

Fontenay-aux-Roses, le 14 février 2017

Monsieur le président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2017-00058

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF - palier CPY - Principes de conception et d'utilisation de la distribution électrique et du contrôle-commande du noyau dur

Réf. Lettre ASN - CODEP-DCN-2016-022363 du 15 juin 2016

Par la lettre en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a souhaité recueillir l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur « *les principes de conception et d'utilisation de la distribution électrique et du contrôle-commande du noyau dur des tranches CPY* ». L'ASN a précisé : « *Vous m'indiquerez dans ce cadre si les dispositions prévues sont de nature, d'une part à remettre en cause la sûreté des réacteurs, d'autre part à permettre d'atteindre les objectifs de sûreté indiqués dans les prescriptions ci-dessous :*

- *ECS-1.III : Pour ce noyau dur, l'exploitant met en place des SSC indépendants et diversifiés par rapport aux SSC existants afin de limiter les risques de mode commun. L'exploitant justifie le cas échéant le recours à des SSC non diversifiés ou existants ;*
- *ECS-ND4 : Le noyau dur comprend un système de contrôle-commande et une distribution électrique aussi indépendants que possible des moyens existant à la date où les évaluations complémentaires de sûreté imposées par la décision du 5 mai 2011 susvisée ont été engagées, sauf pour les cas où cette indépendance est une source de moindre fiabilité du noyau dur ».*

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 8 440 546 018

Le présent avis de l'IRSN répond à cette demande de l'ASN.

L'IRSN a mené son évaluation du contrôle-commande et de la distribution électrique du noyau dur (ND) sur la base des éléments apportés par EDF en 2014, puis de plusieurs évolutions ou projets d'évolutions plus récents. L'analyse de ces éléments a été complétée par une visite technique sur le site de Tricastin.

Contrôle-commande

EDF a présenté ses principes de conception du contrôle-commande noyau dur (CCND) du palier CPY, fondés sur le respect des règles éprouvées du « Recueil des règles de Conception et de Construction des matériels Électriques des îlots nucléaires » (RCC-E) et sur l'utilisation d'une technologie conventionnelle à base de relaying, complétée par deux automates numériques qui seront validés et qualifiés selon les règles du RCC-E.

L'IRSN estime que ces technologies et ces règles de conception permettent de réaliser les fonctions de contrôle-commande du noyau dur (ND) de façon cohérente avec le contrôle-commande existant (CCE) en termes de conception, d'utilisation et de maintenance. Elles permettent également de démontrer la qualité du CCND, sa fiabilité, sa durée de vie et son aptitude à assurer sa mission pendant la durée requise.

Concernant l'indépendance, la conception du CCND est contrainte par la nécessité de contrôler en situation ND, en plus des nouveaux actionneurs du ND, environ 50 actionneurs existants qui sont actuellement contrôlés par le CCE et le resteront dans toutes les situations non-ND. Une dizaine de ces 50 actionneurs nécessite, en situation ND, un pilotage incompatible avec les fonctions du CCE.

EDF a étudié la faisabilité d'un CCND totalement indépendant du CCE, donc alimenté par la polarité produite par le diesel d'ultime secours (DUS), et comportant nécessairement 50 « aiguillages », insérés sur les trajets des signaux du CCE, pour que les actionneurs mentionnés ci-dessus soient pilotés par le CCND ou par le CCE selon la situation. Chaque aiguillage est un ensemble complexe traitant les commandes de l'actionneur et la signalisation associée, interconnecté avec le CCE puisqu'il s'insère sur le trajet de ses signaux ; cet aiguillage devant mixer les commandes du CCND avec celles du CCE de sauvegarde, il mixe les polarités électriques ND et non-ND (sauvegarde) portant ces commandes.

EDF a montré que la nécessité fonctionnelle d'interagir avec le CCE empêche le CCND d'en être totalement indépendant, géographiquement et électriquement. De plus, le taux d'occupation très élevé des locaux et des chemins de câbles, constaté par l'IRSN lors d'une visite technique sur site, empêche de déployer des moyens de découplage galvanique et de protection coupe-feu à l'échelle requise par la mise en place de 50 aiguillages.

L'IRSN estime que la recherche d'un CCND totalement indépendant introduirait paradoxalement des modes de propagation de défaillance par contact électrique et par incendie entre le CCND, la voie de sauvegarde A et la voie de sauvegarde B, qui remettraient en cause la sûreté des réacteurs et constitueraient une cause de moindre fiabilité du noyau dur lui-même.

