

## **Synthèse du rapport de l'IRSN sur le Retour d'expérience des réacteurs (REX) d'EDF en exploitation et des réacteurs étrangers sur la période 2009-2011**

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a souhaité recueillir l'avis du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) sur le Retour d'expérience des réacteurs (REX) d'Electricité de France (EDF) en exploitation et des réacteurs étrangers sur la période 2009-2011. L'évaluation menée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) s'est appuyée sur les dossiers transmis par EDF, sur les informations collectées lors des visites sur site, ainsi que sur le REX capitalisé par l'Institut.

### **L'évaluation de la sûreté du parc électronucléaire français**

L'IRSN a mené une analyse statistique, sur la base des évènements significatifs déclarés par EDF pour la période 2009-2011. Elle met en évidence des tendances dans l'évolution de la sûreté du parc électronucléaire français. Il convient de préciser qu'il s'agit de tendances globales et qu'il existe des disparités, parfois importantes, entre les performances des différentes centrales nucléaires.

#### **Une rigueur d'exploitation parfois défailante**

L'IRSN observe un accroissement du nombre d'évènements révélateurs d'un manque de rigueur d'exploitation au travers de non-respects des Spécifications techniques d'exploitation ou de non-qualités lors des interventions de maintenance. Cette dégradation peut se manifester par des cascades d'évènements significatifs sur de courtes périodes, appelées « rafales d'évènements », qui surviennent principalement lors des arrêts de réacteurs pour renouvellement du combustible.

#### **Des défauts d'organisation mal appréhendés**

L'organisation constitue une ligne de défense importante qui est souvent identifiée par l'IRSN comme défailante au travers de l'analyse des évènements significatifs. Ce point est rarement mis en avant par EDF dans l'analyse et le partage de son REX, ce qui se traduit par peu d'actions correctives dans ce domaine.

La plupart des constats établis par l'IRSN sont partagés par EDF. À ce titre, EDF a lancé, depuis plusieurs années, des plans nationaux qui visent à infléchir ces tendances. De plus, à l'échelle locale, des diagnostics sont également établis par les exploitants de chaque centrale, les services centraux apportant alors leur appui pour élaborer des plans d'actions dont la portée peut devenir nationale. Enfin, EDF a la volonté d'exploiter avec une plus grande efficacité le REX, en recherchant à améliorer la pertinence et l'exhaustivité des actions correctives engagées sur le terrain.

## **L'efficacité de la boucle de retour d'expérience**

L'IRSN a vérifié la prise en compte par EDF des enseignements tirés des événements jugés « précurseurs » en raison de l'accroissement du risque de fusion du cœur qu'ils ont généré.

L'IRSN a également vérifié que le retour d'expérience des événements internationaux survenus sur la période 2009-2011 a été pris en compte de manière appropriée par EDF. De plus, l'IRSN a analysé les aspects transverses qui peuvent ressortir du REX des installations nucléaires, autres que les REP en exploitation.

Il ressort que pour chacun des événements « précurseurs » les actions correctives adéquates ont d'ores et déjà été engagées, même si la résorption complète des écarts dont l'ampleur est la plus importante demeure à finaliser. Par ailleurs, le traitement des événements internationaux par EDF apparaît satisfaisant dans son ensemble puisqu'à ce jour les enjeux de sûreté associés ont conduit EDF, soit à une analyse, soit à des actions concrètes sur les installations potentiellement concernées. Enfin, l'IRSN note que pour la plupart des événements transverses, les points de sûreté soulevés ont été examinés par EDF et les actions nécessaires engagées sur les réacteurs concernés.

## **L'état de la radioprotection**

L'IRSN a analysé d'une part le bilan des doses individuelles et collectives reçues par les travailleurs (notamment les variations des doses observées en fonction des arrêts de réacteurs), d'autre part les événements significatifs déclarés par EDF. L'analyse de ces derniers a porté plus particulièrement sur les non-respects de zonage radiologique, les événements survenus lors de travaux en fond de piscine du bâtiment du réacteur, lors des activités de gestion et d'évacuation des déchets au cours des arrêts des réacteurs, ainsi que ceux ayant conduit à une contamination corporelle.

### **Les doses individuelles**

Sur la période 2009-2011, aucun travailleur n'a fait l'objet d'un dépassement de la limite réglementaire de la dose efficace au corps entier de 20 mSv sur 12 mois glissants, fixée par le code du travail. Toutefois, deux événements survenus sur le site de Chinon le 23 Avril 2010 et le 4 août 2010 ont conduit respectivement au dépassement de la dose limite réglementaire aux extrémités et du quart de cette dose. Les actions et recommandations engagées par EDF pour éviter le renouvellement de tels événements sont jugées satisfaisantes par l'IRSN.

