

Fontenay-aux-Roses, le 16/12/2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN N°** 2016-00393

**Objet :** Réacteurs électronucléaires d'EDF

Examen de la méthode de dimensionnement des effectifs déclinée par EDF pour gérer les situations extrêmes - Suite des évaluations complémentaires de sûreté

**Réf. :** [1] Lettre ASN n° CODEP-DCN-2015-015837 du 30 juillet 2015 - Examen de la méthodologie de dimensionnement des effectifs déclinée par EDF pour gérer les situations extrêmes  
[2] Décisions ASN n° 2012-DC 0274 à 0292 du 26 juin 2012 suite aux ECS  
[3] Décisions ASN n° 2014-DC-0394 à 0412 du 21 janvier 2014 suite au GPR sur le noyau dur (ECS-1)

Par la lettre citée en référence [1], l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection de sûreté nucléaire (IRSN) sur l'acceptabilité aux plans de la sûreté et de la radioprotection de la méthodologie de dimensionnement des effectifs déclinée par EDF pour gérer les situations extrêmes.

L'ASN souhaite disposer d'une analyse approfondie des dispositions prises par EDF pour assurer le caractère efficace et robuste de l'organisation et des moyens de crise en cas d'accident affectant tout ou partie des installations d'un même site. Plus particulièrement, l'ASN souhaite recueillir l'avis de l'IRSN sur les points suivants :

- la prise en compte de facteurs aggravants se cumulant lors de la gestion d'une crise en tenant compte des connaissances disponibles sur l'implantation des dispositions matérielles et organisationnelles du noyau dur,
- la faisabilité des interventions humaines prévues, ceci au regard des compétences identifiées par EDF comme nécessaires.

Cette demande s'inscrit dans le traitement des réponses apportées par EDF aux prescriptions techniques de l'ASN [2][3] prises à la suite des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) après l'accident de Fukushima.

Le présent avis expose les conclusions de l'analyse de l'IRSN.

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

**Siège social**  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre B 440 546 018

### Contexte de l'instruction

A la centrale nucléaire de Fukushima Dai-ichi, les équipes de conduite et de crise ont été confrontées à un enchaînement de situations imprévues avec un cumul de facteurs aggravants auxquelles elles ont dû faire face et s'adapter au fil de l'eau sous forte contrainte temporelle. Ce type de situation extrême se caractérise par un haut degré d'incertitude, un bouleversement des organisations, des pertes de repères, des conditions d'interventions dégradées du fait des conséquences matérielles des agressions externes.

Par conséquent, l'ASN a prescrit [1] à EDF de mettre en œuvre un « *noyau dur de dispositions matérielles et organisationnelles robustes, pour les situations extrêmes étudiées dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté (ECS)* ».

En particulier, l'ASN a demandé [1] à EDF de définir les actions humaines requises pour la gestion des situations extrêmes étudiées dans les ECS et de vérifier que ces actions sont effectivement réalisables compte tenu des conditions d'interventions susceptibles d'être rencontrées.

Pour rappel, les situations extrêmes considérées dans les ECS sont la perte totale des sources de refroidissement (situation H1) et des alimentations électriques (situation H3) consécutivement à une agression externe (séisme, inondation,...) d'intensité supérieure aux hypothèses de dimensionnement initial des installations (réacteur nucléaire, piscine de stockage de combustible). EDF a annoncé la mise en place progressive de dispositions sur l'ensemble du parc de réacteurs électronucléaires en trois phases en renforçant à chaque phase le niveau de sûreté de ses installations (la phase 1 de 2012 à 2015 ; la phase 2 de 2015 à 2020 ; et la phase 3 après 2020).

Sur le plan organisationnel, la maîtrise d'une situation extrême (SE) est assurée par une « équipe situation extrême » (équipe SE), une force d'action rapide du nucléaire (la FARN) mobilisable en 24 heures et une organisation nationale de crise. L'équipe SE est composée essentiellement de l'équipe de conduite en quart qui est présente en permanence sur site 24h/24h et 7j/7j. A partir de 2020, cette équipe sera renforcée par un opérateur pilote de tranche, qui assurera le rôle de superviseur en situation extrême.

