

Fontenay-aux-Roses, le 1<sup>er</sup> décembre 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2016-00373

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF  
Instruction du volet démarche générale de conception du noyau dur  
Prescription ND 8-II, ND 10, ND 11 du 21 janvier 2014

Réf. :

1. CODEP-DCN-2015-007371 du 23 février 2015
2. Décisions n°2012-DC-0274 à 2012-DC-0292 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 juin 2012 fixant à Électricité de France - Société Anonyme (EDF-SA) des prescriptions complémentaires applicables aux sites électronucléaires français au vu des conclusions des évaluations complémentaires de sûreté (ECS).
3. Décisions n°2014-DC-0394 à 0412 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 21 janvier 2014 fixant à Électricité de France - Société Anonyme (EDF-SA) des prescriptions complémentaires applicables aux sites électronucléaires français au vu de l'examen du dossier présenté par l'exploitant conformément à la prescription [ECS-1] des décisions n°2012-DC-0274 à 2012-DC-0292 du 26 juin 2012 de l'Autorité de sûreté nucléaire.
4. Avis/IRSN n°2016-00187 du 7 juin 2016 : « Réacteurs électronucléaires - EDF - Parc en exploitation - Principes de conception du groupe électrogène Diesel d'Ultime Secours ».

A la suite des Evaluations complémentaires de sûreté (ECS) réalisées pour les réacteurs électronucléaires après l'accident de Fukushima, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé à Electricité de France (EDF) en 2012 (référence 2) de mettre en œuvre des dispositions matérielles et organisationnelles, appelées « noyau dur », afin de pouvoir gérer sur ces réacteurs une situation accidentelle de perte totale des alimentations électriques et de la source froide consécutive à une agression extrême (dite agression « noyau dur ») de type séisme, inondation, vent extrême, foudre, grêle ou tornade. Le noyau dur doit assurer dans cette situation (dite « situation noyau dur ») la prévention de la fusion du combustible, la limitation des rejets radioactifs massifs en cas de fusion totale du cœur, ainsi que la gestion de crise.

En juin 2012, EDF a présenté le contenu du noyau dur pour les réacteurs en exploitation et pour l'EPR de Flamanville. En janvier 2014, l'ASN a précisé, par un ensemble de prescriptions en référence 3, ses exigences relatives à la conception du noyau dur.

Par sa saisine en référence 1, l'ASN sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur « *les hypothèses génériques structurantes retenues par EDF pour la conception du noyau dur (options de conception, de vérification, de fabrication, de contrôle, d'essai, de qualification et de suivi en service, de la démarche de prise en compte des effets induits et de la*

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

*durée de mission attribuée au noyau dur*) ». L'instruction a porté notamment sur les éléments présentés par EDF en réponse aux prescriptions de l'ASN suivantes :

- [ECS-ND10]. « *Avant le 30 juin 2014, l'exploitant transmet à l'ASN un dossier de synthèse des options de conception, de vérification, de fabrication, de contrôle, d'essai, de qualification et de suivi en service qu'il retient pour assurer la disponibilité élevée des fonctions du noyau dur dans les situations noyau dur avec un haut niveau de confiance.* » ;
- [ECS-ND8-II]. « *Avant le 30 juin 2014, l'exploitant transmet à l'Autorité de sûreté nucléaire la méthodologie et sa justification pour le traitement des risques d'effets induits sur le noyau dur par la défaillance de SSC n'appartenant pas au noyau dur à la suite d'agressions externes retenues pour le noyau dur.* » ;
- [ECS-ND11]. « *L'exploitant définit la durée de mission des SSC nouveaux du noyau dur. Avant le 30 juin 2014, l'exploitant définit, justifie et transmet à l'Autorité de sûreté nucléaire les exigences qu'il retient pour la gestion des situations noyau dur au-delà de la durée de mission prise en compte pour le noyau dur. Avant le 30 juin 2015, l'exploitant définit, justifie et transmet à l'Autorité de sûreté nucléaire les dispositions qu'il retient pour la gestion des situations noyau dur au-delà de la durée de mission prise en compte pour le noyau dur.* ».