Pour résoudre ce problème, EDF a proposé de réaliser le CCND des actionneurs ND existants en utilisant le CCE de ces actionneurs s'il est robuste aux agressions ND et à leurs effets induits. Ce principe limite à environ 10 au lieu de 50 le nombre d'actionneurs existants dont le CC nécessite des modifications, au demeurant moins lourdes que l'ajout d'aiguillages. L'IRSN estime que ce principe favorise la fiabilité du CCND et du CCE, et préserve l'espace nécessaire à l'ajout du CCND des capteurs et actionneurs nouveaux, rendant ainsi le problème soluble malgré le taux élevé d'occupation des locaux ; l'alimentation du CCND par basculement des sources électriques (ND ou non-ND) en amont du contrôle-commande évite d'y faire cohabiter des polarités différentes et élimine le problème de propagation de défaillances mentionné ci-avant.

Concernant la diversification, le CCND fournit par principe des fonctions diversifiées par rapport à celles du CCE, conformément à la prescription de l'ASN. Les technologies conventionnelles retenues pour la plus grande partie du CCND, particulièrement simples, n'appellent pas de diversification technologique et sont utilisées, en France comme à l'international, sans faire l'objet d'une telle disposition ; l'IRSN estime donc que le recours à ces technologies conventionnelles fiables justifie de ne pas les diversifier technologiquement. Par ailleurs, les deux automates numériques mentionnés ci-avant, qui contrôlent le DUS et le système de refroidissement ultime, sont technologiquement diversifiés par rapport au contrôle-commande existant du palier CPY, réalisé en technologie conventionnelle.

EDF a indiqué que le CCND sera qualifié au séisme ND et sera protégé des inondations ND et phénomènes potentiellement liés (vents extrêmes, foudre et grêle), ainsi que de la tornade ND.

Concernant la robustesse aux effets induits par ces agressions ND, EDF a décrit les principes permettant de garantir l'alimentation électrique du CCND même si des matériels non-ND agressés induisent des perturbations électriques comme des courts-circuits. L'IRSN estime ces principes acceptables.

Une partie du CCND devant nécessairement être déployée dans les locaux électriques (par exemple les interfaces avec les actionneurs et capteurs ND existants et avec leur CCE), ceux-ci doivent assurer sa protection contre les effets induits physiques tels que l'inondation interne. L'IRSN considère que le déploiement dans ces mêmes locaux du reste du CCND (hormis la partie dédiée aux bâtiments nouveaux) s'impose alors pour des raisons de cohérence de la conception, de réduction de longueur des lignes de transmission, de présence des alimentations et des fonctions support et de maintenance.

L'IRSN estime ainsi que les principes retenus par EDF pour rendre le CCND robuste aux agressions ND et à leurs effets induits sont acceptables ; la démonstration de robustesse proprement dite devra être effectuée par EDF sur le CCND réalisé, notamment pour démontrer que les locaux électriques assurent la protection physique requise.

Les locaux du contrôle-commande « analogique » (traitements relatifs aux grandeurs thermodynamiques) étant particulièrement chargés, EDF vérifiera s'il est possible, dans tous les réacteurs du palier CPY, d'y déployer le CCND « analogique » en utilisant la technologie simple mais volumineuse du palier CPY et, dans la négative, proposera une solution à ce problème.

EDF utilisera pour le CCND et plus généralement en VD4-900 des platines de relayage « densifiées », comportant deux fois plus de relais que celles d'origine à encombrement égal ; des platines densifiées sont déjà déployées sur des systèmes non classés sans poser de problème de fiabilité, mais EDF informera l'ASN et l'IRSN si un tel problème apparaissait malgré tout.

Distribution électrique

Les principes de conception proposés par EDF pour la distribution électrique du noyau dur ont notablement évolué et ne sont toujours pas figés à ce jour. L'IRSN ne connaît donc pas complètement l'architecture et les principes de conception finalement retenus par EDF pour la réalisation de la distribution électrique du noyau dur du palier CPY.

La position de l'IRSN exprimée dans cet avis est donc susceptible d'évoluer lorsqu'EDF diffusera la mise à jour des principes de conception de la distribution électrique du noyau dur du palier CPY.