En situation extrême, EDF postule que l'équipe SE peut être isolée pendant 24 heures et que l'organisation nationale de crise supplée l'organisation locale de crise. Cette équipe SE sera en relation téléphonique avec les experts nationaux de l'organisation de crise d'EDF.

### Démarche d'analyse

Pour instruire le dossier d'EDF, l'IRSN s'est donné pour objectif d'évaluer la faisabilité des actions humaines dans des conditions d'intervention caractéristiques des situations extrêmes. A cette fin, l'IRSN a examiné la pertinence :

- de l'approche mobilisée par EDF pour le dimensionnement de l'équipe SE,
- des configurations enveloppes retenues par EDF pour dimensionner les effectifs de l'équipe SE,
- des rôles et des missions au regard de la charge de travail,
- de la méthode de vérification de la robustesse du dimensionnement de l'équipe SE.

### Approche mobilisée par EDF pour le dimensionnement de l'équipe situation extrême

Pour dimensionner l'effectif minimum dans les situations extrêmes de référence définies dans les ECS (H1, H3), EDF a mis en œuvre une démarche qui s'appuie sur un existant fort lié à la conduite

incidentelle et accidentelle (CIA), sur des essais conduits sur des simulateurs d'étude ainsi que sur des mesures de temps d'intervention d'actions en local dans des conditions d'intervention dégradées.

Ainsi, pour apprécier la capacité de l'équipe SE à faire face à de multiples types de situations extrêmes, EDF mène depuis 2014 des essais de mises en situation d'équipe de conduite sur simulateur pleine échelle de salle de commande, notamment dans des situations de dégradation progressive de l'installation et qui comportent des imprévus.

Au regard des premiers résultats obtenus, EDF considère que l'équipe SE telle que dimensionnée aujourd'hui est en capacité de remplir les missions qui lui sont confiées en situation extrême.

L'IRSN souligne les efforts développés par EDF pour définir et s'assurer de la robustesse du dimensionnement de l'équipe situation extrême en s'appuyant sur une démarche d'ensemble qui comporte notamment des études et des essais sur le terrain ainsi que des mises en situation d'équipes SE. L'IRSN considère que l'approche retenue par EDF est satisfaisante dans le principe car elle prend à la fois en compte des situations qui peuvent être anticipées (H1, H3) et des situations qui comporteraient des imprévus.

Pour l'IRSN, cette démarche d'ensemble a permis à EDF de disposer de premiers repères et d'ordres de grandeur sur les marges temporelles disponibles, notamment pour les actions locales. Toutefois, l'IRSN considère que la robustesse du dimensionnement ne pourra être établie « avec une raisonnable assurance » que lorsque l'ensemble des éléments qui conditionnent l'opérabilité des actions humaines (dispositions mise en œuvre en phases 2 et 3, procédures de conduite,...) seront disponibles, ce qui n'est pas encore totalement le cas aujourd'hui.

#### Analyse des configurations représentatives et enveloppes retenues par EDF pour dimensionner les effectifs de l'équipe SE

L'IRSN a analysé le caractère représentatif des situations extrêmes considérées par EDF, du point de vue de leurs conséquences sur les actions humaines requises (actions locales, en salle de commande et de crise).

EDF a mené des études portant sur quelques états du réacteur en phase 1 (en puissance et certaines situations d'arrêt) pour des situations H3 et H1, ce qui pour l'IRSN, était pertinent dans un premier temps. Cependant, ces études ont été menées en ne tenant compte que de manière partielle des effets induits des agressions externes. De plus, ces études ne prennent pas en compte certains états d'arrêt du réacteur. Elles ne considèrent pas non plus des situations affectant plusieurs installations (réacteurs et piscines) d'un site, avec en particulier un réacteur en accident grave.

