

## **Programme associé au projet d'extension de la durée de fonctionnement des réacteurs du parc en exploitation**

L'autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité l'avis du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs (GPR) sur le contour et les orientations des études génériques à mener dans le cadre de la prolongation de la durée de fonctionnement (DDF) des réacteurs du parc en exploitation jusqu'à 60 ans.

L'évaluation menée par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) s'est appuyée notamment sur les propositions élaborées par EDF dans le cadre de l'instruction de la saisine du groupe permanent. La perspective pour EDF de devoir prolonger la DDF des réacteurs devrait se concrétiser par une autorisation délivrée, au cas par cas, à partir de la fin de la décennie actuelle lorsque les réacteurs les plus anciens du parc atteindront l'échéance réglementaire du réexamen de sûreté associé à leur quatrième visite décennale.

Dans un souci d'anticipation et en amont de l'accident de Fukushima, il est apparu nécessaire d'une part de rechercher une amélioration substantielle de la sûreté allant au-delà de la démarche d'un réexamen, d'autre part de s'interroger sur la maîtrise des effets du vieillissement et de l'obsolescence des composants dans l'optique d'une prolongation supplémentaire de 20 ans de la durée de l'exploitation des réacteurs électrogènes.

La réunion du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs s'est tenue les 18 et 19 janvier 2012.

### **DEMARCHE GENERALE DE SURETE**

En juin 2010, l'ASN a précisé qu'elle considère que les études de réévaluation de la sûreté conduites par EDF dans le cadre du projet d'extension de la DDF des réacteurs du parc en exploitation doivent être conduites « *au regard des objectifs de sûreté applicables aux nouveaux réacteurs, tels que ceux proposés au niveau européen par l'association WENRA [association des responsables des Autorités de sûreté nucléaire d'Europe de l'Ouest], ou ceux applicables au réacteur EPR.* »

Dans ce cadre, EDF a proposé comme objectif radiologique qualitatif pour les situations accidentelles relevant du dimensionnement, l'absence de nécessité de mise en œuvre de mesures de protection des populations lors de la phase dite « court terme » (pas de mise à l'abri, pas d'évacuation et pas d'administration d'iode stable). L'IRSN note que cet objectif, analogue à celui formulé dans les Directives Techniques utilisées pour le réacteur EPR et par l'association WENRA, s'inscrit totalement dans la démarche d'amélioration de la sûreté.

Pour les situations accidentelles au-delà du dimensionnement et notamment celles conduisant à une fusion du cœur, l'IRSN rappelle tout d'abord qu'EDF, dans le cadre des réexamens de sûreté passés ou en cours, a fait porter ses efforts essentiellement sur la prévention des situations qui peuvent conduire à des rejets importants et précoces.

Dans le cadre du projet d'extension de la DDF, EDF a proposé de compléter cette démarche dans le but d'améliorer, par la mise en œuvre de modifications, la prévention et la limitation des conséquences des accidents graves, notamment pour les scénarios de rejets différés. L'IRSN considère que ces propositions répondent à l'objectif visé d'amélioration de la sûreté des réacteurs existants dans la perspective d'une extension de leur DDF. En effet, EDF propose de renforcer les réserves en eau et en électricité pour éviter ou gérer au mieux un accident de fusion du cœur. EDF propose également une série d'études de dispositions matérielles permettant de réduire les conséquences d'un accident avec fusion du cœur et concernant :

- l'amélioration de l'efficacité du dispositif de filtration actuellement utilisé par EDF pour réduire les rejets en cas d'ouverture volontaire de l'enceinte pour permettre sa dépressurisation si nécessaire lors de l'accident avec fusion du cœur (dispositif d'éventage-filtration U5) ;
- l'étude de dispositions pour renforcer l'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte ;
- l'étude de dispositions pour éviter la percée du radier par le corium.

Il convient de souligner que les propositions de l'exploitant ont été définies avant l'accident de Fukushima survenu en mars 2011. Lors des Evaluations Complémentaires de Sûreté (ECS) engagées à la suite de cet accident dans le but d'examiner la robustesse des installations à des situations extrêmes (allant au-delà des situations prises en compte pour leur dimensionnement), l'exploitant a proposé la mise en œuvre de modifications, et notamment la mise en place d'un « noyau dur » d'équipements capables de résister à ces situations et dont les exigences ont été précisées en juin 2012. Certaines des modifications associées à ce « noyau dur », comme par exemple l'ajout d'un Diesel d'Ultime Secours (DUS), avaient été initialement envisagées dans le cadre du projet d'extension de la DDF des réacteurs du parc en exploitation (avec des exigences parfois sensiblement différentes) : EDF a donc mis à jour, en novembre 2011, la liste des modifications qu'il propose de retenir dans le cadre du projet d'extension de la DDF ainsi que celles dont l'intérêt mérite, selon lui, d'être « revisité ».

L'IRSN considère que les propositions faites par EDF dans le cadre des ECS et du projet d'extension de la DDF des réacteurs du parc en exploitation, pour ce qui concerne la prévention et la limitation des conséquences des accidents avec fusion du cœur, permettent d'escompter un gain très sensible en termes de sûreté et ainsi de tendre vers les objectifs de sûreté généraux visés pour les nouveaux réacteurs (notamment en ce qui concerne les conséquences radiologiques pour le public et l'environnement). L'IRSN estime ainsi que ces modifications doivent être mises en œuvre sur les tranches dans des délais raisonnables. Sur ce point, EDF s'était engagé à fournir fin 2012 un calendrier précis des déploiements des modifications envisagées dans le cadre du projet d'extension de la DDF des réacteurs du parc en exploitation, tenant compte des modifications demandées dans le cadre des ECS, sachant que le déploiement de certaines modifications prévues dans le cadre des troisièmes visites décennales des réacteurs de 1300 MWe sera anticipé (des éléments à cet égard étaient attendus début 2012).

L'IRSN rappelle enfin qu'EDF devra, lors de chaque réexamen de sûreté, poursuivre sa démarche d'amélioration continue de la sûreté en tenant compte des avancées technologiques et de l'amélioration des connaissances.

L'analyse des propositions d'EDF en support de sa démarche générale de sûreté adoptée dans le cadre du projet d'extension de la DDF des réacteurs du parc en exploitation, ainsi que les principales conclusions de l'analyse de l'IRSN les concernant, sont détaillées ci-après.

