



Fontenay-aux-Roses, le 23 janvier 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00006

Objet : Analyse des notes de synthèse de qualification des matériels électriques dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe.

Réf. : [1] Avis IRSN - 2018-00043 du 23 février 2018.
[2] Lettre ASN - CODEP-DCN-2021-0079688 du 4 mars 2021.
[3] Avis IRSN - 2021-00196 du 8 décembre 2021.
[4] Courrier ASN - CODEP-DCN-2022-025378 du 30 juin 2022.
[5] Saisine CODEP-DCN-2023-008171 du 30 mars 2023.

1. CONTEXTE

Les réacteurs nucléaires du parc en exploitation ont été conçus avec une hypothèse de durée de vie de quarante ans. La qualification¹ des matériels classés de sûreté présents sur ces installations a été effectuée au regard de cette hypothèse. Avec l'extension de la durée de fonctionnement des réacteurs au-delà de 40 ans, Électricité de France (EDF) a présenté, lors du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, une stratégie générale visant à étendre, lorsque possible, la durée de vie qualifiée des matériels de 40 à 50 ans (VD4 + 10 ans)². Les matériels non éligibles à cette extension sont remplacés. À la suite de l'avis émis par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) [1], cette démarche a été jugée acceptable par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) [2].

Dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe, EDF a commencé à décliner sa démarche et a établi, pour de nombreux matériels électriques classés de sûreté, des notes de stratégie de qualification progressive (NSQP). Ces notes définissent, par famille de matériels électriques, les méthodes à mettre en œuvre pour vérifier que leur durée de vie qualifiée peut être étendue (*cf.* paragraphe 2). Ces NSQP ont été expertisées par l'IRSN [3] qui les a jugées globalement satisfaisantes hormis pour les fusibles HTA, ce qui fait l'objet d'une demande de l'ASN [4].

¹ Un matériel est dit qualifié lorsqu'il est démontré qu'il est apte à assurer ses fonctions, aussi longtemps que nécessaire, dans les conditions d'environnement auxquelles il est supposé être soumis en fonctionnement normal et accidentel.

² Ici, le terme VD4 + 10 ans signifie que la qualification des matériels installés est prolongée de 10 années supplémentaires après la quatrième visite décennale de chacun des réacteurs (le terme VD4 + 20 ans dans la suite de l'avis correspond à une prolongation de 20 années supplémentaires).

Les notes de synthèse de qualification (NSQ) formalisent la déclinaison des méthodes définies dans les NSQP et doivent permettre de conclure à l'extension, a minima pour 10 ans, de la durée de vie qualifiée des matériels électriques concernés. La transmission par EDF à l'ASN des différentes NSQ s'étale dans le temps et devrait être finalisée en 2027 pour les réacteurs de 1300 MWe.

Par sa saisine [5], l'ASN sollicite l'avis de l'IRSN sur les NSQ des matériels électriques transmises par EDF jusqu'au mois de juin 2023, en particulier sur celles relatives aux matériels classés 1E³ ou qualifiés K1⁴. Ceci concerne 25 NSQ dont dix sont relatives à de l'instrumentation (transmetteurs de pression, pressostats, niveaustats, thermostats, fins de course et détecteurs de niveau), huit à des moteurs haute tension, quatre à des armoires ou à des coffrets d'électroniques, une pour chacun des équipements suivants : servomoteurs basse tension, transformateurs haute tension / basse tension (HT/BT) de type sec et un dispositif de connexion de câbles.

Après un rappel au paragraphe 2 de la stratégie d'EDF pour étendre la durée de vie qualifiée des équipements, l'IRSN présente au paragraphe 3 les principales conclusions issues de l'examen des 25 NSQ susmentionnées.

2. PRÉSENTATION DE LA STRATÉGIE RETENUE PAR EDF

La stratégie mise en œuvre par EDF pour la justification du maintien, au-delà de 40 ans, de la qualification des matériels électriques, se compose des quatre étapes principales suivantes :