EDF a choisi d'alimenter directement les équipements haute tension du noyau dur, qui sont nouveaux, depuis un nouveau tableau alimenté par le DUS, présent dans le même bâtiment que ce dernier. Pour les équipements du noyau dur alimentés en basse tension (BT), EDF valorise des équipements existants appartenant à la voie B et les nouveaux équipements BT seront de manière préférentielle adossés à la voie B. Les équipements existants appartenant au noyau dur doivent pouvoir être alimentés par la distribution électrique existante en situation non noyau dur et par la distribution électrique du noyau dur en situation noyau dur.

La fiabilité d'une alimentation électrique dépend tout d'abord fortement de celle de ses sources d'alimentation électrique (ici en l'occurrence du DUS, sujet traité par ailleurs). De plus, la qualité et la fiabilité de la partie distribution électrique reposent d'une part sur les règles et principes de conception utilisés et d'autre part sur la fiabilité intrinsèque des équipements employés. EDF indique que les équipements électriques nouveaux du noyau dur respecteront les prescriptions du RCC-E, des cahiers des spécifications techniques et des cahiers des règles techniques en vigueur, complétées par des requis spécifiques en termes de tenue aux agressions extrêmes. Pour les équipements électriques existants du noyau dur, EDF valorisera uniquement les matériels dont la robustesse aux agressions extrêmes aura été justifiée. L'IRSN estime que ces dispositions sont de nature à garantir une fiabilité et une qualité adéquates pour assurer l'alimentation électrique des actionneurs du noyau dur.

Le respect des requis spécifiques au noyau dur, en termes de robustesse aux agressions ND et à leurs effets induits, reste néanmoins à valider par EDF pour chaque équipement de la distribution électrique du ND.

Concernant l'indépendance, l'IRSN estime que les distributions électriques ND et non-ND doivent être telles qu'un défaut électrique ne puisse pas se propager de l'une vers l'autre ou les rendre indisponibles en même temps. Les nouveaux actionneurs haute tension spécifiquement ajoutés pour le noyau dur ne sont alimentés que par un nouveau tableau dédié, ils sont donc indépendants de la distribution électrique classée existante et respectent les prescriptions de l'ASN [ECS-1.III] et [ECS-ND4]. Pour les actionneurs basse tension (BT), la situation est plus compliquée au regard de plusieurs contraintes mises en avant par EDF : nombre important d'actionneurs existants utilisés dans le ND, encombrement des locaux électriques, interfaces avec les circuits fluides existants et nécessité de pouvoir alimenter les équipements ND existants aussi bien par la distribution non-ND que par la distribution ND (suivant la situation). L'IRSN convient du fait que, à partir du moment où EDF doit réalimenter, en situation ND, des équipements existants BT, une indépendance totale est impossible à obtenir pour la basse tension.

Pour réaliser le basculement de l'alimentation électrique des équipements BT existants du ND sur l'alimentation électrique ND, EDF a choisi d'insérer des inverseurs de sources au niveau des tableaux électriques BT. EDF a indiqué :

- qu'il vérifiera que ces inverseurs permettent d'isoler les matériels du noyau dur des surtensions provenant des matériels non-ND, en situations ND, ainsi que la réciproque pour éviter toute régression de la sûreté en situations non-ND ;
- qu'il démontrera la robustesse de la distribution électrique ND ainsi que de la distribution électrique non-ND impactée par les modifications noyau dur aux courts-circuits, en réalisant des études de sélectivité pour toutes les configurations possibles en fonctionnement normal et accidentel.

Ces éléments sont satisfaisants.

Concernant la diversification, EDF indique que les équipements nouveaux du noyau dur seront différents des équipements existants sachant que, depuis la mise en service des réacteurs, les gammes proposées par les fournisseurs ont évolué et les exigences de conception sont devenues plus contraignantes. L'IRSN considère que cela permet d'obtenir une diversification suffisante pour les équipements nouveaux.

Dès lors que le noyau dur utilise des équipements existants, la diversification par rapport à l'existant ne peut être qu'au mieux partielle et c'est donc la suffisance de cette diversification partielle, ou la justification de l'absence de diversification, qu'il convient alors d'examiner.

Les batteries sont des équipements sensibles au risque de défaillance par cause commune. Les batteries de la voie A sont d'ailleurs déjà diversifiées technologiquement par rapport aux batteries de la voie B qui seront utilisées en situation ND. L'IRSN estime que la solution retenue par EDF permet une diversification satisfaisante entre les batteries existantes de la voie A et les batteries ND.

EDF ayant choisi de placer les inverseurs de sources juste en amont des chargeurs redresseurs existants, ces derniers seront donc désormais nécessaires dans toutes les situations. Néanmoins, ils sont plus complexes et donc a priori moins fiables que des câbles ou des tableaux électriques ; de plus, ils sont en permanence sous tension et exposés à d'éventuels défauts du réseau électrique dans toutes les situations. EDF a précisé que l'encombrement des locaux électriques rend impossible l'ajout de redresseurs dédiés au noyau dur, que la fiabilité des redresseurs existants est assurée par le programme de maintenance préventive et la présence de deux redresseurs redondants, et que la conception et la nature des composants constitutifs d'un redresseur étant très similaires entre fournisseurs, cela laisse très peu d'opportunité quant à la diversification technologique. L'IRSN considère que les redresseurs utilisent une technologie éprouvée puisqu'ils sont installés sur les voies de sûreté des tranches CPY depuis leur origine ; de plus les redresseurs redondants, de capacité deux fois 100 %, sont connectés à des tableaux amonts différents et ne sont donc pas soumis aux mêmes sollicitations ni aux mêmes éventuels défauts électriques. Toutefois, **EDF n'a pas présenté son analyse du retour d'expérience de ces redresseurs, ce qui conduit l'IRSN à formuler la recommandation n°1 en annexe.**

Sous réserve d'un retour d'expérience favorable des redresseurs, l'IRSN considère que les éléments ci-avant justifient l'utilisation dans le noyau dur de matériels existants et l'absence de diversification technologique.

Enfin, l'ajout du noyau dur ne doit pas remettre en cause la sûreté des réacteurs dans les situations non noyau dur. À ce stade du projet, EDF ne prévoit d'utiliser aucun équipement existant de la voie A en situation ND. L'IRSN considère que le fait que la voie A soit totalement indépendante de la distribution électrique du noyau dur permet de garantir le maintien de l'indépendance entre les voies A et B de la distribution électrique existante.

En voie B, l'introduction d'inverseurs diminue, par principe, la fiabilité de la distribution non noyau dur. Il faut donc s'assurer que ces inverseurs sont aussi fiables que possible, car leur défaillance pourrait rendre impossible l'alimentation électrique des actionneurs depuis l'une ou l'autre des deux sources électriques.

EDF a précisé que ces inverseurs seront conçus sur la base d'équipements éprouvés, utilisés actuellement sur certains de ses réacteurs avec un retour d'expérience très favorable, et qu'ils ont fait l'objet d'études d'adaptation par les concepteurs d'origine, dans l'objectif de répondre aux nouveaux requis de conception noyau dur. Toutefois, **EDF n'a pas présenté son analyse du retour d'expérience de ces équipements, ce qui conduit l'IRSN à formuler la recommandation n°2 en annexe.**

Conclusion

L'IRSN estime que les principes de conception et d'utilisation du CCND et de la distribution électrique du noyau dur des tranches CPY présentés par EDF permettent d'atteindre les objectifs de sûreté correspondants fixés par l'ASN sans remettre en cause la sûreté des réacteurs. EDF devra néanmoins prendre en compte les recommandations n° 1 et 2, visant à démontrer le retour d'expérience favorable des équipements électriques concernés.

L'IRSN souligne toutefois que la mise en œuvre de ces principes nécessite en particulier la démonstration de la robustesse aux agressions noyau dur et à leurs effets induits d'un nombre important d'équipements existants, qui reste à examiner dans un autre cadre.

Pour le directeur général, par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe à l'Avis IRSN/2017-00058 du 14 février 2017

Recommandations

Recommandation n° 1 : L'IRSN recommande qu'EDF présente son analyse du retour d'expérience des redresseurs du palier CPY qui seront utilisés pour le noyau dur afin de s'assurer que la fiabilité de ces équipements est compatible avec celle attendue pour le noyau dur.

Recommandation n° 2 : L'IRSN recommande qu'EDF présente son analyse du retour d'expérience des inverseurs du palier CPY qui seront utilisés pour le noyau dur afin de s'assurer que la fiabilité de ces équipements est compatible avec celle attendue pour le noyau dur.