du confinement » et « dilution hétérogène ».

#### Résultats et enseignements de l'EPS de niveau 1

L'IRSN note que la fréquence globale de fusion du cœur de l'EPS « événements internes » de l'EPR-FA3, évaluée initialement à  $6,2 \cdot 10^{-7}/a.r.$  et réévaluée par EDF à  $9,3 \cdot 10^{-7}/a.r.$  à l'issue de l'instruction, respecte actuellement les cibles probabilistes qu'EDF s'est fixé pour ces événements internes, avec les hypothèses et données utilisées par EDF.

Toutefois, l'IRSN souligne que :

- cette fréquence, portée majoritairement par l'état en puissance, est proche de la cible probabiliste visée par EDF ;
- la famille des pertes de source électrique haute tension contribue à environ 50 % de la fréquence globale de fusion du cœur, ce qui ne permet pas de conclure pour l'EPR à un « concept de sûreté équilibré » comme préconisé par les Directives techniques ;
- certains des compléments d'étude jugés nécessaires par l'IRSN (en termes de données, d'hypothèses, de modélisation...) pourraient induire une augmentation de la fréquence de fusion de certaines séquences.

L'IRSN souligne ainsi que les résultats de l'EPS de niveau 1 « événements internes », qui sont encore susceptibles d'évoluer pour le DMES puis à l'échéance du DFD, présentent « peu de marge » par rapport à cible probabiliste qu'EDF s'est fixé pour ces événements internes.

### Evaluation probabiliste spécifique des risques de surpression à froid de la cuve

Compte tenu du dossier initial et des éléments apportés par EDF lors de l'instruction, l'IRSN estime que l'évaluation de la fréquence de surpression à froid présentée par EDF ( $5,4 \cdot 10^{-9}$ /a.r.) est pertinente.

Le résultat obtenu pour le risque de surpression à froid sur l'EPR-FA3 traduit notamment le fait que des dispositions ont été prévues à la conception vis-à-vis de ce risque pour ce réacteur.

### Etudes probabilistes spécifiques pour certaines situations dont l'« élimination pratique » doit être justifiée sur l'EPR-FA3

Les EPS peuvent apporter un éclairage pour la vérification de l'« élimination pratique » de certaines situations conduisant à des rejets massifs ou précoces. Les EPS de niveau 1 sont ainsi utilisées pour évaluer la fréquence des scénarios pouvant conduire à la fusion du cœur avec bipasse du confinement ou à des dilutions « hétérogènes ». L'IRSN a examiné les évaluations probabilistes réalisées par EDF pour ces deux types de situations.

#### Scénarios de fusion du cœur avec bipasse du confinement

Les premières évaluations des scénarios de fusion du cœur avec bipasse du confinement réalisées par EDF ont fait l'objet d'une analyse de l'IRSN en 2005 et 2006 et ont permis de définir des évolutions de conception ou d'exploitation de l'EPR-FA3 nécessaires à l'« élimination pratique » de ces scénarios. L'IRSN estime que les évaluations probabilistes mises à jour par EDF sont de nature à permettre de vérifier le caractère satisfaisant des dispositions prises en vue de l'« élimination pratique » des scénarios de fusion du cœur avec bipasse du confinement, compte tenu du niveau de détail des scénarios étudiés et de leur modélisation ainsi que des résultats obtenus. Toutefois, l'IRSN estime qu'EDF devra apporter des compléments pour certains scénarios particuliers liés d'une part, à une connexion intempestive du circuit de refroidissement RRA et d'autre part, à une brèche, lors de la connexion ou du fonctionnement du RRA, sur un tronçon du système d'injection de sécurité RIS non dimensionné à la pression de connexion du RRA. L'IRSN note qu'EDF s'est engagé à apporter ces compléments pour le DMES.

#### Scénarios de dilution hétérogène

La dilution hétérogène implique la formation dans le circuit primaire, puis son injection dans le cœur, d'un bouchon d'eau claire ou ayant une concentration en bore insuffisante, d'un volume supérieur au volume considéré comme « critique » pour le cœur. Le transitoire de réactivité

résultant peut conduire à une excursion de puissance avec des conséquences sévères pour le cœur et, dans des cas extrêmes, pour l'enceinte de confinement.

EDF a mis à jour son étude probabiliste des scénarios de dilution hétérogène en tenant compte des demandes formulées par l'ASN à ce sujet à l'issue de la réunion du groupe permanent consacrée au réacteur EPR de novembre 2004.

L'IRSN souligne que les différentes versions de cette étude ont permis de définir des dispositions de conception supplémentaires à l'égard des dilutions hétérogènes par rapport aux dispositions décidées sur une base purement déterministe. De plus, la présente instruction a conduit à identifier le besoin d'ajouter encore certaines lignes de défense (condamnations administratives).