## **1 CONTOUR DE L'ANALYSE DE L'IRSN**

Le noyau dur constitue une ligne de défense ultime, prévue pour faire face à des niveaux d'agressions allant au-delà de ceux retenus pour le dimensionnement des installations. Des exigences de conception et de surveillance en exploitation doivent être définies pour le noyau dur afin de garantir, avec un niveau de confiance élevé, sa capacité à assurer ses fonctions dans les situations extrêmes pour lesquelles il est requis. L'analyse de l'IRSN porte sur l'examen de ces exigences, ainsi que sur la démarche retenue par EDF pour prendre en compte les risques d'effets induits par les agressions extrêmes sur les installations, effets qui pourraient compromettre la capacité du noyau dur à assurer ses fonctions. Cette analyse s'appuie sur les objectifs du noyau dur suivants vis-à-vis des « situations noyau dur » :

- des choix d'architecture permettant de limiter les risques de défaillance de mode commun entre le noyau dur et les Systèmes, structures et composants (SSC) existants de l'installation n'appartenant pas au noyau dur ;
- une fiabilité élevée du noyau dur sur toute la durée pendant laquelle il est nécessaire en « situation noyau dur » ;
- la protection du noyau dur contre les agressions extrêmes et leurs effets induits ;
- le maintien de la disponibilité du noyau dur en exploitation.

Cette analyse conduit l'IRSN à formuler en annexe deux catégories de recommandations. La première catégorie est relative à des propositions d'EDF que l'IRSN ne considère pas suffisantes. Les recommandations de la seconde catégorie visent à préciser les compléments qui n'ont pas été fournis par EDF lors de l'instruction et qui sont pourtant nécessaires pour caractériser la fiabilité du noyau dur. Dans la seconde catégorie de recommandations sont distinguées :

- celles portant sur des exigences à caractère générique ;
- celles portant sur des exigences qui mériteront un examen au cas par cas, en fonction des dispositions du noyau dur.

## **2 ARCHITECTURE DU NOYAU DUR**

### **Indépendance et diversification des SSC du noyau dur par rapport aux SSC existants**

EDF a privilégié pour les principales dispositions du noyau dur la mise en œuvre de nouveaux équipements, ce qui va dans le sens de la demande de l'ASN [ECS-1] (référence 2) de limiter les risques de défaillance de mode commun entre les dispositions du noyau dur et les SSC existants. Toutefois, EDF prévoit d'utiliser, pour réaliser certaines fonctions du noyau dur, des SSC existants dont la robustesse aux agressions extrêmes sera alors démontrée.

L'IRSN s'est d'ores et déjà positionné sur les risques limités de défaillance matérielle par mode commun et sur le niveau de diversification suffisant obtenu entre les nouveaux Diesels d'ultime secours (DUS) et les diesels du parc (référence 4). De même, pour la distribution électrique et le contrôle-commande associés au noyau dur, qui s'appuient sur des SCC nouveaux et existants, l'analyse d'indépendance et de diversification a été réalisée par EDF et est en cours d'examen par l'IRSN.

**Pour les autres dispositions du noyau dur, des analyses similaires seront à réaliser par EDF, conformément à la prescription [ECS-1].**

### **Indépendance entre les noyaux durs associés à des réacteurs différents sur un même site**

EDF ne prévoit pas d'assurer une indépendance totale entre les noyaux durs associés à des réacteurs différents d'un même site, ce qui pourrait générer un risque de défaillance de mode commun de plusieurs noyaux durs.

A l'extérieur des bâtiments, dans la mesure où les nouveaux réseaux enterrés du noyau dur en Polyéthylène haute densité (PEHD) relèvent des mêmes exigences que les autres SSC du noyau dur, la mutualisation de cheminements (câbles électriques, tuyauteries) associés à des noyaux durs différents n'apparaît pas rédhibitoire pour l'IRSN. Les modalités de conception et de construction de ces nouveaux réseaux enterrés ont fait l'objet d'une instruction dédiée et de demandes de l'ASN.

Pour ce qui concerne l'intérieur des bâtiments, EDF doit définir les dispositions à retenir, pour les SSC appartenant au noyau dur d'un réacteur qui transiteraient dans les locaux d'un autre réacteur, vis-à-vis des risques de défaillance de mode commun, ce qui fait l'objet de la Recommandation n°7 en annexe.

## **3 FIABILITE DES FONCTIONS ET DES SSC DU NOYAU DUR**

### **Maintien des fonctions de sûreté sur la durée nécessaire**

L'IRSN estime satisfaisante l'autonomie (capacité des matériels à fonctionner sans interruption et sans nécessité d'intervention humaine pour assurer leur bon fonctionnement) de trois jours visée par EDF pour les équipements du noyau dur avec, pour les équipements qui ne disposeraient pas d'une telle autonomie, des propositions d'EDF donnant une raisonnable confiance dans la continuité de la fonction assurée.

Par ailleurs, la durée de mission de 15 jours (durée minimale pendant laquelle les fonctions du noyau dur doivent pouvoir être assurées sans intervention de maintenance nécessitant leur interruption), retenue par EDF pour la conception du noyau dur, doit permettre de mettre en œuvre des moyens complémentaires pour venir en secours de matériels du noyau dur qui seraient susceptibles d'être défaillants.

