

Fontenay-aux-Roses, le 24 janvier 2014

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis/IRSN N° 2014-00021

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF - Réacteur EPR de Flamanville 3
Instruction anticipée en vue de la mise en service - Distribution électrique

Réf. Lettre ASN CODEP-DCN-2013-027682 du 10 juin 2013

Dans le cadre de l'instruction anticipée de la demande de mise en service de l'EPR de Flamanville 3, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande, par lettre citée en référence, l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la conception et le dimensionnement de la distribution électrique qui intervient dans la démonstration de sûreté de ce réacteur.

Sur la base des informations disponibles, l'IRSN a analysé le dimensionnement et la conception des équipements classés de sûreté de la distribution électrique ainsi que leurs sources de secours (batteries et alternateurs des groupes électrogènes diesels).

L'IRSN souligne que l'alternateur principal et les sources externes bien que non classés ont été inclus dans le périmètre de l'analyse car ils sont susceptibles de provoquer des perturbations sur le réseau interne de l'îlot nucléaire. En revanche, la conception des groupes électrogènes diesels, la qualification des matériels aux conditions d'environnement, les essais sur site et la maintenance préventive sont analysés par l'IRSN dans d'autres cadres et ne sont donc pas traités dans le présent avis.

1 DESCRIPTION DE LA DISTRIBUTION ELECTRIQUE

Les équipements électriques de l'îlot nucléaire et de la station de pompage sont alimentés de manière privilégiée par des sources externes : les deux lignes électriques externes du Réseau de transport d'électricité (RTE) et l'alternateur principal, qui sont non classés.

En cas de perte de ces sources, les équipements classés de sûreté, qui sont répartis dans quatre divisions électriques redondantes, sont alimentés par des sources internes de secours classées :

- quatre groupes électrogènes principaux ;
- deux groupes électrogènes d'ultime secours (dans les divisions 1 et 4) ;
- six systèmes d'alimentation sans coupure, composés d'un redresseur et de batteries qui peuvent alimenter de manière temporaire le contrôle-commande et certains équipements :

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

- un système d'alimentation sans coupure alimente les systèmes de contrôle-commande de chaque division avec une autonomie de 2 heures à pleine charge,
- un autre système d'alimentation sans coupure alimente, pour les divisions 1 et 4, les dispositifs participant à la gestion des accidents graves avec une autonomie de 12 heures à pleine charge. Il est prévu que l'autonomie des batteries « accident grave » soit portée à 24 heures dans le cadre des actions post-Fukushima.

2 RAPPEL DES DEMANDES FORMULEES PAR L'ASN EN 2009

Au cours de l'instruction précédente, l'ASN avait formulé plusieurs demandes relatives à :

- l'indépendance des deux sources externes ;
- l'indépendance électrique entre les différents systèmes alimentés par la source « sans interruption 2 heures » d'une division ;
- la diversification des équipements ;
- la protection des récepteurs de sûreté vis-à-vis des transitoires pouvant affecter l'alimentation normale.

L'IRSN estime que, sur les trois premiers points, les réponses apportées par EDF aux demandes de l'ASN sont satisfaisantes. Le dernier point reste en revanche à instruire et a fait l'objet d'un engagement d'EDF sur la mise à jour de l'étude des transitoires électriques (basculement de sources, démarrage de moteurs) dans la configuration où la centrale est alimentée par les sources externes.

3 ANALYSE DE LA CONCEPTION DE LA DISTRIBUTION ELECTRIQUE

3.1 ANALYSE DE L'INDEPENDANCE ENTRE DIVISIONS

Afin de limiter les risques de défaillance par mode commun, les quatre divisions sont indépendantes. Toutefois, en fonctionnement normal, l'alimentation par le réseau électrique externe est commune aux quatre divisions. Des dispositions sont prises afin que la propagation d'un défaut électrique vers les quatre divisions ne les perturbe pas durablement.

L'IRSN a examiné les défauts de cause commune qui pourraient affecter simultanément plusieurs divisions. À cet égard, les batteries s'avèrent être des équipements sensibles. En effet, les batteries retenues sont, pour toutes les divisions, de technologie « plomb ouvert ». Le vieillissement de ce type de batteries entraînant une diminution de leur fiabilité et de leur capacité, EDF a prévu de remplacer les batteries lorsque les essais périodiques montreront que leur capacité est devenue trop faible. Toutefois, l'IRSN souligne qu'il est possible que la fiabilité des batteries diminue avant la perte de leur capacité. Afin de limiter le risque de défaillance par mode commun lié au vieillissement des batteries, l'IRSN estime qu'EDF doit instaurer, entre divisions, un décalage en âge des batteries (recommandation n°1).

EDF prévoit par ailleurs des interconnexions entre divisions afin de réaliser, tranche en marche, la maintenance de certains équipements. L'IRSN estime satisfaisantes les dispositions prises par EDF afin de limiter le risque de perte d'indépendance entre les divisions dues à ces interconnexions.