### **La dose collective**

La dose collective opérationnelle est de l'ordre de 0,7 H.Sv/tranche pour le parc en exploitation, la valeur la plus faible du parc ayant été observée en 2010 avec 0,62 H.Sv/tranche. La dose collective reçue au cours des arrêts de réacteur se maintient autour de 80 à 85 % de la dose collective annuelle. D'une manière générale, l'analyse des résultats fait ressortir la nécessité de redynamiser la démarche ALARA (As low as reasonably achievable) sur plusieurs sites. Dans cette optique, EDF a initié des actions en termes d'organisation et de matériels, afin de diminuer l'impact de l'augmentation du volume des activités de maintenance sur la dose collective.

### L'optimisation du nettoyage des générateurs de vapeur

L'IRSN relève plusieurs écarts entre les doses prévisionnelles et les doses reçues au cours des opérations de lancement<sup>1</sup> des générateurs de vapeur, du fait qu'une proportion importante de ces opérations est réalisée sans remplir d'eau le faisceau tubulaire. EDF s'est engagé à définir les dispositions permettant d'optimiser cette activité lorsqu'elle est effectuée sans mise en eau des tubes des générateurs de vapeur, afin de garantir une exposition des intervenants aussi faible que raisonnablement possible.

### Les événements significatifs

Le nombre total d'Événements significatifs pour la radioprotection (ESR) reste stable sur la période 2009-2011 (de l'ordre de 100/an). Les écarts relatifs aux conditions techniques d'accès en zone contrôlée demeurent la catégorie prépondérante. L'IRSN a examiné le plan d'actions mis en œuvre à cet égard par EDF, qu'il a jugé satisfaisant. La gestion et l'évacuation des déchets au cours des arrêts de réacteur et les interventions en fond de piscine du bâtiment du réacteur ont été caractérisés, en 2011, par des défauts d'analyse qui sont à l'origine d'environ 40 % de l'ensemble des ESR. Le nombre des événements liés aux activités en fond de piscine et les enjeux dosimétriques associés ont conduit EDF à mettre en place un plan d'actions, qui a été examiné par l'IRSN et jugé positif. En complément, pour améliorer la gestion et l'évacuation des déchets, et réduire le nombre d'événements associé, EDF s'est engagé à réaliser une analyse spécifique des écarts relatifs à cette thématique dans son bilan annuel de radioprotection.

### **L'impact sur l'environnement**

En 2009, au cours de la réunion du GPR consacré aux effluents et aux rejets, EDF a pris un grand nombre d'engagements relatifs à la réduction à la source de la production d'effluents à rejeter, à l'amélioration de leur gestion, de leur maîtrise et de leur surveillance au sein des installations.

Dans le cadre du présent rapport, l'IRSN analyse d'une part l'état d'intégration de ces engagements sur les sites et leurs impacts sur les niveaux de rejets, d'autre part les événements significatifs pour l'environnement déclarés par EDF sur la période 2009-2011.

### Une démarche d'action volontariste, dont l'efficacité est perfectible

Il ressort de cette analyse, qu'un grand nombre d'actions ont été menées par EDF depuis 2009 (bonnes pratiques d'exploitation, modifications, renforcement de la surveillance des effluents) en vue de limiter les niveaux de rejets des centrales. À la suite d'une demande de l'IRSN, EDF s'est engagé à mettre à jour la note qui décrit l'intégration des bonnes pratiques sur les centrales et formule certaines recommandations. Néanmoins, l'IRSN a constaté que ces actions n'ont pas permis d'éviter la persistance d'événements de fuites primaires sur les installations, de marquage des eaux

---

<sup>1</sup> Nettoyage avec un jet d'eau à haute pression de la partie secondaire des générateurs de vapeur.

souterraines et de déversements incidentels. Sur chacun de ces aspects, EDF a pris de nouveaux engagements.

### **Un sujet d'attention : l'injection de zinc**

EDF injecte du zinc dans les circuits primaires des réacteurs nucléaires afin d'une part de diminuer le relâchement des produits de corrosion activés (ce qui est favorable à l'égard de la radioprotection), d'autre part de ralentir la cinétique d'amorçage de fissures de corrosion sous contrainte dans les alliages à base de nickel.