Pour l'IRSN, ceci n'est pas en mesure de justifier pleinement l'opérabilité des stratégies de gestion des situations extrêmes, notamment en regard des actions humaines présentant des risques d'effets falaises (pertes de système, dégradation irréversible). L'IRSN considère donc qu'EDF doit apporter des éléments de justification de nature à compléter son dossier. Ces éléments doivent tenir compte des agressions et de leurs effets induits sur l'état de dégradation du réacteur et sur les délais de réalisation des actions humaines de conduite que ce soit en salle de commande ou en local. Dans ce cadre, EDF devra justifier que la situation H3, actuellement retenue comme situation enveloppe pour cette démonstration, le demeure.

De plus, l'IRSN estime qu'EDF doit s'assurer de la capacité de l'équipe SE à faire preuve de la résilience nécessaire pour faire face aux situations extrêmes autres que les situations de références retenues dans les évaluations complémentaires de sûreté. EDF devra notamment tenir compte de

situations pouvant être plus contraignantes du point de vue des actions humaines à réaliser, notamment suite à des pertes progressives et partielles de systèmes.

Sur ces points, EDF propose de définir les principes et les modalités d'une étude paramétrique qui sera menée sur la base d'essais, prenant en compte les états techniques en phase 2 et en phase 3, et qui simulent une mobilisation totale ou partielle de l'organisation de crise.

L'IRSN estime que l'approche proposée par EDF paraît appropriée pour identifier les paramètres, les scénarios, les études et les essais nécessaires pour apporter à terme les justifications nécessaires.

#### La doctrine de priorisation des actions locales

EDF considère que la mission de priorisation des actions à réaliser en local est essentielle pour que les actions de repli du réacteur puissent être menées dans les délais requis. A cet égard, EDF s'est engagé à développer un guide afin d'aider les acteurs de la salle de commande à prioriser en temps réel les actions locales. Ce guide sera développé sur la base des méthodes de raisonnement tactique mises en œuvre par l'Armée et la Sécurité Civile.

De plus, EDF indique qu'une doctrine de priorisation sera appliquée dans le cadre des nouvelles consignes de conduite pour la mise en œuvre des équipements du noyau dur en situations extrêmes. Enfin, EDF mène des réflexions pour concevoir et développer des consignes de conduite pour des situations extrêmes qui présentent des pertes partielles et progressives de systèmes. D'ores et déjà, des consignes sont envisagées pour permettre une conduite progressive du réacteur. En outre, dans ces situations, les équipes sont susceptibles de mobiliser les consignes APE conçues pour la conduite des situations incidentelles et accidentelles. Ainsi, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF conforte sa doctrine de priorisation en examinant l'intérêt d'étendre son périmètre à l'APE dans son ensemble et en priorité à la conduite progressive. Ce point fait l'objet de la **recommandation n° 1** en annexe.

#### Dimensionnement des effectifs en salle de commande en interface avec la gestion de crise

Afin de dimensionner l'équipe SE de manière robuste, EDF postule qu'en situation extrême, un site peut être isolé pendant 24 heures. Dans ce contexte, l'organisation locale de crise ne peut être gréée et l'ingénieur sûreté (en astreinte) ne peut rejoindre l'équipe de conduite en quart. Par conséquent, des missions de transmission des informations nécessaires à l'organisation nationale de crise et de surveillance en salle de commande des systèmes et actions de sûreté, doivent être réattribuées à des membres de l'équipe SE. EDF propose de redistribuer ces missions à la tête d'équipe SE, composée du chef d'exploitation (CE) et du chef d'exploitation délégué (CED). Cette redistribution amène ces acteurs à devoir cumuler des activités de conduite et de gestion de crise qui concernent deux installations potentiellement impactées simultanément par la situation extrême.

Au vu de son retour d'expérience de la gestion de situations ayant requis la mise en œuvre de la CIA et le gréement du PUI et des exercices de crise, l'IRSN estime que ce cumul des missions de conduite et de crise n'est pas réaliste et peut dégrader simultanément l'efficacité des deux missions.

De plus, l'IRSN estime que l'organisation nationale de crise ne serait pas en mesure d'assurer ses missions de conseil des pouvoirs publics durant les premières heures sur la base de cette organisation minimale. La reconstitution progressive de l'organisation locale de crise, prévue par EDF, devrait permettre de restaurer à terme la maîtrise de l'ensemble des missions actuellement prévues en situation de crise.

Afin de maîtriser les risques liés au cumul des missions de conduite et de crise au niveau de la tête d'équipe SE en salle de commande et de renforcer l'efficacité de l'appui de l'organisation nationale

de crise à l'équipe SE, EDF a prévu de développer un guide qui décline les principes des méthodes de raisonnement tactique. EDF s'est engagé à vérifier l'efficacité de la mise en œuvre de la méthode de raisonnement tactique par la tête d'équipe SE et le niveau national de l'organisation de crise, à l'occasion d'essais « en vraie grandeur ». L'analyse de cette disposition est abordée dans la suite de cet avis dans le cadre du processus de vérification du dimensionnement.

#### La transmission automatique des informations au niveau national

EDF prévoit un renforcement des moyens électroniques et informatiques pour collecter les données relatives à l'état du réacteur et l'état du site, les formaliser, les valider et les transmettre à l'organisation nationale de crise. Cependant, ces dispositions ne sont pas protégées contre les agressions externes à l'origine des situations extrêmes. En cas d'indisponibilité de ces moyens, les informations noyau dur, en nombre limité selon EDF, seront relevées manuellement en salle de commande et transmises par téléphone.

L'IRSN considère que la retransmission robuste de ces informations en cas de situations extrêmes s'appuie fortement sur les équipes de conduite (saisie manuelle, transmission téléphonique) ce qui n'apparaît pas du tout compatible avec la charge de travail de ces dernières et leur mission première de conduite de l'installation. Considérant que dans les premières heures d'une situation extrême, le niveau national doit disposer des informations nécessaires et en temps voulu pour analyser la situation, et notamment conseiller les pouvoirs publics, sans avoir à solliciter excessivement l'équipe SE, une remontée automatique des informations nécessaires vers le national respectant les exigences du noyau dur apparaît indispensable pour l'IRSN. Ce point fait l'objet de la **recommandation n°2** en annexe.

#### La prise en compte des facteurs d'influence de la faisabilité des actions humaines en local

L'analyse de l'IRSN porte sur les hypothèses retenues par EDF pour le dimensionnement de l'effectif de l'équipe SE en charge de réaliser des actions en local, en tenant compte de l'opérabilité de chacune d'elles et de la charge de travail résultant de l'ensemble des actions à réaliser. L'IRSN a plus particulièrement analysé la prise en compte des facteurs d'influence sur les conditions de réalisation des actions en local.

Dans le cadre de ses études, EDF a intégré les facteurs d'influence en appliquant des marges « substantielles » aux durées des actions locales requises et a vérifié la suffisance de ces marges vis-à-vis de la charge de travail de chacun des acteurs.

A l'issue de ces études, EDF conclue que, sous condition d'un certain nombre de priorisations de ces actions, les charges de travail estimées laissent suffisamment de marges pour prendre en compte les différents facteurs d'influence susceptibles de se manifester (stress, fatigue, difficultés d'accès, incendie...).

L'IRSN estime que l'application de marges globales substantielles aux actions à réaliser en local permet de donner des repères quantitatifs qui sont pertinents dans une première approche.

Le manque de connaissances scientifiques dans le domaine a conduit EDF à ne pas considérer dans un premier temps les effets de la concomitance des différents facteurs d'influence. Mais selon l'IRSN, il est primordial d'examiner la problématique des effets isolés et combinés des facteurs d'influence. Ces effets peuvent en effet avoir un impact sur la durée de réalisation, voire la faisabilité même des

actions en local du fait des conditions d'intervention. La démarche d'EDF doit donc être complétée par des dispositions permettant d'assurer la faisabilité des actions prioritaires.

#### *Fiabiliser la réalisation d'un ensemble d'actions locales prioritaires*

EDF doit s'assurer que chaque action prioritaire en local, dont la non réalisation aurait des conséquences graves sur la sûreté, pourra être effectuée en toutes circonstances en SE. A ce titre, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF identifie les fragilités éventuelles des chemins d'accès et de la configuration des locaux qui rendraient ces zones vulnérables à différents types d'agressions et leurs effets induits. Cette identification devra reposer notamment sur des études effectuées sur le terrain.

EDF s'est engagé à réaliser un programme d'études spécifiques aux situations extrêmes, développé pour le déploiement des dispositions matérielles du noyau dur. Ces études visent à donner une raisonnable assurance dans la capacité de l'exploitant à réaliser dans les délais requis les actions en local nécessaires à la conduite du noyau dur. L'IRSN estime que sur le principe, le programme d'études prévu par EDF est de nature à couvrir les problématiques d'opérabilité des actions prioritaires.

Par ailleurs, EDF s'est engagé à vérifier, dans le cadre de l'étude paramétrique proposée, l'efficacité de la méthode de raisonnement tactique pour la réalisation des actions prioritaires en local. Sans préjuger de l'efficacité de cette méthode, l'IRSN considère que la faisabilité des actions en local prioritaires doit avant tout être justifiée en tenant compte des facteurs d'influence et de leur concomitance. Ce point fait l'objet de la **recommandation n°3** en annexe.

#### Le processus de vérification du dimensionnement et le réalisme des mises en situation

L'analyse de l'IRSN porte sur les méthodes de conception et de vérification déployées dans le cadre de la démarche d'ensemble mise en œuvre par EDF pour établir et s'assurer de la pertinence du dimensionnement de l'équipe SE. Pour l'IRSN, cette démarche d'ensemble doit permettre d'apprécier notamment les enjeux liés au cumul des activités de conduite et de crise par l'équipe SE.

Après avoir formalisé une méthode de dimensionnement de l'équipe SE et mené des études de vérification de l'applicabilité des actions locales, EDF a réalisé, à partir de 2014, des campagnes d'essais sur des simulateurs pleine échelle de salle de commande. Les analyses des résultats de ces essais seront transmises ultérieurement par EDF.

Cependant EDF précise que ces essais ne sont pas mobilisés dans une perspective de démonstration de la faisabilité des actions humaines mais d'étude de la résilience de l'équipe SE. EDF indique ainsi chercher à observer les capacités d'adaptation de l'équipe SE face aux imprévus ainsi que de reconfiguration si la situation se dégrade et requiert un changement d'objectif (éviter la fusion, puis éviter les rejets).

Pour l'IRSN, l'objectif que s'est donné EDF de renforcer la résilience est pertinent. Toutefois, la démarche d'ensemble adoptée par EDF comporte une discontinuité entre les études de vérification de l'applicabilité des actions locales et les essais sur simulateur pleine échelle. Les notes d'études de vérification portent sur les actions locales dans une logique de démonstration de la faisabilité des actions locales (principes des marges et conclusion sur la robustesse) alors que les essais sur

simulateurs pleine échelle portent sur les actions en salle de commande dans une logique de résilience de l'organisation.

Pour l'IRSN, ces deux approches devraient être complémentaires, et cette discontinuité introduite par EDF ne permet pas de réinterroger rigoureusement les premières hypothèses retenues par EDF pour le dimensionnement de l'équipe SE à la lumière des conclusions issues des essais sur simulation pleine échelle.

EDF indique qu'il s'appuiera sur des essais en « vraie grandeur », dans le cadre de l'analyse paramétrique mentionnée ci-avant, pour se donner une raisonnable assurance de la capacité de l'équipe SE à faire face à une situation extrême.

L'IRSN considère que ceci est satisfaisant dans le principe mais que les essais en « vraie grandeur » devront être suffisamment globaux, c'est-à-dire mobilisant l'ensemble des acteurs impliqués dans les missions de conduite et de gestion de la crise. Ils devront également être suffisamment représentatifs pour permettre d'évaluer l'effet isolé ou combiné des facteurs d'influence potentiellement rencontrés dans les situations extrêmes (indisponibilités d'agents de terrain, actions nécessitant une intervention en binôme, besoins d'actions complémentaires (déblayage d'accès, contournements...)). Ce point fait l'objet de la recommandation n° 4 en annexe.

#### Conclusion

**En conclusion, l'IRSN estime que la démarche globale mise en œuvre par EDF de vérification du dimensionnement des effectifs pour gérer les situations extrêmes est satisfaisante.** En effet, EDF a mis en place une démarche d'ensemble, itérative, comportant notamment des études et des essais sur simulateur pleine échelle de salle de commande impliquant des équipes de conduite mises en situation. Ces premières études apportent d'ailleurs certains repères et ordres de grandeurs de marges globales disponibles.

**Toutefois, l'IRSN considère que les compléments mentionnés dans les recommandations en annexes sont nécessaires afin de justifier de la capacité à maîtriser ces situations extrêmes.**

Pour le Directeur général de l'IRSN, par ordre

Franck BIGOT

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté,

## Recommandations

### La doctrine de priorisation des actions locales

#### Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF examine l'extension de sa doctrine de priorisation à l'ensemble des actions locales qui pourraient être appelées dans les procédures de conduite APE et, en priorité, pour celles qui seraient utilisées en conduite progressive.

### L'interface avec l'organisation nationale de crise

Recommandation n° 2 : L'IRSN recommande qu'EDF renforce la robustesse des moyens de retransmission automatique des informations nécessaires concernant l'état de tranche et l'état de site vers l'organisation nationale de crise EDF ainsi que vers l'IRSN. Ces moyens seront considérés comme relevant du noyau dur.

### La prise en compte des facteurs d'influence et la faisabilité des actions locales

#### Recommandation n° 3 :

Pour justifier la faisabilité des actions en local présentant un risque d'effets falaises, l'IRSN recommande qu'EDF examine les facteurs d'influence suivants :

- les conditions d'interventions dégradées qui influent sur les temps de déplacement entre la salle de commande et le lieu de l'intervention, entre Zone Contrôlée et Zone Non Contrôlée... (contournement, passage par l'extérieur des bâtiments, présence de fumées...);
- les indisponibilités temporaires ou prolongées de certains membres de l'équipe terrain (blessures, exigences de coordination, multiplication des départs de feu, problèmes de communication, choix éthiques en situations risquées...);
- les exigences portant sur les actions locales, par exemple lorsqu'elles doivent être menées en binôme (gestion du stress, limitation du temps d'exposition dans un environnement dosant, déplacement de charge lourde, ...);
- des risques d'erreurs qui nécessiteraient des reprises d'actions;
- une variabilité individuelle (condition physique, expérience, connaissance de l'installation, stress, fatigue...) dans la réalisation des actions qui peut conduire à des temps de réalisation différents;
- le temps d'appropriation des documents relatifs aux actions exécutées en local.

### Le processus de vérification et le réalisme des mises en situation

#### Recommandation n° 4 :

L'IRSN recommande que les essais en « vraie grandeur » de vérification de la capacité d'EDF à maîtriser des situations accidentelles complexes, intègre des scénarios de référence dits codifiés (situations H1, H3, H1+H3 cumulées à des agressions naturelles hors dimensionnement) et des scénarios non codifiés (situations ayant moins d'impact du point de vue fonctionnel mais plus

contraignantes du point de vue des actions humaines à réaliser, notamment en conduite progressive).

Ces essais devront également intégrer des caractéristiques, telles que :

- des scénarios au périmètre étendu aux arrêts de réacteur, impactant plusieurs réacteurs d'un site dont un en accident grave ;
- des actions locales prioritaires « génériques » simulées de manière réaliste et tenant compte des dispositions de la phase 2 et de la phase 3 du déploiement post-Fukushima ;
- une variabilité des conditions d'organisation, notamment dans l'allocation des missions et les responsabilités des acteurs en salle de commande (cumul des missions de conduite et de crise au niveau de la tête d'équipe, priorisation et réflexion), et leur influence sur la charge de travail des acteurs ;
- le cumul des facteurs d'influence qui participent à la dégradation des conditions de réalisation des actions humaines au niveau de la salle de commande et des actions locales (aléas sur les effectifs de type, communications dégradée, fatigue, stress, augmentation des temps de déplacement, actions complémentaires à réaliser,...).

De plus, l'IRSN recommande que des essais en « vraie grandeur » soient effectués avec des équipes intégrées (local, salle de commande, national) sur des simulateurs pleine échelle.