3.2 ANALYSE DU DIMENSIONNEMENT DES SOURCES INTERNES

EDF a dimensionné les groupes électrogènes pour des transitoires jugés dimensionnants en regard de la puissance nécessaire à l'alimentation des consommateurs.

L'IRSN a vérifié que les études présentées permettent de respecter les critères en termes de variation de tension et de fréquence. Toutefois, l'IRSN souligne que le choix des transitoires et les bilans de puissance ont fait l'objet de demandes de justifications complémentaires dans le cadre de l'analyse par l'IRSN de la conception des diesels : la prise en compte des recommandations nécessitera la reprise des études précitées.

EDF a évalué les performances des groupes électrogènes, notamment le comportement dynamique. L'IRSN estime que le comportement théorique des groupes électrogènes devra être confirmé lors des essais de démarrage. L'IRSN portera une attention particulière à ce point lors des analyses des procédures et résultats d'essais sur site.

EDF a dimensionné les batteries et leur chargeur pour alimenter les charges en régime permanent et lors de surcharges dues à des transitoires liés aux basculements de source. L'IRSN estime que le dimensionnement présente des marges, ce qui est satisfaisant.

3.3 ANALYSE DE LA COORDINATION DES EQUIPEMENTS

La robustesse de la distribution électrique est garantie grâce à la coordination des équipements entre eux. Cette coordination est analysée selon trois aspects principaux :

- la coordination en tension qui vise à rendre le réseau robuste vis-à-vis des surtensions internes et externes ;
- la coordination en courant qui vise à dimensionner les équipements de la distribution interne, notamment vis-à-vis des courants de court-circuit ;
- la coordination des protections qui vise à garantir une élimination rapide et sélective des défauts électriques (i.e. au plus près du défaut).

L'IRSN a analysé les choix de conception d'EDF au regard de la sûreté.

Pour la **coordination en tension**, EDF a présenté et modélisé les dispositions de conception choisies pour limiter la propagation d'une surtension dans les quatre divisions. EDF a précisé que des dispositions de surveillance et des actions étaient prises aux niveaux amont des équipements de la distribution électrique afin d'isoler le réseau interne en cas d'évènement. Si toutefois une surtension venait à se propager jusqu'aux équipements classés de sûreté, des protections ont été ajoutées au niveau des chargeurs/redresseurs de batteries afin de garantir leur disponibilité. EDF a indiqué qu'il mettrait à jour son étude. L'IRSN a formulé des attentes quant au contenu de l'étude (**observation n° 1**).

En complément des éléments transmis et conformément aux recommandations émises par le groupe de travail DIDEYSYS de l'OCDE/CSNI, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF analyse les conséquences de la défaillance des équipements non classés sur les équipements classés de la distribution électrique (**recommandation n° 2**).

Pour la **coordination en courant**, EDF s'est engagé à mettre à jour l'étude de « sélectivité » afin de démontrer la tenue des câbles et des tableaux au courant de court-circuit maximal qu'ils sont susceptibles de subir en cas de défaut (**observation n° 2**).

La mise à jour de cette étude permettra aussi de valider la **coordination des protections** pour les différentes configurations du réseau (alternateur couplé au réseau externe, réseau externe seul, îlotage, diesels couplés au réseau, diesels seuls).

Lors de l'instruction, EDF a précisé que les essais sur site permettront de confirmer la robustesse de la distribution électrique aux harmoniques. L'IRSN portera une attention particulière à ce point lors des analyses des procédures et résultats d'essais.

4 RETOUR D'EXPERIENCE

L'IRSN a aussi analysé la robustesse de la distribution électrique de l'EPR vis-à-vis d'évènements tels ceux survenus à Byron 2 le 30 janvier 2012 et à Forsmark 3 le 19 mai 2013. Ces deux évènements ont mis en évidence la sensibilité des réseaux de distribution électrique aux défauts déséquilibrés. La perte d'une seule phase ou au contraire le maintien sous tension d'une seule phase peuvent ne pas être détectés par les protections et conduire à des situations où les équipements de sûreté sont alimentés dans des conditions électriques dégradées.

Suite à l'instruction, l'IRSN estime que les dispositions retenues par EDF permettront de détecter le dysfonctionnement d'une seule phase.

L'incident de Dampierre-en-Burly survenu le 9 avril 2007, cité dans la lettre en référence, résulte d'un phénomène de vieillissement localisé sur certains équipements. L'IRSN souligne que les dispositions à prendre en compte pour réduire ce risque relèvent de la qualification et du suivi en exploitation.

5 CONTENU DU RAPPORT DE SURETE

L'IRSN estime que le chapitre 8 « Alimentations électriques » du rapport de sûreté (RDS) décrit de manière détaillée les sources et le réseau de distribution électrique, ce qui permet la compréhension de la distribution électrique de l'EPR. Le contenu du chapitre ne permet toutefois pas de distinguer les enjeux industriels des enjeux de sûreté qui ont conduit aux solutions retenues.

EDF indique dans ce chapitre les exigences de sûreté qui s'appliquent au réseau et aux équipements électriques mais n'apporte pas la démonstration du respect de ces exigences. L'IRSN estime que cette démonstration devra être apportée au stade de la demande d'autorisation de mise en service. Elle devra s'appuyer sur des éléments justificatifs acquis au cours des différentes étapes de conception et de réalisation.

À cet égard, l'IRSN rappelle le rôle primordial des essais sur site pour ce qui concerne la vérification de la conformité de la distribution électrique et de sa robustesse. Ainsi, l'IRSN estime que la complémentarité des différents éléments de démonstration des exigences de sûreté de la distribution électrique devra être apportée. À ce titre, EDF devra préciser à quelle phase du projet (conception, essais constructeur, essais de démarrage) ces éléments seront démontrés (**observation n° 3**). De plus, les études de « sélectivité » et des transitoires électriques jouant un rôle important dans la

coordination de la distribution électrique, l'IRSN estime qu'EDF devrait mentionner ces études en référence dans le RDS (**observation n° 4**).

6 CONCLUSIONS

L'IRSN estime que les dispositions de conception de la distribution électrique de l'EPR-FA3 sont de nature à garantir les exigences de sûreté.

Toutefois, l'IRSN a identifié un risque de défaillance par mode commun lié au vieillissement des batteries. En conséquence, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF introduise une diversification en âge entre les batteries des différentes divisions.

Pour ce qui concerne le dimensionnement de la distribution électrique, l'IRSN note l'engagement de l'exploitant de mettre à jour les études de sélectivité et les études de transitoire de l'alimentation de l'îlot conventionnel.

Enfin, l'IRSN rappelle le rôle primordial des essais de démarrage pour ce qui concerne la vérification de la conformité de la distribution électrique et de sa robustesse. À ce titre, des éléments complémentaires tels que les performances des groupes électrogènes et la robustesse de la distribution électrique aux harmoniques devront être vérifiés dans le cadre des essais de démarrage.

Pour le Directeur général de l'IRSN, et par délégation,
La Directrice des systèmes, des nouveaux réacteurs et
des démarches de sûreté

S. CADET-MERCIER

Annexe 1 à l'avis IRSN/2014-00021 du 24 janvier 2014

Recommandations

Recommandation n°1 :

L'IRSN recommande qu'EDF anticipe le remplacement de certaines batteries afin d'introduire une diversification en âge entre les batteries des différentes divisions et ainsi limiter les risques de défaillance par mode commun. L'IRSN souligne que cette stratégie d'anticipation du remplacement des batteries devra être mentionnée dans les programmes de maintenance.

Recommandation n°2 :

L'IRSN recommande qu'EDF étudie, avant l'autorisation de mise en service, l'impact des défaillances des équipements non classés de la distribution électrique sur les équipements classés afin de vérifier que les variations de tension et de fréquence restent dans les plages définies par le RCC-E.

Annexe 1 à l'avis IRSN/ IRSN/2014-00021 du 24 janvier 2014

Observations

Observation n°1 :

L'IRSN estime que, dans le cadre de la mise à jour de l'étude des transitoires de l'alimentation normale de l'îlot conventionnel, EDF devra préciser sa position sur la proposition de suppression de la protection ilotage ($ULGi < 0,7$ Un pendant 2,5 secondes) et transmettre les éléments suivants :

- la justification du caractère enveloppe des scénarios et des conditions initiales choisis ;
- les critères retenus pour l'analyse des résultats ;
- la prise en compte des régulations de vitesse et de tension dans tous les scénarios ;
- la justification de la représentativité des scénarios sous Eurostag (le court-circuit pour une chute de tension) ;
- la justification du caractère représentatif ou enveloppe des régulations ;
- des analyses de sensibilité pour les données ayant une incertitude élevée et un impact potentiellement non négligeable sur les résultats ;
- la justification de la suffisance des marges en tension sur les tableaux classés eu égard aux incertitudes de modélisation ;
- la précision dans les résultats affichés.

Observation n°2 :

L'IRSN estime qu'EDF doit intégrer, dans la mise à jour de l'étude de sélectivité, la démonstration de la tenue des câbles et des tableaux aux courants maximaux de court-circuit.

Observation n°3 :

L'IRSN estime que le RDS devrait expliciter la démarche retenue pour démontrer que la distribution électrique retenue pour l'EPR satisfait les exigences relatives aux dispositions de conception, à la qualification et aux essais.

Observation n°4 :

L'IRSN estime que les documents, en particulier les études de transitoires et les études de sélectivité, qui permettent la validation de la robustesse de la distribution électrique devraient être référencés dans le RDS.