L'IRSN considère qu'EDF doit analyser l'impact de cette pratique sur l'environnement (nature et quantité des déchets) et sur la sûreté (risque de dépôts d'oxydes de zinc sur le combustible), pour les 15 réacteurs l'ayant mise en œuvre, avant tout déploiement ultérieur sur le parc. À cet effet, EDF s'est engagé à ne pas poursuivre le déploiement de l'injection de zinc avant d'avoir analysé le retour d'expérience des réacteurs ayant mis en œuvre cette pratique.

### **La maîtrise des installations en fonctionnement normal**

La maîtrise de l'installation en fonctionnement normal repose sur la capacité des opérateurs à maintenir les valeurs des principaux paramètres physiques caractéristiques de l'état de l'installation dans les limites de fonctionnement autorisées par les Règles générales d'exploitation (RGE). Or, le retour d'expérience fait apparaître des fragilités qui concernent pour l'essentiel la surveillance globale en continu de l'installation, la sérénité en salle de commande, la transmission des compétences entre les générations et l'accès au REX en temps réel par les intervenants.

### **La surveillance de l'installation, une action nécessaire mais complexe**

En dépit des dispositions organisationnelles prises par EDF dans la Pratique performante n°62 (relevé manuscrit de paramètres clés de l'installation toutes les cinq minutes par un des acteurs en salle de commande, gréement d'une personne supplémentaire selon la charge de travail de l'équipe de conduite), l'évaluation de l'IRSN a mis en évidence un certain nombre de fragilités. Tout d'abord, l'IRSN souligne que l'engagement attentionnel requis par la surveillance globale en continu de la salle de commande est parfois difficilement compatible avec la gestion de l'ensemble des activités du quart par les opérateurs. Cette surveillance globale se heurte également à la difficulté de créer une personne dédiée à la surveillance en temps réel, dans un contexte de pénurie de ressources humaines.

### **Une sérénité à retrouver en salle de commande**

L'IRSN a constaté sur site que les opérateurs rencontrent toujours des difficultés pour obtenir la sérénité nécessaire à la réalisation des activités de conduite et ce, malgré les actions engagées par EDF sur cette thématique depuis plusieurs années. EDF s'est engagé à examiner ces deux aspects dans le cadre d'un groupe de travail et à transmettre les résultats au deuxième trimestre 2015.

### **Accompagner le renouvellement des générations**

Pour l'IRSN, la conduite sûre de l'installation repose sur la richesse des compétences et des connaissances mobilisables par le collectif de conduite pour élaborer une représentation suffisamment fiable et précise de l'installation. Or, l'arrivée massive de nouvelles générations conjuguée au départ des plus expérimentés rend difficile l'optimisation du ratio entre jeunes et expérimentés et donc le maintien d'une compétence collective ad hoc. Les dispositions présentées par EDF, centrées essentiellement sur la formation au détriment de la transmission des compétences, n'ont pas été jugées suffisantes par l'IRSN. C'est pourquoi l'IRSN recommande qu'EDF renforce d'une part l'accompagnement des nouveaux arrivants de la conduite en quart par des personnes expérimentées, d'autre part la reconnaissance de ces missions d'accompagnement.

### **Faciliter l'accès des équipes au retour d'expérience**

L'IRSN note que l'accès des différents intervenants au retour d'expérience n'est pas optimal pour les métiers de la conduite, notamment dans des situations où ceux-ci se trouvent confrontés en temps réel à une situation imprévue. Plus globalement, l'IRSN recommande que la mise à disposition du REX aux intervenants soit améliorée, notamment en clarifiant les missions des acteurs qui en ont la responsabilité et en valorisant les bonnes pratiques développées localement par les sites.

## **La fiabilité des sources électriques**

Les systèmes d'alimentations électriques d'un réacteur doivent assurer la distribution de puissance et l'alimentation du contrôle-commande des équipements importants pour la sûreté. L'IRSN a examiné les sources électriques de puissance tels que les transformateurs électriques de puissance, les tableaux et disjoncteurs 6,6 kV, les groupes électrogènes de secours à moteur diesel dits « diesels de secours », les turbines à combustion et les sources électriques de contrôle-commande tels que les tableaux continus et les batteries.

### **Des défauts d'isolement à surveiller**

De nombreux enseignements ont pu être tirés, conduisant à des engagements d'EDF, jugés globalement acceptables par l'IRSN, portant notamment sur une réévaluation de la répartition sur les systèmes IPS et non IPS des défauts d'isolement du tableau LCA de la plupart des réacteurs de 900 MWe (CP1/CP2).