## **La définition d'objectifs généraux de sûreté vis-à-vis des accidents**

### *Conditions de fonctionnement de dimensionnement et du domaine complémentaire*

Pour les conditions de fonctionnement de dimensionnement, c'est-à-dire les situations accidentelles retenues lors de la conception initiale, EDF a pour objectif d'éviter la mise en œuvre de mesures de protection de la population dans le cadre d'une démarche déterministe de réduction des rejets radioactifs en se référant aux niveaux d'intervention de l'arrêté du 20 novembre 2009. Par ailleurs, EDF souligne que cette orientation rejoint l'objectif fixé pour les nouveaux réacteurs (pas de nécessité de mesures de protection des populations).

L'IRSN estime satisfaisants, d'une part la démarche d'EDF de se fixer un objectif radiologique qualitatif pour la phase « court terme » (7 jours), d'autre part l'objectif proposé, à savoir l'absence de nécessité de mise en œuvre de mesures de protection des populations (pas de mise à l'abri, pas d'évacuation et pas d'administration d'iode stable). En outre, l'IRSN considère qu'EDF doit se fixer un objectif qualitatif pour la phase long terme (50 ans) de l'accident.

L'IRSN note qu'EDF se fixe des objectifs radiologiques quantitatifs en se référant aux niveaux d'intervention de l'arrêté du 20 novembre 2009. A ce titre, si l'IRSN considère recevable le fait qu'EDF se fixe des objectifs radiologiques quantitatifs, il rappelle que le respect de ces objectifs ne doit pas conduire EDF à porter un jugement sur l'acceptabilité des conséquences radiologiques des accidents, EDF devant s'inscrire dans une démarche de réduction autant que raisonnablement possible des conséquences radiologiques à chaque réexamen de sûreté. Cette démarche doit, en priorité, être mise en œuvre pour les situations accidentelles retenues pour la démonstration de sûreté conduisant aux conséquences radiologiques les plus élevées et ce, même si celles-ci sont inférieures aux objectifs visés. Par ailleurs, l'IRSN estime que les valeurs de doses préconisées dans l'arrêté du 20 novembre 2009 doivent être utilisées avec précaution. En effet, cet arrêté a pour objectif de définir les niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique relatifs à la mise à l'abri, l'évacuation et l'administration d'iode stable. Il ne vise pas à définir des objectifs radiologiques quantitatifs associés aux situations accidentelles de la démonstration de sûreté. Ainsi, l'IRSN estime que l'objectif qualitatif d'absence de nécessité de mise en œuvre de mesures de protection de la population pourrait se traduire par des doses inférieures à celles figurant dans l'arrêté du 20 novembre 2009. Enfin, l'IRSN considère que les objectifs radiologiques quantitatifs visés par EDF dans le cadre du projet d'extension de la DDF pourraient et devraient l'être dès les prochains réexamens de sûreté (VD3 1300 et VD2 N4).

L'IRSN rappelle que les situations accidentelles dites du domaine complémentaire doivent aussi satisfaire a minima les objectifs radiologiques retenus pour les situations de 4<sup>ème</sup> catégorie. Ainsi, l'IRSN considère que l'absence de nécessité de mise en œuvre de mesures de protection de la population s'applique également à ces situations accidentelles.

### *Accidents avec fusion du cœur*

Pour les situations d'accident au-delà du dimensionnement pouvant conduire à une fusion du cœur, EDF vérifiera, sur la base des études probabilistes de sûreté, le faible risque d'occurrence de ces situations compte tenu des dispositions déjà prises ou prévues. En parallèle, les études seront poursuivies dans le but d'améliorer le confinement et de réduire la fréquence des scénarios pouvant conduire à des rejets importants et précoces. La faisabilité et l'intérêt de dispositions pour réduire autant que possible les risques de rejets, à des conditions économiquement acceptables, seront examinés, eu égard à leur probabilité d'occurrence.

L'IRSN rappelle qu'EDF doit s'inscrire dans une démarche de réduction autant que raisonnablement possible des fréquences d'occurrence et des conséquences radiologiques des accidents avec fusion du cœur, à chaque réexamen de sûreté. L'IRSN considère la position affichée par EDF consistant à vérifier le faible risque d'occurrence des accidents avec fusion du cœur et à réduire la fréquence des scénarios pouvant conduire à des rejets importants et précoces, pertinente mais non suffisante. D'une manière générale, l'IRSN estime qu'EDF doit s'efforcer de tendre vers l'objectif radiologique qualitatif affiché dans les Directives Techniques de l'EPR, et repris dans les niveaux de référence WENRA - mise en œuvre de mesures de protection de la population très limitées en termes d'étendue et de durée - et ce, à chaque réexamen de sûreté et en particulier dans le cadre du projet d'extension de la DDF. A ce titre, l'IRSN considère que les principes des modifications envisagés dans ce cadre, en termes de prévention et de mitigation, s'inscrivent dans cette démarche.

### **Evaluation du comportement des réacteurs du parc en exploitation pour les conditions de fonctionnement pertinentes non prises en compte à leur conception, mais retenues pour la conception du réacteur EPR**

EDF a fourni un programme de travail d'évaluation du comportement des réacteurs de 900 MWe et 1300 MWe pour les situations accidentelles pertinentes non prises en compte à leur conception mais retenues pour celle du réacteur EPR. L'IRSN constate que l'examen mené par EDF est limité aux événements initiateurs simples du réacteur EPR non couverts par des études existantes sur les réacteurs du parc en exploitation. L'IRSN considère que cet examen doit couvrir l'ensemble des conséquences de ces événements initiateurs.

De plus, l'IRSN estime que la démarche consistant, d'une part à ne retenir que les événements EPR non couverts par des études sur les réacteurs du parc en exploitation, d'autre part à examiner leur comportement en utilisant une approche réaliste, sans prise en compte d'aggravant, n'est pas suffisante pour permettre l'identification de potentielles modifications matérielles conduisant à des améliorations du niveau de sûreté. A cet égard, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF évalue le comportement des réacteurs du parc en exploitation pour les situations accidentelles pertinentes de la démonstration de sûreté retenues pour la conception du réacteur EPR, en appliquant les règles d'étude des accidents de dimensionnement du parc.

Par ailleurs, EDF a fourni un programme de travail relatif à la transposition des délais d'intervention de l'opérateur retenus pour les situations accidentelles de l'EPR aux réacteurs du parc en exploitation afin de vérifier l'absence d'effets falaise vis-à-vis du délai d'intervention de l'opérateur et, éventuellement,

d'identifier les améliorations qui en résulteraient. L'IRSN souligne que l'augmentation des délais pendant lesquels aucune action des opérateurs n'est nécessaire en situations d'accidents peut contribuer de manière significative à l'amélioration de la sûreté. Il estime que la démarche d'étude réaliste proposée par EDF pour évaluer l'incidence de l'augmentation du délai avant la première action de l'opérateur à 30 minutes sur le parc en exploitation n'est pas pertinente dans la mesure où elle ne permet pas de mettre en évidence l'apparition d'effets falaises éventuels. Aussi, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF présente une étude d'évaluation des conséquences de l'allongement à 30 minutes du délai laissé à l'opérateur dans les situations accidentelles des réacteurs du parc en exploitation conformément à la pratique retenue pour la conception de l'EPR, en mettant en œuvre les règles des études de dimensionnement en vue notamment d'identifier celles conduisant à un effet falaise. Enfin, l'IRSN rappelle que, pour les conditions de fonctionnement de dimensionnement de catégorie 2<sup>1</sup> et qui ne doivent par conséquent entraîner aucune dégradation du combustible, le risque de perte d'intégrité des gaines par Interaction Pastille-Gaine (IPG) n'avait pas été pris en compte à la conception des tranches du parc actuel. Désormais, ce risque étant bien connu, l'IRSN estime qu'il doit être traité, dans les études des conditions de fonctionnement de catégorie 2, comme les autres risques de perte d'intégrité de la gaine, que ce soit sur le parc en exploitation ou sur l'EPR.

### **La recherche de dispositions visant à limiter les conséquences radiologiques des accidents de dimensionnement**

L'IRSN a analysé la pertinence du programme de travail proposé par EDF en vue de réduire les conséquences radiologiques des conditions de fonctionnement de dimensionnement et de satisfaire les objectifs radiologiques visés pour l'extension de la DDF, à savoir l'absence de nécessité de mise en œuvre de mesures de protection des populations (pas de mise à l'abri, pas d'évacuation et pas d'administration d'iode stable). L'IRSN considère que ce programme est acceptable à ce stade et qu'il doit s'inscrire dans une démarche de réduction autant que raisonnablement possible des conséquences radiologiques.

### **La recherche de dispositions à fort impact en termes de prévention des accidents graves**

Dans le cadre du projet d'extension de la DDF des réacteurs de 900 MWe et 1300 MWe, EDF a fait part de son intention de renforcer les « Réserves en Eau et Electricité » des réacteurs dans l'objectif de renforcer leur autonomie pour évacuer la puissance résiduelle et de diversifier les secours électriques ultimes.

Ces modifications ont été définies sur la base d'une analyse déterministe prenant en compte les risques liés aux agressions. EDF a ensuite évalué, à l'aide d'études probabilistes de sûreté, le gain procuré sur le risque de fusion du cœur.

---

<sup>1</sup> Il s'agit de celles dont la probabilité d'occurrence est la plus élevée

Par ailleurs, les évaluations complémentaires de sûreté post-Fukushima ont conduit à des évolutions dans les modifications proposées initialement par EDF et, pour certaines de ces modifications, à l'anticipation de leur déploiement.

L'IRSN considère à ce stade que les modifications envisagées sont pertinentes dans leur principe, mais qu'elles doivent être complétées et justifiées par EDF. Dans une seconde étape, il conviendra qu'EDF vérifie et justifie l'adéquation des dispositions finales retenues vis-à-vis des situations accidentelles pour lesquelles des améliorations sont recherchées en termes de prévention des accidents graves et de limitation de leurs conséquences. Cette vérification devra s'appuyer sur l'ensemble des données disponibles comme les études probabilistes de sûreté, y compris celles évaluant le risque induit par des agressions. L'IRSN note qu'EDF a pris des actions répondant favorablement à l'ensemble de ses demandes.

### **La recherche de dispositions à fort impact en termes de limitation des conséquences radiologiques des accidents graves**

L'IRSN estime que le programme de travail d'EDF relatif à l'examen de dispositions destinées à réduire les conséquences d'un accident avec fusion du cœur est satisfaisant à ce stade du projet.

Pour limiter les rejets radioactifs liés à l'ouverture du dispositif d'éventage-filtration de l'enceinte U5, EDF envisage deux axes de travail :

- réduire, dans la mesure du possible, la fréquence d'ouverture du dispositif d'éventage U5. Il s'agit, pour EDF, de valoriser les nouvelles « Réserves d'Eau et d'Electricité » ;
- réduire l'activité rejetée par ce dispositif lorsqu'il est utilisé. A cet égard, EDF a prévu d'étudier la faisabilité d'installation d'une filtration iode spécifique ainsi que l'intérêt et l'efficacité d'une séparation des gaz rares.

L'IRSN considère que les avancées obtenues dans le domaine de la R&D permettent aujourd'hui d'envisager l'étude de dispositions réduisant de manière significative les rejets dans l'environnement en cas d'éventage-filtration de l'enceinte. A ce titre, l'IRSN a émis un certain nombre de propositions qu'EDF a intégrées dans son programme d'études.

Parmi les dispositions proposées par EDF pour renforcer l'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte, figure l'installation à demeure d'une motopompe thermique d'injection ultime (pompe U3), opérationnelle même en situation de perte totale des alimentations électriques, et qualifiée aux conditions existant lors d'un accident de fusion du cœur. A cet égard, EDF présentera un bilan des avantages et inconvénients de cette conception par rapport à une conception permettant la connexion de cette motopompe sur l'une ou l'autre des deux voies d'aspiration des circuits RIS et EAS.

Par ailleurs, EDF examinera la transposabilité aux réacteurs du parc en exploitation de certaines dispositions spécifiques retenues à l'étranger pour évacuer la puissance résiduelle hors de l'enceinte.

Enfin, l'IRSN a examiné les programmes d'études de dispositions envisagées par EDF en vue d'éviter la pénétration du radier par le corium. Il s'agit en particulier :

- du noyage du puits de cuve ;

- de la stabilisation du corium par noyage de la surface du corium ;
- de la stabilisation du corium par injection d'eau sous le corium.

L'IRSN considère que ces études quand elles seront achevées permettront la mise en œuvre de dispositions destinées à éviter la pénétration du radier par le corium. A ce titre, l'IRSN a émis un certain nombre de propositions qu'EDF a intégrées dans son programme d'études.

De plus, dans le cas hypothétique où un accident conduirait à une traversée du radier du bâtiment réacteur par le cœur en fusion, la nappe phréatique située sous le réacteur pourrait être polluée, sinon par le corium, au moins par l'eau contaminée venant des puits de l'enceinte. Une manière de limiter ce risque, nommée « parade voie eau », consiste à réaliser, dans les terrains situés sous la centrale, un écran vertical relativement étanche qui, en limitant de façon passive la migration des eaux souterraines, retient la pollution sous le site et fait bénéficier l'exploitant d'un délai significatif pour la mise en place de mesures complémentaires. S'il est associé à des moyens de pompage et de stockage des eaux, ce dispositif permettrait en outre de réduire l'inventaire des radioéléments qui se trouverait in fine dans les nappes phréatiques. L'IRSN a examiné la faisabilité de solutions qui lui semblent économiquement acceptables, et utilisant des procédés pouvant être mis en œuvre de manière préventive, alors que le réacteur est en fonctionnement. A ce titre, l'IRSN estime que l'exploitant devrait se prononcer sur le dispositif qu'il considère comme optimum en regard des conditions de chaque site.

### **Le renforcement des dispositions de prévention des risques liés à l'incendie**

**Pour ce qui concerne les dispositions de prévention des risques liés aux incendies, l'IRSN considère qu'EDF doit apporter des compléments de justification sur le maintien dans le temps de la robustesse de la sectorisation des locaux, en particulier sur la conservation des propriétés de réaction au feu des matériaux et de résistance au feu des éléments de sectorisation. L'IRSN note qu'EDF se positionnera sur ce point à la fin de l'année 2012.**

### **Le renforcement des dispositions de prévention des risques liés aux séismes**

Pour ce qui concerne les dispositions de prévention des risques liés aux séismes, la démarche proposée par EDF vise d'une part à améliorer la caractérisation des mouvements sismiques par la mise en œuvre d'un projet de recherche (SIGMA), d'autre part à compléter l'approche « historique » de la réévaluation sismique par une évaluation de la robustesse des installations vis-à-vis de niveaux de séismes potentiellement supérieurs aux niveaux issus de l'application de la RFS 2001-01. L'approche d'EDF est graduelle selon le niveau de sismicité des sites. Pour les sites localisés dans des régions de faible sismicité, EDF estime que la comparaison du Séisme Majoré de Sécurité (SMS) et du « niveau retenu » pour la conception initiale pourrait dans certains cas être suffisante. Si tel n'est pas le cas, l'approche privilégiée par EDF est la mise en œuvre de la méthode dite SMA (Seismic Margin Assessment) qui vise à vérifier la résistance des structures, systèmes et composantes (SSC) à un niveau sismique dénommé «

RLE » (Review Level Earthquake). EDF préconise également le développement d'une étude probabiliste sismique de sûreté (EPS) pour un site 900 MWe restant à définir.

Concernant l'aléa sismique, l'IRSN rappelle que son évaluation nécessite de caractériser l'environnement géologique et sismologique de chaque site, avec un degré de détails de plus en plus fin à l'approche du site. A cet égard, en parallèle des développements méthodologiques proposés dans le cadre du projet SIGMA, l'IRSN souligne le besoin qu'EDF établisse un bilan des connaissances sur les investigations réalisées autour des sites (e.g. failles actives, zonage sismotectonique, sismicité). Sur la base de ce bilan, EDF identifiera les écarts aux préconisations de l'AIEA et définira un programme d'investigations et d'acquisition des données nécessaires pour compléter les connaissances actuelles sur chaque site.

De plus, étant donné que les données d'entrée et les méthodes de calcul de l'aléa sismique sont fortement entachées d'incertitudes d'une part, que le traitement des données et le choix des méthodes peut varier d'un expert à l'autre d'autre part, l'IRSN estime que les incertitudes doivent être estimées à chaque étape des évaluations et qu'il convient de préciser les modalités de prise en compte des multiples avis d'experts dans le calcul de l'aléa sismique. L'IRSN considère en outre que, pour l'évaluation de la robustesse des installations, des critères quantitatifs devraient permettre d'identifier les sites pour lesquels les études complémentaires SMA ou EPS sismiques ne seront pas nécessaires. Pour les sites où une étude par la méthode SMA sera conduite, la démarche retenue pour définir le niveau sismique (RLE) pour chacun des sites devra être explicitée en tenant compte des incertitudes associées à l'évaluation de l'aléa sismique.

En conclusion, l'IRSN confirme la nécessité de réaliser une étude de robustesse sismique pour chacun des réacteurs du parc en exploitation. EDF ayant répondu favorablement à l'ensemble de ses demandes, l'IRSN estime acceptable, dans son principe, la démarche d'évaluation de la robustesse des installations à l'égard des séismes proposée par EDF.

### **L'élargissement du domaine de couverture des études probabilistes de sûreté (EPS)**

De manière générale, l'IRSN considère que la prise en compte de certaines agressions dans le périmètre des EPS de niveaux 1 et 2 constitue une avancée notable.

#### *Développement et utilisation des EPS de niveau 1*

L'IRSN a examiné le programme de travail d'EDF concernant l'élargissement du domaine couvert par les EPS, notamment par la prise en compte, pour une tranche de référence, des incendies et des inondations internes.

D'une manière générale, EDF propose d'affiner l'évaluation des risques par l'amélioration de la modélisation, notamment par le traitement des incertitudes, par l'approfondissement de la connaissance des phénomènes physiques et par la poursuite de l'intégration de l'expérience d'exploitation. Lors de l'instruction technique, EDF a complété sa proposition notamment par la réalisation d'une analyse systématique de l'ensemble des agressions plausibles pour chaque site afin de déterminer sur la base de critères explicites les sites et les agressions pour lesquels une analyse probabiliste pourrait être nécessaire en considérant l'état de l'art international en la matière. De même EDF a proposé d'améliorer ses approches en matière d'élaboration des données de fiabilité à partir de



l'expérience d'exploitation, afin de permettre l'identification des éventuelles tendances de vieillissement.

#### *Développement et utilisation des EPS de niveau 2*

Les EPS de niveau 2 permettent d'analyser les principales sources et voies de rejets radioactifs dans l'environnement d'un accident caractérisé par un endommagement significatif du combustible, de quantifier leur importance relative et, le cas échéant, de proposer des modifications matérielles ou de conduite permettant de les réduire, voire de les éliminer. L'IRSN considère qu'EDF doit poursuivre le renforcement de la pertinence des EPS de niveau 2 en visant une évaluation la plus exhaustive possible des risques de rejets radioactifs, en fonction des spécificités des sites et des possibilités d'agressions internes et externes. Les propositions d'EDF visant à limiter les conséquences des situations accidentelles évoquées plus haut répondent à cette attente (prise en compte de certaines agressions dans les EPS complétée par une analyse systématique des autres agressions plausibles pour chaque site afin de déterminer les cas pour lesquels une analyse probabiliste est nécessaire).

#### **La tenue des équipements en situations d'accident grave**

L'IRSN considère que tout nouvel équipement nécessaire en situation d'accident avec fusion du cœur qui serait mis en place dans le cadre des prochains réexamens de sûreté doit être qualifié aux conditions susceptibles d'être rencontrées au cours d'une telle situation. Afin que la fonction assignée à ces nouveaux équipements soit assurée en situation d'accident avec fusion du cœur, il convient également de s'assurer du bien-fondé de la simple vérification des systèmes supports aux conditions accidentelles.

#### **L'amélioration des conditions d'exploitation sur le plan des facteurs organisationnels et humains**

Pour ce qui concerne les facteurs organisationnels et humains, EDF a présenté ses premiers éléments de réflexion d'une part sur l'apport des nouvelles technologies à l'amélioration des conditions de surveillance et d'intervention, d'autre part sur des évolutions sur le référentiel d'exploitation et sur l'installation elle-même susceptibles de simplifier l'exploitation.

L'instruction de l'IRSN s'est focalisée sur trois axes :

- la méthode d'expression des besoins et son résultat (des solutions à mettre en œuvre pour satisfaire les besoins) ;
- le contenu programmatique : la cohérence des thèmes retenus et des motivations sous-jacentes avec les besoins identifiés, le planning, les compétences mobilisées, le processus décisionnel qui conduit les orientations, la gestion de la cohérence entre les projets (éviter les redondances et les incompatibilités) ;
- la complétude du programme de travail : examen des éléments qui n'auraient pas été mentionnés par EDF et qui, pour l'IRSN, paraissent incontournables.

L'analyse effectuée par l'IRSN selon ces trois axes conclut sur l'intérêt des travaux engagés et des réflexions initiales menées par EDF.

Cependant, s'agissant de la pertinence du programme envisagé par EDF, l'IRSN estime que certains points restent à consolider :

- la démarche de diagnostic orientant l'expression des besoins des acteurs opérationnels ;
- la maîtrise des facteurs historiques de complexification de l'exploitation ;
- la prise en compte du retour d'expérience en amont de l'élaboration du programme de travail finalisé ;
- la place de la radioprotection des travailleurs et la caractérisation des changements culturels comme thèmes à intégrer dans le programme de travail finalisé.

EDF a proposé des actions répondant à l'ensemble de ses points.

Pour l'IRSN, la réflexion sur ces sujets dans le cadre du projet d'extension de la DDF des réacteurs doit s'appuyer sur une vision de l'exploitation future permettant la projection du rôle des hommes et des organisations à dix ans et au-delà. Cette projection doit, dans un premier temps, s'affranchir des contraintes induites par la mise en œuvre d'un calendrier industriel de déploiement.

### **Le suivi renforcé des matériels liés à la source froide du réacteur**

Le programme de travail d'EDF pour le projet d'extension de la DDF renvoie vers les actions en cours de définition consécutives à la revue technique de la source froide tenue en janvier 2011 et engagée suite aux événements de colmatage de la source froide survenus à Cruas et Fessenheim en 2009. Cette revue technique, qui a porté sur la robustesse de l'exploitation et de la conception de la source froide de chaque site vis-à-vis des agresseurs ayant un impact sur la qualité de l'eau, a donné lieu à des propositions d'actions de la part d'EDF, dont certaines nécessitent encore d'être consolidées.

L'IRSN reconnaît que les objectifs affichés par EDF ainsi que les actions validées à l'issue de la revue technique vont dans le sens de l'amélioration de la sûreté. A cet égard, à la demande de l'IRSN, EDF mettra à jour le référentiel de sûreté des systèmes de la station de pompage, notamment en ce qui concerne le classement de sûreté et les exigences associées des matériels constitutifs de la station de pompage.

L'IRSN note par ailleurs que les dispositions proposées dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté post-Fukushima permettront de renforcer la gestion d'une perte durable de la source froide.

### **L'utilisation de la méthode « Coût / Bénéfice Sûreté »**

EDF a présenté les principes de la méthode « Coût/Bénéfice Sûreté » qu'il a mise au point comme outil d'aide à la décision dans le cadre du projet d'extension de la DDF des réacteurs du parc en exploitation.

Dans le principe et au stade des orientations, l'IRSN n'a pas d'objection à l'utilisation de cette méthode dans le cadre du projet d'extension de la DDF. Il rappelle en particulier que l'application de cette méthode doit être accompagnée du développement des EPS sur les agressions et qu'il est de plus

attendu qu'EDF complète sa méthode en prenant en compte le retour d'expérience de son utilisation lors du réexamen de sûreté associé aux 3èmes décennales des réacteurs de 1300 MWe.

### **L'entreposage du combustible en piscine de désactivation**

Dans la perspective d'une extension de la DDF des réacteurs du parc en exploitation à 60 ans, EDF a engagé une réflexion sur les évolutions des exigences de sûreté à appliquer aux piscines de désactivation (piscines BK).

La réévaluation la plus récente de la sûreté de l'entreposage sous eau du combustible des réacteurs du parc EDF a été réalisée dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté suite à l'accident nucléaire survenu le 11 mars 2011 sur la centrale de Fukushima Daiichi (Japon). Cette réévaluation a été menée en tenant compte des études et conclusions des réexamens de sûreté. Les principales voies d'amélioration identifiées à ce jour par EDF concernent l'amélioration de la robustesse des moyens d'appoints à la piscine BK et l'amélioration de la gestion des situations accidentelles. A ce stade de l'analyse, l'IRSN juge que les modifications envisagées par EDF sont suffisantes pour permettre l'évacuation de la puissance résiduelle du combustible suite à des événements provoquant une perte totale du refroidissement sur une période prolongée.

En revanche, vis-à-vis des dispositions de protection contre des événements initiateurs de brèche sur une piscine ou sur un circuit connecté, l'IRSN estime que le projet d'extension de la DDF des réacteurs du parc en exploitation devra traiter les risques de vidange des piscines de désactivation et notamment évaluer les dispositions mises en place pour que le risque de vidange totale puisse être exclu. L'augmentation de la DDF des réacteurs nécessitera inévitablement d'augmenter les capacités d'entreposage du combustible usé avant traitement ou stockage définitif. Dans cette optique, EDF prévoit, dans un premier temps, d'augmenter la densité d'occupation de ses piscines.

A cet égard, l'IRSN signale que, suite au dernier examen de la cohérence du cycle du combustible français et à l'accident nucléaire de la centrale de Fukushima Daiichi, EDF a prévu de présenter un dossier justifiant sa stratégie en matière de gestion et entreposage du combustible usé.

## **MAITRISE DES EFFETS DU VIEILLISSEMENT ET DE L'OBSOLESCENCE DES COMPOSANTS**

### **Démarche de maîtrise du vieillissement**

La démarche de maîtrise du vieillissement des composants des réacteurs a été déjà examinée par le Groupe permanent en 2006 et elle est appliquée notamment lors des troisièmes visites décennales des tranches 900 MWe. Dans la perspective des quatrièmes visites décennales (VD4) du palier 900 MWe dont les premières sont programmées en 2019 et dans un objectif d'une durée de fonctionnement de 60 ans, cette démarche sera reconduite et nécessitera la révision des Dossiers de référence réglementaires (DRR), des dossiers génériques, des dossiers d'aptitude à la poursuite de l'exploitation (DAPE) des composants et des tranches, en tenant compte des évolutions du référentiel qui s'appliqueront à l'issue des quatrièmes visites décennales des réacteurs.

L'IRSN estime que les actions envisagées à ce jour par EDF sont de nature à compléter le processus de maîtrise du vieillissement. Toutefois, l'IRSN souhaite disposer des DAPE des composants et du DAPE de la tranche de Tricastin 1 au référentiel VD4 dans un objectif d'une durée de fonctionnement de 60 ans en amont de la première VD4 programmée en 2019 pour avoir une vision complète en vue de la prise de décision sur la poursuite de l'exploitation au-delà de la VD4. EDF s'est engagée à transmettre une note d'analyse des écarts entre les référentiels VD3 et VD4, 12 mois avant la VD4 de la tranche de Tricastin 1, en même temps que son DAPE de tranche. Cette démarche est jugée satisfaisante dans son principe.

## **Evolutions méthodologiques**

EDF indique n'avoir pas identifié à ce jour de besoin d'évolution notable en ce qui concerne les données, les pratiques d'ingénierie et les méthodes d'analyse pour l'ensemble des équipements importants pour la sûreté des centrales, hormis pour les enceintes de confinement à double paroi et les composants des circuits primaires et secondaires principaux soumis à des exigences réglementaires.

L'IRSN a examiné les évolutions méthodologiques envisagées par EDF pour la justification de la tenue mécanique des cuves à 60 ans. A cet égard, l'IRSN estime que :

- la méthode dite « de l'arrêt de fissure » n'est a priori pas acceptable et ne pourra à la rigueur qu'apporter des éléments de robustesse supplémentaires vis-à-vis de la démonstration requise par la prévention de l'amorçage,
- l'effet de préchargement à chaud (WPS) ne pourra être valorisé que si la démonstration est suffisamment probante et s'il fait l'objet d'une codification robuste,
- la correction de longueur, qui a déjà fait l'objet d'un avis de la part de l'IRSN et d'un courrier de l'ASN, n'apparaît pas valorisable dans la mesure où des réserves ont été identifiées,
- les méthodes probabilistes ne peuvent constituer que des outils complémentaires pour l'appréciation des marges et des paramètres importants, la démarche déterministe devant rester la référence.

En conséquence, l'IRSN recommande qu'EDF clarifie son positionnement à l'égard de l'utilisation des évolutions méthodologiques à retenir dans ce cadre.

EDF envisage par ailleurs de faire évoluer, à l'horizon 2013-2014, les règles d'analyse à la fatigue des aciers inoxydables avec la prise en compte des effets de l'environnement qui seront intégrées en tant que de besoin dans la révision des DRR. Le programme d'actions proposé par EDF intégrera notamment :

- un programme d'acquisition de connaissances (2011-2013), permettant de confirmer, voire de modifier si nécessaire les règles proposées, tout en recherchant la meilleure cohérence possible avec les autres codes (ASME, KTA, JSME),
- une proposition d'évolution sur la base des connaissances actuelles, nationales et internationales.

L'IRSN juge satisfaisant ce programme d'actions.

EDF a en outre présenté un programme d'acquisition de données complémentaires visant à consolider l'ensemble des données relatives aux caractéristiques des matériaux métalliques des circuits primaires et secondaires principaux à 60 ans, tels que les aciers de cuve et du pressuriseur, les aciers inoxydables et les matériaux à base de nickel. EDF a par ailleurs fourni un éclairage sur l'avancement des programmes engagés sur les matériaux non métalliques. L'IRSN juge globalement satisfaisant le contenu de ces programmes.

Pour les enceintes de confinement des paliers 1300 et 1450 MWe, EDF a exprimé le besoin de faire évoluer le référentiel réglementaire portant sur le taux de fuite maximal de l'enceinte interne. Pour un nombre limité d'enceintes qualifiées de « sensibles », les essais globaux d'étanchéité des enceintes internes ont mis en évidence des taux de fuite élevés, parfois supérieurs au critère d'épreuve fixé dans les règles générales d'exploitation (RGE). Toutefois, la mise en œuvre d'un revêtement à l'intrados de ces enceintes a permis d'améliorer leur étanchéité.

EDF propose une nouvelle démarche globale pour la fonction de sûreté « confinement » des réacteurs des paliers 1300 et 1450 MWe, visant à porter le critère de taux de fuite actuel de l'enceinte interne, fixée dans le décret d'autorisation de création, de 1,5 %/jour de la masse des gaz contenus dans l'enceinte aux conditions de l'APRP, à 3 %/jour, tout en améliorant notamment les dispositifs de collecte des fuites en situation accidentelle.

L'IRSN estime que la mise en œuvre de cette nouvelle démarche n'est pas satisfaisante pour les raisons suivantes :

- La nouvelle démarche consiste à définir la fonction « confinement » uniquement sur la base d'évaluations de conséquences radiologiques, alors que celles-ci ne peuvent pas constituer un critère de dimensionnement de l'enceinte.
- Aucune non-conformité potentielle d'une enceinte lors d'une épreuve d'étanchéité ne saurait justifier a priori une modification du référentiel.
- L'origine et l'évolution des problèmes d'étanchéité des enceintes « sensibles » ne présentent pas un caractère générique sur les paliers 1300 MWe et N4.
- Le concept d'enceinte à double paroi repose essentiellement sur la fonction de confinement statique assurée par l'enceinte interne, garantie par la maîtrise de son étanchéité.
- Le confinement dynamique exercé par le système de reprise des fuites de l'enceinte interne complète le confinement statique assuré par l'enceinte interne, mais ne peut s'y substituer. Il en est de même pour les systèmes actifs complémentaires proposés par EDF.

L'IRSN estime en conséquence que la proposition d'EDF consistant à augmenter la limite réglementaire de taux de fuite maximal admissible de l'enceinte interne sur la base d'évaluations de conséquences radiologiques n'est pas acceptable dans son principe et recommande le maintien du critère de taux de fuite actuel.

Au-delà des besoins d'évolution des méthodes utilisées pour la justification de sûreté des composants et structures au-delà de 40 ans, l'IRSN estime que les informations présentées à ce jour par EDF ne permettent pas d'identifier clairement les éléments des programmes de recherche et de développement (R&D) qui pourraient être valorisés dans la démarche de justification de la tenue des composants à 60 ans. A cet égard, l'IRSN estime que les liens entre les actions nécessaires au maintien

de la démonstration de sûreté et les programmes de R&D réalisés ou en cours doivent être mieux explicités, afin que la recherche joue pleinement son rôle dans l'amélioration des connaissances nécessaires à l'évaluation de la sûreté des installations.

### **Critères d'aptitude à la poursuite de l'exploitation**

EDF a présenté un certain nombre de critères d'aptitude à la poursuite de l'exploitation pour chacun des composants ou structures faisant l'objet d'un DAPE. L'IRSN estime que ceux-ci ne permettent pas de caractériser complètement les dommages redoutés dans la perspective de la prolongation de la durée d'exploitation au-delà de 40 ans.

EDF devra en conséquence poursuivre et compléter sa réflexion sur les critères d'aptitude à la poursuite de l'exploitation afin qu'ils encadrent l'ensemble des paramètres contribuant à l'endommagement des composants et structures concernés, et identifier les éléments issus des programmes de Recherche et développement qui participeront à l'établissement de ces critères.

### **Suivi renforcé de certains matériels**

Pour un certain nombre d'équipements, l'IRSN a réalisé un examen des orientations proposées par EDF. Pour justifier la tenue aux conditions accidentelles des câbles qualifiés à cet effet, EDF envisage de prélever des tronçons de câbles sur site et d'apprécier l'évolution des réserves en antioxydant et des propriétés mécaniques du matériau. L'IRSN considère que les caractérisations physico-chimiques des polymères et les mesures électriques réalisées devraient permettre de mieux caractériser l'état de dégradation de ces liaisons et leur aptitude à la tenue en conditions accidentelles. Il juge donc satisfaisants les orientations et engagements pris par EDF.

Un certain nombre de zones du circuit primaire principal (CPP) sont réalisées en inconel 600 et font l'objet d'une surveillance par EDF depuis plus de 20 ans. A cet égard, l'IRSN estime que l'intégrité à 60 ans des pénétrations de fond de cuve en inconel 600 n'est pas garantie. En conséquence, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF réévalue les paramètres physiques qui pilotent la corrosion sous contrainte de l'inconel 600 à la lumière du retour d'expérience, prévoie dès que possible des contrôles systématiques des pénétrations de fond de cuve et accélère le développement de moyens de réparation pérenne pour s'affranchir de tout risque de fuite primaire en fond de cuve.

En ce qui concerne le suivi des tuyauteries enterrées et la maîtrise de leur vieillissement, EDF a engagé un programme de travail sur la base d'analyses de risques portant notamment sur les enjeux de sûreté, l'atteinte à l'environnement et à la disponibilité, dans l'optique de la définition d'un programme d'inspection, et de la définition d'un programme de remise en état.

L'IRSN constate que ces programmes n'en sont qu'à leur début et estime que ceux-ci devront prendre en considération la robustesse des analyses de risques, la suffisance du programme de contrôles pour le diagnostic et le pronostic de l'intégrité des tuyauteries, l'établissement de critères décisionnels pour la réalisation de réparation ou de remplacement. EDF s'est engagée à compléter son programme sur l'ensemble des points identifiés par l'IRSN, ce qui est jugé satisfaisant.

Enfin, EDF transmettra les notes de synthèse propres à chaque équipement important pour la sûreté (IPS) de la source froide ainsi qu'une note de synthèse globale évaluant la tenue à 60 ans de l'ensemble des équipements et ouvrages IPS à l'échéance de décembre 2013, en tenant compte des évolutions de référentiel de sûreté des systèmes de la station de pompage de chaque site, ce qui est jugé satisfaisant par l'IRSN.

L'IRSN note avec satisfaction la formalisation d'une doctrine de maintenance des composants participant à la robustesse de la source froide.

## **Traitement de l'obsolescence**

EDF a également abordé le traitement de l'obsolescence des composants, en particulier, les matériels électriques et électroniques dans le cadre d'instances internes dédiées - les observatoires du vieillissement du contrôle-commande et des matériels électriques. Les principales orientations envisagées portent sur la rénovation du contrôle-commande du parc en tirant les enseignements de la conception d'EPR, la pérennisation de certains fournisseurs, le dimensionnement des stocks de pièces de rechange pour les équipements actifs, la constitution d'un stock stratégique pour certains composants, ainsi que la fiabilisation des sources électriques. L'IRSN examinera les projets de rénovation des systèmes de contrôle-commande et des systèmes électriques d'ici les prochaines visites décennales, en regard de ces orientations et des modifications prévues au titre des ECS. L'IRSN attire l'attention sur la nécessité de vérifier périodiquement la suffisance du dimensionnement des stocks de composants ayant un requis de qualification et dont l'approvisionnement doit être pérennisé.

## **Maintenance exceptionnelle**

EDF a présenté les différentes étapes du processus de maintenance exceptionnelle (réparation, rénovation et remplacement), la déclinaison de la stratégie de la maintenance exceptionnelle aux composants principaux ainsi que le retour d'expérience des opérations réalisées à l'étranger.

L'IRSN considère que l'existence d'un processus d'élaboration et de mise en œuvre de stratégies de maintenance exceptionnelle est satisfaisante mais que son caractère suffisant n'est pas démontré à ce jour.

Pour un parc structuré par paliers, l'IRSN considère que l'analyse de risque doit prendre en considération les besoins de maintenance exceptionnelle et comporter des scénarii pessimistes. L'absence d'anticipation ou l'insuffisance des capacités industrielles pourrait contraindre EDF à proposer des situations prolongées d'exploitation dégradée du parc.

Par conséquent, l'IRSN insiste sur l'importance de disposer des éléments issus de l'application de ce processus de maintenance exceptionnelle des composants stratégiques de manière anticipée afin de permettre un positionnement serein dans la perspective de la prolongation de la durée d'exploitation des tranches au-delà de 40 ans.

## **Examens non destructifs**

EDF a présenté ses besoins en termes d'évolutions et d'actions à engager dans le domaine des Examens Non Destructifs (END). Les recherches correspondantes portent principalement sur le développement de nouveaux moyens d'END susceptibles d'être utilisés sur les composants nucléaires des REP pour rechercher ou suivre des dégradations dues au vieillissement ou sur le développement de moyens de simulations.

L'IRSN a noté les difficultés rencontrées pour maintenir les compétences du personnel dans le domaine des contrôles, ainsi que celles liées à la disparition attendue des films argentiques utilisés en radiographie. L'exploitant a par ailleurs apporté des réponses satisfaisantes aux interrogations de l'IRSN sur l'exhaustivité du programme de recherche en matière d'END pour les composants susceptibles d'être concernés par le vieillissement pour l'ensemble de l'installation, au-delà du programme en cours sur les composants métalliques du CPP et du CSP.

## **Maintien de la qualification des matériels**

L'IRSN s'est également intéressé à la qualification en conditions accidentelles des matériels, en particulier, à la mise en œuvre de la démarche de qualification progressive proposée par EDF dans le cadre d'une extension de 40 à 60 ans de leur exploitation. Cette démarche comprend six méthodes allant de la simple vérification des conservatismes initiaux jusqu'au remplacement des matériels en passant par des prélèvements de matériels à soumettre à de nouveaux essais de qualification. Dans ce cadre, l'IRSN a examiné notamment la mise en œuvre de la démarche sur les matériels électriques et mécaniques actifs et la suffisance du plan d'actions proposé.

Cet examen a rappelé la nécessité, pour garantir la pérennité de la qualification, de procéder à :

- des prélèvements ciblés d'équipements,
- des expertises sur ces équipements permettant de juger de leur aptitude à résister aux conditions d'ambiance et accidentelles dans lesquelles leur fonctionnement est requis (transitoire thermo-hydraulique, séisme, condition thermo-hydraulique, radiative ou vibratoires particulières).

Pour l'IRSN, la définition de critères d'aptitude de poursuite d'exploitation est un élément essentiel pour établir une stratégie d'extension de la qualification des matériels visant à garantir ainsi la pérennité de la qualification des matériels aux conditions accidentelles dans le cadre de la durée de fonctionnement. A cet égard, il estime satisfaisante, dans son principe, la démarche de qualification progressive par famille d'équipements envisagée, fondée notamment sur les résultats d'essais sur prélèvements ou d'expertises ciblées d'équipements.



## **Maîtrise des conditions d'exploitation**

L'IRSN a examiné les moyens de limiter en exploitation les sollicitations (thermiques, mécaniques,...) auxquelles sont soumis les équipements importants des réacteurs, en particulier l'impact du suivi de charge dans la perspective d'une durée d'exploitation de 60 ans. EDF considère à cet égard que les dispositions actuellement mises en œuvre sur le parc ne nécessiteront pas d'avoir recours à un mode de fonctionnement moins sollicitant.

Néanmoins EDF s'est engagée à élaborer un plan d'actions en cas d'écart aux prévisions de consommation de situations, et à présenter l'état des principales pistes de réflexion visant à limiter les sollicitations d'exploitation.

De plus, l'IRSN souligne que l'allongement de la durée d'exploitation des tranches de 40 à 60 ans s'accompagnera d'une majoration du cumul des sollicitations qui aura pour conséquence d'amoinrir les performances des composants ou systèmes importants pour la sûreté avec un impact potentiel sur la sûreté du réacteur, et pourrait conduire à l'apparition de dégradations (fissurations par exemple). Ce type de dégradation ayant déjà été rencontré par le passé dans des zones qui n'étaient pas identifiées a priori comme sensibles, l'IRSN estime que le programme de surveillance actuel devra donc être renforcé tant sur les zones des matériels importants pour la sûreté qui sont déjà surveillées que sur celles qui ne le sont pas, en particulier sur des zones singulières potentiellement plus sensibles à l'apparition d'endommagements.

## **Modifications significatives des installations**

Au titre des modifications significatives envisagées sur le parc des réacteurs en exploitation, EDF a évoqué la possibilité d'augmenter la puissance électrique délivrée par les réacteurs du palier 1300 MWe.

L'IRSN a identifié les éléments relatifs au vieillissement des composants qu'il juge nécessaire d'être analysés au cas où l'augmentation de puissance serait une option retenue par EDF avant la mise à l'arrêt définitive des réacteurs du palier 1300 MWe.