L'IRSN note le caractère détaillé de l'étude probabiliste mise à jour, en termes de scénarios examinés. Néanmoins, l'IRSN estime que la vérification du caractère « pratiquement éliminé » de certains scénarios de dilution hétérogène n'est pas pleinement apportée à ce jour. Ainsi, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF réexamine les scénarios de dilution hétérogène induite par l'utilisation d'eau claire lors d'activités de maintenance et apporte des compléments d'étude et des justifications concernant certaines données et hypothèses utilisées dans l'étude. EDF s'est engagé, pour le DMES, à définir des parades complémentaires pour les scénarios liés aux activités de maintenance et à apporter la plupart des éléments demandés.

### **EPS de niveau 1 relatives aux agressions**

EDF indique avoir réalisé les EPS relatives aux agressions en tenant compte de choix méthodologiques proportionnés aux enjeux de sûreté et que l'éclairage apporté par ces études dans la phase de conception s'accompagne de limites inhérentes à la réalisation d'études probabilistes en parallèle à la stabilisation de choix de conception et d'études déterministes. L'IRSN souligne que les études déterministes relatives aux agressions internes et externes n'ont pas encore été instruites et, pour certaines, ne sont pas finalisées. L'IRSN prend note qu'EDF étudiera, pour le DMES, l'impact d'une éventuelle évolution des hypothèses-clés des études déterministes « *qui serait de nature à réinterroger les choix méthodologiques retenus* » dans les EPS « agressions » et considère qu'EDF devra également examiner l'impact de telles évolutions sur les conclusions des EPS « agressions », en termes de respect des cibles probabilistes et de vérification du caractère satisfaisant des dispositions de conception et d'exploitation à l'égard des risques d'agressions.

De manière générale, l'IRSN souligne les efforts importants faits par EDF pour développer des EPS relatives aux agressions internes et qui permettent de disposer, pour le DMES, d'un éclairage probabiliste pour l'incendie, l'inondation et l'explosion.

Les conclusions de l'analyse de l'IRSN concernant ces études sont présentées ci-dessous.

#### EPS de niveau 1 traitant les événements initiateurs de type « inondation interne »

Dans le cadre de l'élaboration du dossier de demande de mise en service du réacteur EPR-FA3, EDF a réalisé une étude probabiliste de sûreté de niveau 1 simplifiée relative à l'inondation interne. L'IRSN constate que, par rapport à la méthodologie appliquée par EDF pour le développement de l'EPS « inondation interne » pour les réacteurs de 1300 MWe, des simplifications importantes ont été réalisées, les principales consistant à considérer de manière systématique la perte de l'ensemble des équipements contenus dans le bâtiment siège de l'inondation, à ne pas valoriser les moyens de détection et d'isolement de l'inondation mais sans considérer de propagation de l'eau entre les bâtiments.

Compte tenu de certaines justifications et études de sensibilité apportées par EDF au cours de l'instruction, l'IRSN estime que cette étude simplifiée apparaît acceptable, en vue de vérifier, pour le DMES, le respect des cibles probabilistes.

La fréquence de fusion du cœur induite par une inondation est évaluée par EDF à  $7,7 \cdot 10^{-7}$ /a.r. ; elle est portée quasi-exclusivement par les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (BAS) 1 et 4. L'IRSN estime que ce résultat est de nature à permettre de vérifier la cible probabiliste visée par EDF pour ce qui concerne les agressions internes.

L'IRSN a néanmoins identifié des besoins de compléments portant sur le risque d'inondation dans l'espace entre enceintes et sur les scénarios induits par la vidange du réservoir IRWST dans un BAS. EDF s'est engagé à apporter ces compléments pour le DMES.

#### EPS de niveau 1 traitant les événements initiateurs de type « incendie interne »

L'EPS de niveau 1 relative à l'incendie réalisée par EDF évalue la fréquence de fusion du cœur à  $4,5 \cdot 10^{-7}$ /a.r. en cas de départ de feu : la cible visée par EDF pour la fréquence de fusion du cœur due aux agressions internes est donc respectée avec les hypothèses et données utilisées par EDF dans son étude.

L'IRSN considère que la méthode ainsi que les principales hypothèses et données utilisées par EDF dans cette étude sont appropriées. Néanmoins, l'IRSN constate que l'étude ne prend pas en compte les câbles électriques et les tuyauteries d'hydrogène, ni en tant que sources d'incendie ni en tant que cibles potentielles. De plus, l'IRSN a identifié des lacunes concernant la prise en compte des ordres intempestifs ainsi que l'évaluation de certaines des fréquences de départs de feu.

L'IRSN note qu'EDF s'est engagé à mettre à jour, à l'échéance du DFD, son EPS « incendie » en prenant en compte tous ces aspects. Pour ce qui concerne les câbles électriques, l'IRSN estime néanmoins que des évaluations probabilistes sont nécessaires pour le DMES, en complément des

études déterministes, afin de vérifier le caractère satisfaisant des dispositions prises à l'égard du risque d'incendie dans l'espace entre enceintes et, plus généralement, dans tous les locaux dans lesquels transitent des câbles de divisions électriques différentes et pour lesquels la maîtrise du risque incendie repose sur des dispositifs de détection ou d'extinction.

De plus, concernant la méthodologie d'évaluation probabiliste du facteur humain, l'IRSN considère qu'une pénalisation au stress en situation d'incendie devra être retenue. EDF s'est engagé, à l'échéance du DFD, à étudier l'opportunité de faire évoluer sa méthodologie.

#### EPS de niveau 1 traitant les événements initiateurs de type « explosion interne »

EDF a réalisé pour le réacteur EPR-FA3 une EPS « explosion interne » qui est la première étude de ce type réalisée en France. Cette étude évalue la fréquence de formation d'une atmosphère explosive dans les locaux identifiés, selon la démarche retenue dans les études déterministes, à risque d'explosion interne. L'IRSN note l'intérêt qu'elle présente pour apprécier le caractère satisfaisant des dispositions de conception et d'exploitation définies, sur des bases déterministes, à l'égard de cette agression. La première version de cette étude a notamment permis d'identifier certains besoins d'améliorations vis-à-vis des risques d'explosion.

En tenant compte des améliorations susmentionnées, la fréquence de formation d'une atmosphère explosive, hors salle des machines, est évaluée par EDF à  $3,2 \cdot 10^{-7}$ /a.r. ; elle est portée quasi-exclusivement par les locaux « batteries ». Pour la salle de machine, compte tenu d'une fréquence élevée d'une atmosphère explosive ( $1,5 \cdot 10^{-3}$ /a.r.), EDF a évalué la fréquence de fusion du cœur associée et l'a estimée à  $3,6 \cdot 10^{-10}$ /a.r.

L'IRSN souligne qu'EDF a apporté au cours de l'instruction des justifications sur certaines hypothèses de l'étude (notamment le temps de scrutation des séquences accidentelles ainsi que la quantification du facteur humain) et sur les conséquences d'une explosion dans les locaux présentant un risque d'ATEX prépondérant. Toutefois, des compléments sont encore nécessaires de la part d'EDF concernant l'impact de certains initiateurs d'explosion interne actuellement non retenus. EDF s'est engagé à apporter ces compléments à l'échéance du DFD.

#### Evaluations probabilistes des agressions externes

Les Directives techniques précisent que « *En règle générale, des dispositions de conception doivent être prises à l'égard des agressions externes de manière cohérente avec celles prises pour les événements internes et les agressions internes, c'est-à-dire que les agressions externes ne doivent pas constituer une part importante du risque associé aux tranches nucléaires de la prochaine génération.* »

Concernant les agressions externes, EDF a réalisé, en complément de l'évaluation de la fréquence de fusion suite à un séisme et de l'évaluation probabiliste des séquences de perte des alimentations

électriques et de perte de la source froide « long-terme » induites par des « vents extrêmes », qui ont déjà fait l'objet d'un examen par l'IRSN respectivement en 2009 et en 2012, une évaluation de la fréquence de fusion induite par une arrivée de d'éléments « colmatants » au droit de la station de pompage. EDF a également transmis des analyses des risques associés aux agressions « inondation de la station de pompage », « frasil » et « températures froides de l'air », complétées, pour cette dernière agression, par une évaluation de la probabilité d'occurrence de températures inférieures à celles prises en compte pour la conception des installations.

Concernant l'arrivée de colmatants, l'IRSN estime que la quantification fournie par EDF n'est pas représentative d'une agression « exceptionnelle » correspondant à une arrivée très massive de colmatants et que des justifications complémentaires sont nécessaires.

Concernant les trois agressions externes (inondation de la station de pompage, frasil, températures froides de l'air) vis-à-vis desquelles l'ASN a demandé dans sa saisine de se prononcer sur les évaluations probabilistes réalisées par EDF et sur les résultats obtenus, l'IRSN a pris note des arguments qualitatifs avancés par EDF pour justifier que le risque serait faible pour ces agressions. Toutefois, l'IRSN estime que les éléments apportés par EDF sont insuffisants et ne permettent pas d'apprécier la fréquence de fusion du cœur des scénarios pouvant être induits par ces agressions externes, notamment des scénarios liés à la perte de la station de pompage qui pourrait être particulièrement concernée par ces agressions. L'IRSN convient des difficultés d'ordre méthodologique liées à la réalisation d'EPS complètes pour certaines agressions, mais considère que le respect de la cible probabiliste relative à la fréquence de fusion du cœur induite par des agressions externes ne peut pour autant pas être affirmé sans des éléments suffisamment argumentés et quantifiés à l'appui.