### **Des groupes électrogènes de secours défiabilisés**

Sur les tranches du parc en exploitation, les diesels de secours ont été confrontés sur la période 2009-2011 à des écarts génériques dont les principaux ont été observés sur le palier 900 MWe :

- une usure prématurée des coussinets de tête de bielle ayant entraîné la destruction de plusieurs moteurs lors d'essais. À ce titre, EDF s'est engagé à procéder à la qualification d'un moteur diesel équipé de nouveaux coussinets pour fin 2014, ce qui est jugé positif par l'IRSN ;

- une fissuration des culasses située entre les deux sièges des soupapes d'échappement et se prolongeant au niveau des cloisons internes, entre les circuits de lubrification et de refroidissement. Ces fissurations sont susceptibles de conduire à l'indisponibilité du diesel, par entraînement de liquide de refroidissement, soit dans l'huile de graissage du moteur diesel, soit dans la chambre à combustion. Plus de 32 culasses ont été remplacées depuis 2009. Par conséquent, l'IRSN recommande qu'EDF justifie, au travers d'une analyse de la cinétique de propagation des fissures et des enseignements du retour d'expérience récent, et –le cas échéant– complète les actions de surveillance qu'il a mises en place sur les culasses (fréquence des contrôles, critère d'acceptabilité des fissurations des culasses avant rebut).

## **La protection des sources froides contre les agressions externes**

Sur la période 2009-2011, en France comme à l'étranger, le retour d'expérience montre la persistance d'évènements conduisant à une dégradation du refroidissement des systèmes importants pour la sûreté (IPS) en raison de la survenue de phénomènes naturels touchant la source froide. En particulier, une arrivée massive de végétaux en décembre 2009 a conduit à la perte totale de la source froide sur le réacteur n°4 de la centrale nucléaire de Cruas. À la suite de ces évènements, EDF a proposé de nombreuses évolutions, qui vont dans le sens d'une amélioration de la surveillance des sources froides et de leur protection vis-à-vis des agressions externes. L'analyse menée sur ce thème par l'IRSN a toutefois mis en évidence un besoin de compléments.

### **Bien identifier les agressions et leurs cumuls plausibles**

Même si EDF a élargi la liste des agressions et des cumuls d'agressions pouvant impacter la source froide, l'IRSN considère que cette liste n'est pas exhaustive. EDF s'est engagé à approfondir son analyse, au plus tard pour fin 2014.

### **Une démonstration de sûreté qui s'éparpille**

L'IRSN considère que la complexité du corpus documentaire proposé par EDF ne permet pas de garantir l'exhaustivité et l'adéquation des exigences de sûreté à appliquer aux matériels et ouvrages de la station de pompage qui doivent garantir les fonctions « transit » et « filtration » de l'eau brute utilisée pour évacuer la puissance du réacteur à l'arrêt. C'est pourquoi, l'IRSN recommande qu'EDF présente et justifie l'ensemble de ces exigences de sûreté, afin d'en garantir une déclinaison adéquate sur les sites, en tenant compte de l'ensemble des agressions et cumuls d'agressions pouvant menacer la station de pompage.

### **Garantir le dégagement des grilles de préfiltration**

De plus, en regard de la perte totale de la source froide du réacteur n°4 de la centrale de Cruas de décembre 2009, EDF n'a pas démontré que les dispositions qu'il estime strictement nécessaires pour faire face à une arrivée massive de colmatants étaient suffisantes pour le maintien des conditions d'alimentation du Système d'eau brute secourue (SEC). Par conséquent, l'IRSN recommande que les

dégrilleurs et la mesure de pertes de charge au niveau des grilles de préfiltration soient « classés » Important pour la sûreté - non classé (IPS-NC) et bénéficient des exigences adéquates.

### **Des documents de conduite en voie de consolidation**

EDF a fait notablement évoluer les documents de conduite en lien avec la source froide. Toutefois, des évènements d'Arrivée massive de colmatants (AMC) pour lesquels les systèmes d'alerte existants se sont révélés partiellement inefficaces, continuent de se produire et justifient qu'EDF approfondisse sa compréhension de ces évènements et améliore les systèmes d'alerte. En outre, EDF s'est engagé à évaluer l'adéquation des procédures de Conduite incidentelle et accidentelle (CIA) actuelles pour faire face à l'agression « AMC » concomitante avec un évènement indépendant demandant l'application de la CIA.

### **Optimiser la fiabilité par la maintenance**

EDF a modifié ses programmes de maintenance dans l'objectif de diminuer le taux de défaillance des matériels de la source froide et d'exercer une surveillance plus adaptée de ces derniers. Néanmoins, l'IRSN a fait le constat que leur suivi était encore perfectible. EDF a présenté l'organisation qu'il met actuellement en place et qui permettra, selon lui, de garantir la pérennité de la fonction « source froide ».

### **Surveiller les fonctions importantes pour la sûreté**

L'IRSN estime que la surveillance en exploitation des fonctions liées à la sûreté assurées par la station de pompage n'est pas suffisante. C'est pourquoi, l'IRSN recommande que les équipements nécessaires à la disponibilité de ces fonctions, ainsi qu'à la prévention et à la détection du colmatage en station de pompage, fassent l'objet de prescriptions dans les spécifications techniques d'exploitation. En outre, après avoir analysé les programmes d'essais périodiques associés aux matériels IPS des stations de pompage, l'IRSN a conclu qu'ils devaient être complétés. Ce point a fait l'objet d'un engagement de la part d'EDF.

### **Écarts de conformité et anomalies d'études**

Ces dernières années, des améliorations significatives ont été apportées par EDF à son processus de traitement des écarts de conformité et des anomalies d'étude. Celles-ci se sont traduites par la rédaction d'une disposition transitoire prescrivant notamment les règles selon lesquelles les écarts de conformité présents sur l'installation sont répertoriés, d'un guide explicitant la méthodologie utilisée pour évaluer les conséquences de leurs effets cumulés et d'une note présentant le cas particulier des anomalies d'étude. Dans le cadre de son évaluation, l'IRSN souligne cependant que des faiblesses demeurent.

### **Élargir la vision**

Tout d'abord, l'IRSN constate que le processus mis en place par EDF ne permet pas encore d'obtenir une vision exhaustive des écarts de conformité présents sur les réacteurs et que l'impact de ces

écarts sur les spécifications techniques d'exploitation n'est pas évalué systématiquement. Concernant les anomalies d'étude, les écarts par rapport à la démonstration de sûreté ne sont pas toujours identifiés et justifiés par EDF. L'IRSN note cependant, qu'EDF prend des engagements sur l'ensemble de ces points.

### **Prendre en compte toutes les conséquences des écarts**

Dans l'analyse de nocivité d'un écart de conformité, EDF ne retient pas la présence potentielle, sur les lignes de défense redondantes, des écarts affectant de façon « diffuse » des matériels de plusieurs systèmes. L'IRSN recommande que cet aspect soit pris en compte dès lors que l'analyse de nocivité conclut à des conséquences acceptables pour la sûreté de l'écart en valorisant les redondances existantes.

### **Un tamisage trop fin**

La méthodologie élaborée par EDF pour l'analyse du cumul des écarts de conformité impose de trier les écarts sur la base de cinq critères, ce qui conduit à exclure un nombre important d'écarts dont l'impact sur la sûreté pourrait être significatif. À cet égard, EDF prend des engagements dont, pour certains, la plus-value devra être confirmée par le retour d'expérience. Malgré tout, des lacunes persistent. Aussi, l'IRSN recommande que l'impact sur la sûreté des écarts soit également étudié par rapport à toutes les conditions de fonctionnement de catégorie 4, aux situations du domaine complémentaire et au séisme majoré de sécurité. Enfin, l'IRSN constate que la méthode utilisée par EDF aboutit à des résultats peu représentatifs de l'état réel de l'installation et ne permet pas d'apprécier le niveau global de sûreté. En conséquence, l'IRSN recommande qu'EDF améliore sa méthode en utilisant les études probabilistes de sûreté en complément à sa démarche déterministe.

### **Connaître les marges : une garantie de confiance dans le respect des critères de sûreté**

Concernant les anomalies d'étude, dans le cas où elles ne remettent pas en cause le respect du critère de sûreté, l'évaluation de l'accroissement du risque consiste en l'évaluation de la diminution des marges. Aussi, l'IRSN estime que la marge actualisée doit être présentée dans tout dossier de demande de modification de l'installation ou de ses règles générales d'exploitation. À défaut, le dossier pourra être jugé irrecevable.

### **Des cumuls d'écarts à évaluer au fil de l'eau**

EDF s'engage à mettre à jour l'analyse de cumul à l'apparition de chaque nouvel écart de conformité générique, une fois celui-ci caractérisé. De même, la démarche de caractérisation des anomalies d'études intègre systématiquement une analyse du cumul potentiel avec les autres anomalies d'études non encore résorbées.