- l'identification de tous les repères fonctionnels de matériels électriques requis au titre des situations accidentelles du domaine de dimensionnement et du domaine complémentaire ainsi que de l'ensemble des technologies qualifiées pour les réacteurs de 1300 MWe ;
- l'analyse de la qualification initiale, du retour d'expérience et de l'obsolescence des composants identifiés à l'étape précédente ;
- l'élaboration de la stratégie de maintien de la qualification pour chaque matériel à partir des six méthodes suivantes :
 - méthode 1 : analyse des conservatismes éventuels de la qualification initiale,
 - méthode 2 : obtention de marges de durée de vie par comparaison des sollicitations réelles avec les sollicitations considérées lors de la qualification,
 - méthode 3 : détermination d'un indicateur de fin d'état qualifié permettant d'évaluer / chiffrer la durée de vie restante (3a), ou bien expertise du matériel vieilli sur site (3b),
 - méthode 4 : vieillissement ralenti par limitation des contraintes environnementales (4a) ou suppression du (ou des) mécanisme(s) de vieillissement par déplacement / protection (4b),
 - méthode 5 : extension de qualification par la réalisation d'essais de qualification prenant en compte l'augmentation de la durée de vie. Ces essais peuvent être réalisés sur un matériel installé en surnombre sur site (5a), sur un matériel prélevé sur site (5b) ou sur un matériel neuf (5c),
 - méthode 6 : remplacement (6a) ou rénovation (6b) soit totale ou partielle, à l'identique ou non ;
- la rédaction des NSQ afin de prononcer l'extension de la qualification des équipements.

Pour un même équipement, l'utilisation de plusieurs méthodes peut être envisagée pour démontrer l'extension de la durée de vie qualifiée d'un composant électrique.

³ 1E : ce classement correspond au plus haut niveau de classement de sûreté d'un matériel électrique.

⁴ Le niveau de qualification K1 concerne les équipements situés dans l'enceinte de confinement, requis pendant et/ou après l'accident (devant supporter l'ambiance accidentelle) et dont la tenue au séisme est requise.

3. ANALYSE DE L'IRSN

3.1. INSTRUMENTATIONS

La prolongation de la durée de vie qualifiée des matériels assurant la surveillance des paramètres du réacteur (capteurs de pression, de température, ...) de technologie simple et robuste repose principalement sur la comparaison du nombre de sollicitations et des conditions d'ambiance (température et irradiation) réellement subies par le matériel en exploitation avec celles retenues lors de sa qualification initiale, ce qui n'appelle pas de remarque.

Pour certains matériels plus complexes, EDF a réalisé des prélèvements sur site et des essais. Cela concerne en particulier des transmetteurs de position et de mesure de pression qui, dans de rares cas, ont présenté des défauts en exploitation. Dans le cadre de la présente expertise, EDF a précisé les améliorations mises en œuvre à la fabrication pour éviter le renouvellement de tels défauts ou justifié leur caractère résiduel et/ou leur innocuité. Sur la base des résultats des essais menés et des compléments susmentionnés, l'IRSN considère que l'extension à VD4 + 10 ans de la durée de vie qualifiée de ces transmetteurs est acceptable.

3.2. MOTEURS HT

Pour les moteurs HT, deux situations sont à considérer, d'une part celle des moteurs qualifiés K3⁵ situés à l'extérieur du bâtiment réacteur (BR) qui concerne les systèmes EAS, RCV, RIS, RRI, SEC et ASG⁶, et d'autre part celle des moteurs qualifiés K1 situés à l'intérieur du BR qui concerne le système RRA.

Pour les moteurs qualifiés K3, EDF a justifié l'existence de marges importantes entre les sollicitations subies par ces moteurs en exploitation et celles retenues lors de leur qualification initiale (cf. méthode 2 du § 2). De plus, EDF a réalisé des expertises complémentaires sur les câbles qui lui permettent de conclure que la durée de vie qualifiée de ces moteurs peut être étendue à VD4 + 10 ans, ce dont l'IRSN convient.

Pour les moteurs RRA qualifiés K1, EDF prévoit le remplacement de leurs roulements par un modèle plus performant. De plus, il a relancé la fabrication à l'identique des liaisons électriques entre la boîte à bornes et les bobinages du moteur, afin de sécuriser leur approvisionnement. Avec l'ensemble de ces mesures, l'IRSN estime que l'extension de la durée de vie qualifiée de ces moteurs à VD4 + 10 ans est acceptable.

3.3. SERVOMOTEURS

EDF a transmis la NSQ d'un fournisseur de servomoteurs qualifiés K1, K2⁷ ou K3. Dans cette NSQ, EDF précise qu'il a procédé, entre 2004 et 2006, au remplacement de nombreux moteurs de servomoteurs qualifiés K1. Ceux qui n'ont pas encore été remplacés le seront avant d'avoir 40 ans. Ainsi, tous les servomoteurs qualifiés K1 de ce fournisseur voient leur durée de vie étendue jusqu'à VD4 + 10 ans. Pour les autres servomoteurs qualifiés K2 ou K3, EDF considère que leur durée de vie qualifiée peut être étendue respectivement à VD4 + 10 ans ou VD4 + 20 ans suivant que le réglage de leur limiteur de couple⁸ est respectivement supérieur ou inférieur à la

⁵ Le niveau de qualification K3 concerne les équipements situés hors de l'enceinte de confinement, requis pendant et/ou après l'accident et dont la tenue au séisme est requise.