A cet égard, pour la gestion à long terme des « situations noyau dur », EDF prévoit en particulier de baser sa démonstration sur le fait que :

- certains matériels du noyau dur conserveront leur aptitude à assurer leur fonction sur une longue durée au-delà de 15 jours ;
- une défaillance de certains matériels au-delà de 15 jours pourra être compensée par le remplacement du matériel défaillant ou par la mise en œuvre d'une substitution fonctionnelle.

**La démarche générale présentée ci-avant n'appelle pas à ce stade de remarque de l'IRSN, l'acceptabilité de la conception retenue étant conditionnée aux justifications à apporter par EDF en termes de fiabilité et de qualification aux conditions d'ambiance et de fonctionnement des équipements du noyau dur.**

En complément, EDF a prévu d'examiner l'éventuelle défaillance de certaines dispositions du noyau dur (la pompe « noyau dur » et l'échangeur « EAS-u »), considérés comme non substituables par EDF et faisant partie de la disposition ultime d'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte (EAS-u), valorisée en particulier en accident grave. L'IRSN estime qu'EDF doit également examiner d'éventuels autres matériels du noyau dur non substituables et nécessaires pour la gestion à long terme d'une « situation noyau dur ». L'IRSN formule à cet égard la Recommandation n°1 en annexe.

#### **Règles de conception et de construction des nouveaux équipements du noyau dur**

EDF indique qu'il utilisera des règles de conception et de construction codifiées pour les nouveaux équipements du noyau dur, ce qui est satisfaisant sur le principe. Toutefois, EDF n'a pas fourni sa méthodologie de conception et de dimensionnement des ouvrages, composants mécaniques, électriques et ancrages nouveaux du noyau dur, qui devait inclure une présentation détaillée des exigences de conception, des critères mécaniques et des méthodes de dimensionnement retenus. Sans ces éléments, l'IRSN ne peut se prononcer sur leur adéquation en regard du niveau de fiabilité attendu pour les nouveaux SSC du noyau dur.

#### **Retour d'expérience et choix technologiques**

L'IRSN estime nécessaire qu'EDF mène une analyse du retour d'expérience d'exploitation sur les équipements existants du noyau dur, en vue de s'assurer que la fiabilité de ces équipements est compatible avec celle attendue pour le noyau dur. Or, EDF n'a fait aucune proposition en ce sens lors de l'instruction, ce qui conduit l'IRSN à formuler la Recommandation n°2 en annexe.

Pour les équipements nouveaux du noyau dur, EDF n'a pas précisé comment est prise en compte l'exigence de fiabilité dans le choix technologique de ces équipements, hormis pour ce qui concerne les systèmes électriques. Ce point est intégré à la Recommandation n°8 en annexe.

### Qualification

Tous les matériels nouveaux du noyau dur feront l'objet d'une qualification, qu'ils participent à la prévention de la fusion du cœur ou à la mitigation de l'accident grave. De plus, EDF s'est engagé à apporter les compléments de qualification nécessaires aux SSC existants du noyau dur participant à la prévention de la fusion du cœur, ainsi qu'aux SSC « en interface du noyau dur » (SSC existants dont la défaillance pourrait compromettre les fonctions du noyau dur). L'IRSN considère satisfaisantes ces propositions d'EDF. Cependant, EDF n'a pas défini les chargements et les exigences de qualification, en regard notamment de leur durée de mission, qui seront appliqués aux équipements du noyau dur, ce qui fait l'objet de la Recommandation n°6 en annexe.

## 4 RESISTANCE DU NOYAU DUR AUX AGRESSIONS ET AUX EFFETS INDUITS DES AGRESSIONS

La disponibilité du noyau dur dans les situations d'agressions extrêmes est assurée par :

- la protection contre les agressions « noyau dur » ou le dimensionnement adéquat vis-à-vis de ces agressions des SSC assurant les fonctions du noyau dur. Pour les SSC nouveaux du noyau dur, comme indiqué au paragraphe « Règles de conception et de construction des nouveaux équipements du noyau dur » précédent, EDF n'a pas présenté la méthodologie qu'il retient pour leur conception et leur dimensionnement, ce qui ne permet pas de conclure sur le fait que ces SSC seront en capacité d'assurer leur fonction en situation d'agression extrême. Pour les SSC existants du noyau dur, l'analyse de leur tenue vis-à-vis du séisme « noyau dur » (SND) fait l'objet d'instructions dédiées ;
- la protection de ces SSC contre les effets induits sur les installations par les agressions « noyau dur » (par exemple un incendie induit par un séisme). EDF a élaboré une démarche de vérification de la robustesse du noyau dur aux effets induits des agressions extrêmes (dite démarche « effets induits »). Cette démarche comprend plusieurs étapes : l'identification des SSC du noyau dur à protéger et des sources potentielles d'effets induits, la vérification de la robustesse des SSC du noyau dur face aux effets induits plausibles et, le cas échéant, la définition des évolutions nécessaires. La démarche « effets induits » est analysée ci-après.

### Effets induits examinés par EDF

#### Effets induits à considérer

Les effets examinés par EDF dans la démarche « effets induits » sont la chute de charge, le choc provenant d'autres composants et structures, le fouettement direct de tuyauterie haute énergie, l'inondation, l'incendie et l'explosion. Par ailleurs, au cours de l'instruction, EDF s'est engagé à prendre également en compte dans sa démarche l'étude du risque d'endommagement du noyau dur par des produits corrosifs suite à une perte d'intégrité de tuyauteries « TRICE » (Tuyauteries qui véhiculent un fluide Toxique, Radioactif, Inflammable, Corrosif ou Explosif). L'IRSN considère que les effets induits étudiés par EDF sont pertinents.

En revanche, EDF doit encore compléter son analyse des conséquences d'une rupture de tuyauterie haute énergie induite par un séisme de niveau SND en tenant compte des effets de jets susceptibles d'atteindre des SSC du noyau dur. L'IRSN formule à cet égard la Recommandation n°9 en annexe.

L'examen des effets liés à l'environnement industriel et aux voies de communication, qui font l'objet de la prescription [ECS-14] de la référence 2, pour les sites de Tricastin, Gravelines et Saint-Alban (sites présentant les risques les plus importants), fait l'objet d'instructions dédiées.

#### Effets induits à l'intérieur des bâtiments

L'IRSN n'a pas d'objection de principe à l'hypothèse d'EDF selon laquelle des effets induits ne peuvent se produire à l'intérieur des bâtiments que dans le cas de l'agression « séisme ». Pour conforter cette hypothèse, EDF justifiera :

- l'absence d'infiltration d'eau par des galeries ou des liaisons entre des bâtiments « noyau dur » et des bâtiments périphériques n'abritant pas de SSC du noyau dur, en cas d'inondation externe extrême ;
- l'absence d'effets de la tornade sur le fonctionnement des systèmes de ventilation appartenant au noyau dur.

#### Sources potentielles d'incendie et d'explosion

EDF retient l'hypothèse d'une perte immédiate des alimentations électriques externes et internes (situation dite « H3 ») en cas de séisme de niveau SND. L'IRSN estime qu'EDF doit également tenir compte des situations H3 qui résulteraient d'une perte en cascade des sources d'alimentation électrique internes. Pour ces situations, EDF doit démontrer qu'un départ de feu sur un équipement non noyau dur qui resterait temporairement alimenté électriquement ne viendrait pas aggraver des SSC du noyau dur. De même, EDF doit démontrer que le maintien de l'alimentation des batteries n'appartenant pas au noyau dur n'induirait pas de risque d'explosion susceptible d'impacter des SSC du noyau dur. Sur ces deux points, l'IRSN estime que des compléments de la part d'EDF sont nécessaires et formule à cet égard la Recommandation n°10 (incendie) et la Recommandation n°11 (explosion) en annexe.

#### Effet « cascade »

EDF ne considère pas de scénario avec défaillance d'un matériel non noyau dur induisant celle d'un autre matériel non noyau dur qui lui-même affecterait un matériel noyau dur (pas d'effet « cascade »). Or, un effet induit de type « chute de charge » ou « choc provenant d'autres composants et structures » sur une tuyauterie contenant un liquide inflammable pourrait entraîner une fuite pour laquelle un risque d'inflammation dans le local ne pourrait être exclu. EDF s'est engagé à compléter ses vérifications vis-à-vis des matériels présentant un circuit de liquide inflammable, ce qui est satisfaisant.

#### Propagation des phénomènes

EDF ne retient pas les risques d'effets induits de type inondation, explosion ou incendie initiés dans des locaux ne contenant pas de SSC du noyau dur et qui se propageraient jusqu'à des SSC du noyau dur.

L'IRSN considère que la démarche « effets induits » n'est pas suffisante sur ce point et que des compléments de vérification de la robustesse du noyau dur aux effets induits sont à réaliser pour tenir compte de la propagation vers des SSC du noyau dur :

- d'une inondation induite par la défaillance (fuite ou rupture) des grosses tuyauteries non dimensionnées au séisme (cf. Recommandation n° 12 en annexe) ;
- d'un incendie survenant dans un local avoisinant un local contenant des SSC du noyau dur (cf. Recommandation n° 13 en annexe) ;
- d'une explosion survenant dans un local avoisinant un local contenant des SSC du noyau dur (cf. Recommandation n° 14 en annexe).

#### **Protection des « cibles noyau dur »**

Les SSC à protéger des effets induits (dits « cibles noyau dur ») sont les SSC existants du noyau dur et ceux en interface du noyau dur. Pour les nouveaux équipements du noyau dur implantés dans des bâtiments dédiés au noyau dur, EDF indique qu'ils seront conçus pour résister aux effets induits. L'IRSN considère que cette approche est acceptable sur le principe. Pour les nouveaux équipements qui sont implantés dans des locaux existants et qui pourraient ainsi être agressés par des effets induits liés à des SSC non noyau dur, la démarche « effets induits » doit s'appliquer. Ce point est intégré à la Recommandation n° 8 en annexe.

Par ailleurs, l'IRSN considère que les chemins d'accès aux locaux en « situation noyau dur » pour effectuer un diagnostic de l'état de l'installation et réaliser des actions en local doivent être, eux aussi, protégés des effets induits des agressions. Ce sujet fait l'objet d'une instruction de l'IRSN par ailleurs.

#### **Déclinaison de la démarche « effets induits »**

L'IRSN n'a pas de remarque sur les propositions d'EDF concernant les vérifications à mener vis-à-vis des effets induits susceptibles de se produire à l'extérieur des bâtiments. En particulier, EDF apportera des justifications, lorsqu'il exclura de ses études des scénarios d'effets induits.

A l'intérieur des bâtiments, EDF a élaboré une méthodologie de vérification, basée sur des inspections, de la robustesse des SSC du noyau dur aux effets induits par un séisme de niveau SND. Selon cette méthodologie, le dédouanement d'un matériel du noyau dur à l'égard d'un risque d'effet induit par un agresseur n'appartenant pas au noyau dur est obtenu :

- soit sur la base d'une démonstration d'absence de conséquence de l'effet induit sur le matériel du noyau dur;
- soit, de manière privilégiée, sur la base d'une démonstration d'absence de défaillance des matériels potentiellement agresseurs (vérification de leur intégrité ou de leur stabilité), qui est majoritairement apportée par inspection in situ des locaux abritant des SSC du noyau dur.

L'IRSN estime acceptable cette méthodologie, qui est relativement analogue à la démarche dite « séisme-événement ». En effet, cette dernière traite les conséquences de chutes ou de chocs (phénomènes regroupés sous l'appellation « interactions mécaniques »), par des matériels non classés de sûreté ou classés sans requis sismique, sur des matériels ayant un rôle pour la sûreté, en cas de séisme.

En particulier, l'IRSN considère acceptable le principe retenu par EDF de valoriser les conclusions de la démarche « séisme-événement » pour dédouaner certains locaux du risque d'effets induits, lorsque ces derniers ne présentent que des risques d'interaction mécanique.

Toutefois, EDF doit encore vérifier la validité, pour un niveau de séisme « noyau dur » SND, des conclusions des calculs qui avaient été effectués pour établir la stabilité d'agresseurs potentiels dans le cadre de la démarche « séisme-événement », réalisée en retenant le séisme majoré de sécurité (SMS) ou de dimensionnement (SDD) suivant les sites. L'IRSN formule sur ce point la Recommandation n° 15 en annexe.

Par ailleurs, l'IRSN s'interroge sur le risque qu'une fuite sur une tuyauterie véhiculant de l'hydrogène (tuyauterie H2) n'appartenant pas au noyau dur, induite par une « interaction mécanique », entraîne une explosion ou une inflammation dans le local (effet « cascade » abordé précédemment). Concernant ce risque, EDF indique que les couples « agresseurs-cibles » retenus dans la déclinaison de la démarche « séisme-événement » prennent bien en compte les cibles « tuyauteries H2 ». A cet égard, les « tuyauteries H2 » n'appartenant pas au noyau dur font partie des cibles devant faire l'objet de vérifications complémentaires dans la Recommandation n° 15 précitée.

De plus, les locaux situés en zone rouge ne sont pas inspectables et les éléments apportés par EDF ne permettent pas d'apprécier si la démarche « effets induits » sera complètement appliquée à ces locaux, lorsqu'ils contiennent des SSC du noyau dur. EDF s'est engagé à justifier cet aspect pour le réacteur n°1 Tricastin au premier semestre 2018.

#### **Traçabilité, déploiement et pérennité de la démarche « effets induits »**

EDF prévoit de déployer complètement la démarche « effets induits » sur des Tranches Têtes de Série (TTS). Sur les autres réacteurs, EDF mènera des inspections partielles dites « inspections de confrontation ». Toutefois, EDF n'a pas précisé comment les spécificités des réacteurs et des sites seront prises en compte en vue de ces inspections. EDF n'a pas non plus précisé le processus qu'il compte mettre en place pour s'assurer de la pérennité de l'application de la démarche « effets induits » dans le temps. Par conséquent, l'IRSN formule la Recommandation n° 16 en annexe.

## **5 EXIGENCES DE SURVEILLANCE EN EXPLOITATION DU NOYAU DUR**

Pour l'IRSN, la fiabilité et la disponibilité des matériels du noyau dur sur la durée d'exploitation des réacteurs implique des exigences élevées en exploitation, déclinées notamment dans les Règles générales d'exploitation (RGE).

#### **Spécifications techniques d'exploitation (STE)**

EDF a proposé de requérir dans les STE la disponibilité d'une fonction du noyau dur sur la base d'un événement de « groupe 2 spécifique Fukushima » avec un délai de réparation de 7 jours, sauf analyse particulière pouvant justifier d'un allongement de ce délai. L'IRSN considère que cette proposition d'EDF n'est pas suffisante en regard de l'exigence de disponibilité élevée du noyau dur. L'IRSN formule à cet égard la Recommandation n° 3 en annexe.

#### **Essais périodiques (EP)**

EDF a proposé d'associer aux matériels du noyau dur uniquement des critères de non dégradation, classés en groupe B. Cette proposition n'est pas suffisante pour l'IRSN qui considère que les SSC du noyau dur doivent en outre faire l'objet d'essais fonctionnels périodiques au titre du chapitre IX des RGE intégrant des critères de sûreté, classés en groupe A, représentatifs du risque que ces SSC ne soient plus aptes à assurer leurs missions. L'IRSN formule à cet égard la Recommandation n° 4 en annexe.

## Maintenance

L'IRSN considère que l'atteinte des objectifs de disponibilité élevée assignés au noyau dur nécessite une maintenance efficace et adaptée en termes d'intervention sur les équipements et de périodicité.

Ceci suppose :

- de rechercher dès la conception de l'équipement à simplifier les interventions (standardisation, remplacement par bloc, testabilité...);
- un référentiel de maintenance prenant en compte l'ensemble des exigences attendues ;
- des conditions d'intervention adaptées (facilité d'accès à l'équipement, conditions d'ambiance acceptables...);
- la définition d'une périodicité d'intervention pertinente en regard des spécificités de l'équipement (fiabilité, retour d'expérience) ;
- des procédures définissant clairement l'ensemble des actions à réaliser et leur enchaînement ;
- des outils adaptés à la réalisation de ces interventions.

L'ensemble de ces éléments participe à la maintenabilité<sup>1</sup> des équipements. Cette dernière est complétée par un processus de gestion de la maintenance visant à organiser les interventions et à gérer les ressources nécessaires humaines et matérielles (gestion des pièces de rechanges, programmation des activités, gestion des ressources humaines (effectifs, compétence et disponibilité des équipes de maintenance, ...)).

Pour les SSC nouveaux du noyau dur, EDF a indiqué prescrire aux fournisseurs des exigences en termes de maintenabilité, ce qui est satisfaisant sur le principe. Il conviendra toutefois qu'EDF justifie de la suffisance des dispositions qui pourraient ainsi être retenues sur cette thématique, afin notamment de permettre la détection précoce d'éventuels dysfonctionnements et d'optimiser les délais de réparation. Ce sujet est intégré à la Recommandation n° 8 en annexe.

Par ailleurs et pour les SSC existants, l'IRSN a pu constater des évolutions parfois notables des programmes de maintenance, notamment en ce qui concerne la périodicité des interventions. A titre d'exemple, EDF a préconisé sur les diesels de secours le doublement de la périodicité initiale de remplacement des joints de bas de chemise. Cette périodicité est alors passée de 10 à 20 ans sans intégrer le retour d'expérience négatif (joints retrouvés durs et cassants), ni solliciter l'avis du fournisseur. En conséquence, l'IRSN considère qu'EDF doit s'assurer que la maintenance des SSC existants du noyau dur est suffisante en regard du niveau de fiabilité et de disponibilité attendu, ce qui fait l'objet de la Recommandation n° 5 en annexe.

## 6 CONCLUSION

L'IRSN considère que les exigences générales de conception et de suivi en exploitation définies par EDF en réponse aux prescriptions de l'ASN [ECS-ND10] et [ECS-ND11], en termes d'options de conception, de vérification, de fabrication, de contrôle, d'essai, de qualification et de durée de mission des équipements qui constitueront le noyau dur, nécessitent d'être précisées, voire complétées, ce qui fait l'objet des Recommandations n° 1 à 8.

---

<sup>1</sup> Maintenabilité : aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise en utilisant des instructions et des moyens prescrits.

Pour ce qui concerne la protection du noyau dur contre les effets induits sur l'installation par les agressions extrêmes, l'IRSN estime que la démarche retenue par EDF, s'appuyant notamment sur des inspections in situ, répond globalement à la prescription de l'ASN [ECS-ND 8-II], bien que des compléments de démonstration spécifiés dans les Recommandations n° 9 à 16 soient nécessaires.

Pour le Directeur général, par ordre,

Franck BIGOT

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Recommandations

***Exigences génériques relatives à la conception du noyau dur insuffisamment prises en compte par EDF***

**Recommandation n° 1**

L'IRSN recommande qu'EDF identifie les éventuels matériels nouveaux et existants du noyau dur non substituables nécessaires à la gestion à long terme d'une « situation noyau dur » (y compris l'instrumentation). S'il existe de tels matériels, EDF devra :

- présenter les moyens permettant de détecter leur défaillance ;
- étudier les possibilités de faire face à leur défaillance à long terme, en tenant compte des délais de grâce disponibles.

Les matériels suivants ne sont pas concernés par cette recommandation, dans la mesure où EDF s'est d'ores et déjà engagé à examiner cette question : la pompe « noyau dur », l'échangeur « EAS-u » et les matériels (comme les matériels passifs et les matériels ayant rejoint une position sûre avant 15 jours) pour lesquels EDF aura justifié qu'ils conservent leur aptitude à assurer leur fonction sur une longue durée au-delà de 15 jours.

**Recommandation n° 2**

L'IRSN recommande qu'EDF examine le retour d'expérience sur les équipements existants faisant partie du noyau dur afin de s'assurer que la fiabilité de ces équipements est compatible avec celle attendue pour le noyau dur.

**Recommandation n° 3**

L'IRSN recommande que l'indisponibilité d'une fonction du noyau dur, permettant de prévenir ou limiter des rejets radioactifs massifs, fasse l'objet d'un événement de groupe 1 au sens du chapitre III des RGE, avec un délai maximal alloué pour la mise en œuvre de mesures conservatoires ou d'actions correctives n'excédant pas trois jours. Toutefois, l'IRSN estime que les règles générales de cumuls d'événements des STE n'ont pas à être appliquées entre une fonction spécifiquement requise au titre du noyau dur et une fonction requise à un autre titre dans la démonstration de sûreté.

**Recommandation n° 4**

L'IRSN recommande que les SSC du noyau dur fassent l'objet d'essais fonctionnels périodiques au titre du chapitre IX des RGE intégrant des critères de sûreté représentatifs du risque que ces SSC ne soient plus aptes à assurer leurs missions. Ces critères devront être classés en groupe A. De plus, EDF devra définir les critères de suivi des performances des SSC du noyau dur, qui devront être classés en groupe B.

**Recommandation n° 5**

L'IRSN recommande qu'EDF s'assure que la maintenance actuelle des SSC existants du noyau dur permet d'obtenir la fiabilité et la disponibilité attendues pour ces SSC.

***Exigences génériques relatives à la conception du noyau dur non présentées par EDF dans le dossier versé à l'instruction***

**Recommandation n° 6**

L'IRSN recommande qu'EDF justifie les exigences de qualification des matériels existants et nouveaux du noyau dur, pour les réacteurs en exploitation et pour l'EPR, accompagnées des chargements retenus (« profils de qualification » et doses d'irradiation).

**Recommandation n° 7**

L'IRSN recommande qu'EDF identifie les SSC appartenant au noyau dur d'un réacteur qui transiteraient dans les locaux d'un autre réacteur et présente les protections ou règles d'installation prévues pour ces SSC vis-à-vis des risques de défaillance de mode commun.

***Exigences non génériques relatives à la conception du noyau dur***

**Recommandation n° 8**

Pour les nouvelles dispositions du noyau dur, l'IRSN recommande qu'EDF :

- justifie les technologies et options de conception retenues, en regard du niveau de fiabilité attendu pour le noyau dur, en s'appuyant sur les enseignements du retour d'expérience - lorsqu'il est disponible, ou, pour les équipements ne disposant pas d'éléments probants de retour d'expérience, sur une analyse des modes de défaillance possibles ;
- justifie, pour les SSC nouveaux implantés dans des locaux existants, qu'ils sont protégés contre les effets induits par une agression « noyau dur » ;
- justifie de la suffisance des dispositions retenues à la conception, afin d'assurer une maintenance en adéquation avec les objectifs de fiabilité et de disponibilité des SSC du noyau dur, notamment en termes de détection précoce d'éventuels dysfonctionnements ainsi que d'optimisation des délais de réparation.

***Propositions d'EDF portant sur la résistance du noyau dur aux effets induits des agressions extrêmes jugées insuffisantes***

**Recommandation n° 9**

L'IRSN recommande qu'EDF étudie, pour les situations identifiées de risque de rupture de tuyauterie haute énergie résultant d'un séisme de niveau SND, les effets de jets induits sur les SSC du noyau dur.

**Recommandation n° 10**

Afin d'éviter qu'un incendie d'origine électrique ne puisse impacter des SSC du noyau dur, l'IRSN recommande qu'EDF justifie que tous les organes de coupure électrique rempliront leur fonction d'isolement, en cas de défaut électrique consécutif à une agression « noyau dur » survenant sur des équipements n'appartenant pas au noyau dur et qui resteraient temporairement alimentés électriquement (avant la perte totale des alimentations électriques).

**Recommandation n° 11**

Afin de maîtriser les risques d'explosion susceptibles d'impacter des SSC du noyau dur, l'IRSN recommande que, pour les batteries n'appartenant pas au noyau dur et qui resteraient temporairement alimentées électriquement après l'agression « noyau dur » (avant la perte totale des alimentations électriques), EDF justifie :

- que les ventilations des locaux batteries permettant d'éviter la création d'une atmosphère explosive restent fonctionnelles à la suite d'une agression « noyau dur » (débit suffisant, clapets coupe-feu ou registres maintenus ouverts, secours électrique des ventilations...);

ou

- qu'il existe une période de grâce suffisante pour mettre en œuvre les actions permettant de maîtriser le risque d'explosion.

EDF devra en outre examiner les actions de vérification et de mise en sécurité à mettre en œuvre lors de ces situations accidentelles.

**Recommandation n° 12**

L'IRSN recommande que la robustesse des équipements du noyau dur aux effets induits par un séisme de niveau SND soit vérifiée en tenant compte des risques d'inondation provenant de la défaillance (rupture ou fuite non isolable) de tuyauteries de diamètre > DN50 non dimensionnées au séisme, situées dans les locaux (hors bâtiment réacteur) séparés d'un « local noyau dur » par une porte ou susceptibles d'inonder un « local noyau dur » via des gaines de ventilation. Un « local noyau dur » comprend un local contenant un ou des SSC du noyau dur ainsi que les locaux adjacents non séparés physiquement par des voiles ou des portes.

**Recommandation n° 13**

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie la robustesse du noyau dur à des incendies initiés par des équipements situés dans des locaux hors « locaux noyau dur », dont l'inflammation n'est pas écartée suite à une agression extrême. Dans ce cadre, les dispositions de sectorisation incendie peuvent être valorisées.

Une priorisation des situations à analyser pourra être réalisée en fonction des charges combustibles présentes dans ces locaux et des caractéristiques des parois présentes entre la source d'incendie potentielle et les équipements du noyau dur.

Un « local noyau dur » comprend un local contenant un ou des SSC du noyau dur ainsi que les locaux adjacents non séparés physiquement par des voiles ou des portes.

#### **Recommandation n° 14**

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie la robustesse du noyau dur à des explosions initiées par des équipements situés dans des locaux hors « locaux noyau dur », lorsque ce risque d'explosion ne peut être écarté suite à une agression extrême (résistance de ces équipements). Dans ce cadre, les dispositions de protection contre l'explosion peuvent être valorisées lorsqu'elles restent opérationnelles lors d'une agression extrême.

Un « local noyau dur » comprend un local contenant un ou des SSC du noyau dur ainsi que les locaux adjacents non séparés physiquement par des voiles ou des portes.

Cette recommandation ne concerne pas les risques d'explosion sur les batteries n'appartenant pas au noyau dur, traités dans la Recommandation n° 11.

#### **Recommandation n° 15**

L'IRSN recommande qu'EDF établisse la liste des SSC « agresseurs » sans requis sismique, dédouanés par calcul dans la démarche « séisme-événement » et reconduits dans la démarche « effets induits » pour le séisme de niveau SND, vis-à-vis des cibles suivantes :

- les SSC du noyau dur ou en interface du noyau dur ;
- les tuyauteries d'hydrogène n'appartenant pas au noyau dur pour lesquelles une perte d'intégrité, suite à une chute ou un choc provenant d'autres composants et structures, est susceptible de conduire à un risque d'explosion ou d'inflammation pouvant impacter des SSC du noyau dur.

Pour l'ensemble de ces SSC « agresseurs », l'IRSN recommande qu'EDF vérifie que la justification de leur tenue apportée par le calcul dans le cadre de la démarche « séisme-événement » reste valable pour un séisme de niveau SND.

#### **Recommandation n° 16**

L'IRSN recommande qu'EDF justifie du caractère suffisant du déploiement partiel de la démarche « effets induits » sur les réacteurs autres que les Tranches Têtes de Série (TTS) et présentant des spécificités vis-à-vis des effets induits par les agressions « noyau dur » et définisse les modalités de pérennisation dans le temps de la prise en compte des exigences issues de la démarche « effets induits » sur les installations (exploitation, modification, ...).