L'IRSN note qu'EDF s'est engagé à « *apporter, au DMES, des éléments qualitatifs sur la robustesse de l'installation au regard des hypothétiques scénarios d'agressions externes corrélées à la perte de la source froide et, pour le DFD, à étudier l'opportunité d'incorporer dans l'EPS de référence l'ensemble des agressions externes plausibles susceptibles de ne conduire qu'à la perte de la source froide* ».

L'IRSN souligne que les éléments annoncés par EDF devront être suffisamment démonstratifs pour statuer, au DMES, sur le respect des cibles probabilistes associées aux agressions externes et vérifier le caractère satisfaisant des dispositions de conception prévues.

Par ailleurs, l'IRSN note que l'étude réalisée par EDF concernant la perte longue des alimentations électriques externes est incomplète, car elle ne tient pas compte du fait que cette perte peut à la fois affecter le refroidissement du réacteur et de la piscine de désactivation. Ce point sera analysé dans le cadre de l'examen ultérieur des EPS relatives à la piscine de désactivation de l'EPR-FA3 et de la vérification de « l'élimination pratique » des situations menant au découverture des assemblages dans la piscine.

En outre, l'IRSN estime qu'EDF doit poursuivre, pour le réacteur EPR-FA3, ses efforts de développement d'évaluations probabilistes pour les agressions externes, la réalisation d'une EPS « long terme » pour les « vents extrêmes » constituant, malgré certaines lacunes pointées par l'IRSN, une avancée notable.

Enfin, l'IRSN estime que les dispositions spécifiques retenues vis-à-vis des températures du « froid » de dimensionnement, qui ne constitue pas une agression, devront être modélisées dans les EPS de niveau 1 « événements internes », à l'instar de celles retenues vis-à-vis du « chaud » de dimensionnement, afin de vérifier leur caractère satisfaisant ; l'IRSN note qu'EDF s'est engagé à fournir des compléments sur ce point pour le DMES.

### **Représentativité des EPS EPR vis-à-vis de leur utilisation pour les études RRC-A ou l'examen des RGE**

L'IRSN a examiné les domaines d'utilisation des EPS, les types d'EPS utilisées et leur représentativité en vue des utilisations qui en seront faites.

L'IRSN souligne tout d'abord que, pour les RGE qui seront transmises pour le DMES, EDF limite les utilisations des EPS aux EPS « événements internes », compte tenu en particulier d'un niveau de détail des EPS « agressions » peu développé. L'IRSN souligne que cette restriction amènera notamment à ne pas pouvoir disposer d'éclairage probabiliste pour la définition des prescriptions du chapitre II des RGE, traitant les agressions.

La démarche RRC-A et la définition des exigences d'exploitation (spécifications techniques d'exploitation et programme d'essais périodiques) associées aux dispositions RRC-A vont s'appuyer, pour le DMES, sur des éclairages probabilistes. L'IRSN considère que celles-ci devront s'appuyer sur les évaluations probabilistes les plus récentes (l'EPS 1 dite « de sensibilité » et les études de sensibilité qui la complètent). EDF s'est engagé sur ce point à examiner l'impact des études récentes sur la liste des dispositions RRC-A. Si de nouvelles dispositions RRC-A sont identifiées, l'IRSN s'assurera, lors de l'examen des RGE, que des exigences d'exploitation leur sont associées.

D'autres domaines d'utilisation des EPS pour les RGE sont également envisagés par EDF pour l'EPR-FA3 dans le cadre de la définition de la périodicité des contrôles et des essais périodiques et dans le cadre de la programmation de la maintenance préventive. Concernant le programme d'essais périodiques, EDF a indiqué qu'il ne souhaite pas systématiser l'utilisation des EPS pour définir la périodicité des essais. Un éclairage probabiliste sera cependant amené pour les systèmes à quatre trains. En ce qui concerne la maintenance préventive, EDF s'est engagé, à l'échéance du DFD, à prendre en compte dans l'EPS la stratégie de maintenance préventive finalisée. L'IRSN souligne

néanmoins que la démonstration de l'acceptabilité, en termes de sûreté, des configurations spécifiques de fonctionnement des systèmes lors de la maintenance préventive ne pourra pas s'appuyer, pour le DMES, sur les EPS.

Enfin, EDF s'est engagé, à l'échéance du DFD, à mettre à jour la liste des dispositions RRC-A ainsi que les éclairages probabilistes des RGE sur la base de l'EPS « d'exploitation ».