⁶ EAS - système d'aspersion dans l'enceinte ; RCV – système de contrôle volumétrique et chimique ; RIS – système d'injection de sécurité ; RRI – système de réfrigération intermédiaire ; SEC – système d'alimentation en eau brute ; ASG – système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur ; RRA – système de refroidissement du réacteur à l'arrêt.

⁷ Le niveau de qualification K2 concerne les équipements situés dans l'enceinte de confinement non requis après l'accident, mais dont la tenue au séisme est requise.

⁸ Ces servomoteurs intègrent un capteur d'effort qui permet l'arrêt du moteur à l'atteinte d'une valeur de couple limite.

valeur du couple garanti par le constructeur⁹. Enfin, EDF précise que l'extension de la durée de vie qualifiée de l'ensemble des servomoteurs s'accompagne d'un renforcement des contrôles effectués au titre de la maintenance préventive, ce qui est satisfaisant.

3.4. ARMOIRES RGL

Les armoires RGL¹⁰ sont qualifiées K3. Pour l'extension de leur durée de vie qualifiée, EDF a choisi la méthode n° 5.b (cf. §2). Pour réaliser les essais de vieillissement complémentaire et les essais sismiques, EDF a assemblé plusieurs matériels prélevés sur différents sites en vue d'obtenir un spécimen d'armoire RGL représentatif de l'ensemble des armoires installées sur les réacteurs du parc en exploitation. Lors de ces différents essais, de nombreuses anomalies ont été constatées qui, prises séparément, n'ont pas eu, selon EDF, d'impact sur le bon fonctionnement de l'armoire spécimen, ce dont l'IRSN convient. Toutefois, questionné sur les origines de ces anomalies, EDF a précisé à l'issue de l'expertise qu'elles étaient le fait de la dégradation des matériels soit lors de leur prélèvement sur site, soit lors de leur transport ou bien encore lors de la phase de montage du spécimen à tester. Pour l'IRSN, il appartient à EDF de porter une attention particulière à la qualité de réalisation de ces activités (prélèvement, transport, montage), la survenue d'anomalies lors des essais rendant plus complexe l'interprétation de leurs résultats.

3.5. TRANSFORMATEURS DE TYPE SEC HT/BT

Les transformateurs à sec HT/BT sont des composants simples et robustes. Le mode principal de vieillissement est provoqué par leur niveau de charge et par la température ambiante vue par les équipements. EDF a soumis deux matériels représentatifs des modèles existants et prélevés sur site à deux essais de surcharges consécutifs afin de simuler un vieillissement complémentaire. À l'issue de ces essais, EDF conclut à l'extension de la durée de vie qualifiée de ces transformateurs jusqu'à VD4 + 20 ans, ce dont l'IRSN convient.

3.6. COHÉRENCE ENTRE NSQP ET NSQ

Au cours de l'expertise, l'IRSN a relevé certaines incohérences entre les éléments précisés dans les NSQP et les méthodes in fine retenues dans les NSQ pour justifier le caractère acceptable d'une extension de la durée de vie qualifiée de certains équipements électriques. À ce sujet, EDF a précisé que le choix des méthodes initialement envisagées de démonstration de l'extension de la qualification pouvait évoluer et que son processus lui permettait d'identifier ces évolutions. En tout état de cause, il appartient à EDF d'assurer la cohérence des documents NSQP et NSQ et de transmettre à l'ASN et l'IRSN les mises à jour nécessaires, le cas échéant.

⁹ Lorsque le réglage du limiteur de couple retient une valeur inférieure ou égale à la valeur du couple garanti, aucune usure anormale des pièces mécaniques n'est attendue.

¹⁰ RGL – système de commande des grappes.

4. CONCLUSION

L'IRSN estime que l'analyse des notes de synthèse de qualification des matériels électriques transmises par EDF et examinées dans le cadre du présent avis permet de conclure à l'extension de la durée de vie qualifiée de ces équipements 10 ans après la quatrième visite décennale des réacteurs de 1300 MWe.

Par ailleurs, il appartiendra à EDF de veiller, d'une part à la qualité des prélèvements des matériels réalisés sur site, de leur transport vers les centres d'essais et de leur montage pour constituer un modèle spécimen, d'autre part à la cohérence entre les NSQP et les NSQ.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté