

Fontenay-aux-Roses, le 17 mai 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2019-00106

Objet : Réacteur EPR de Flamanville - Examen de notes de synthèse de qualification pour un second lot d'équipements mécaniques

Réf. Lettre ASN - CODEP-DCN-2018-016090 du 27 juillet 2018

Dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de mise en service du réacteur EPR de Flamanville (EPR FA3), l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité, par lettre citée en référence, l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les notes de synthèse de qualification (NSQ) des groupes motopompes transmises par Électricité de France (EDF).

La qualification d'un équipement consiste à démontrer que celui-ci est apte à assurer sa ou ses fonction(s) sous les sollicitations externes ou internes auxquelles il est supposé être soumis. Les sollicitations à considérer sont des conditions d'ambiance externes (pression, température, irradiation) ou internes (eau chargée active, conditions d'ambiance dans l'enceinte de confinement) à l'équipement qui peuvent être rencontrées lors de son fonctionnement normal et en conditions accidentelles avec ou sans fusion du cœur, ainsi qu'en cas de séisme.

EDF a transmis une vingtaine de NSQ de groupes motopompes. L'IRSN a dans un premier temps analysé la démarche de qualification des groupes motopompes retenue par EDF. Dans un second temps, l'IRSN a analysé cinq NSQ choisies selon l'importance des groupes motopompes concernés pour la sûreté, leurs éventuelles particularités technologiques ou l'ambiance particulière à considérer pour la qualification. Pour l'IRSN, cet échantillonnage permet de disposer d'une vision générale du processus de qualification de l'ensemble des groupes motopompes de l'EPR FA3.

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

Démarche de qualification des groupes motopompes

La démarche de qualification des groupes motopompes d'EDF prévoit les principales démonstrations suivantes :

- la résistance à la pression du fluide : calcul des contraintes et épreuve hydraulique ;
- les essais de performance afin de déterminer les caractéristiques hydrauliques et dynamiques à froid et à chaud ;
- la prise en compte du vieillissement ;
- les essais d'opérabilité pendant et après les transitoires thermiques ;
- la vérification du comportement mécanique en surfréquence¹ électrique ;
- l'analyse du comportement dynamique du groupe motopompe ;
- la vérification de l'opérabilité pendant et après un séisme ;
- l'essai de bon fonctionnement en présence d'eau chargée (si requis) ;
- la vérification de l'opérabilité en ambiance dégradée selon le bâtiment et le local, hors conditions d'accident grave ;
- la vérification du comportement à l'irradiation des matériaux non métalliques et des lubrifiants ;
- la vérification de l'opérabilité dans les conditions d'accident grave (si requis).

L'IRSN n'a pas de remarque quant aux principes des démonstrations de la démarche de qualification présentée par EDF, à l'exception de l'analyse du comportement dynamique des groupes motopompes.

En effet, l'analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs d'EDF en fonctionnement a montré que le comportement dynamique des groupes motopompes a pu être une source de difficultés. Un certain nombre d'événements significatifs a été relevé du fait de vibrations excessives ou de la proximité entre des fréquences propres des groupes motopompes et des fréquences d'excitation. Afin de tirer parti de ce retour d'expérience, EDF a défini, dans sa démarche de qualification, des plages de fréquence dont les fréquences propres des groupes motopompes doivent être exclues. Ces plages de fréquence prosrites sont définies afin d'encadrer les fréquences d'excitation induites par la rotation de l'arbre moteur du groupe motopompe, par un possible désalignement de l'arbre de rotation ainsi que par le passage des aubes devant le bec de volute des pompes.

Le fait qu'EDF a fait évoluer sa démarche de qualification, compte tenu du retour d'expérience, est jugé satisfaisant par l'IRSN. Toutefois, il s'agit d'une étape de la démarche qui nécessite une attention particulière non seulement lors de la qualification sur un banc d'essai en usine mais également lors des essais sur site. Il est en effet nécessaire de vérifier l'état qualifié, c'est-à-dire que la qualification obtenue en usine n'est pas remise en cause par les conditions d'installation sur site. À cet égard, EDF effectue également sur site des mesures de vibrations sur l'ensemble des groupes motopompes qualifiés et des mesures de fréquences propres sur un exemplaire de chaque groupe motopompe qualifié.

¹ Ce terme désigne une fréquence électrique supérieure à la normale.

Compte tenu de la demande de l'ASN faite à EDF dans le cadre de l'analyse du guide type n°32 concernant les mesures de vibrations sur les machines tournantes, EDF a effectué sur site des mesures de vibrations et de fréquences propres sur une sélection de groupes motopompes de l'EPR FA3. Cependant, EDF a limité ces mesures aux groupes motopompes ayant des premières fréquences propres calculées, inférieures à la fréquence de coupure du spectre de séisme ou inférieures à la fréquence de rotation des groupes motopompes. L'IRSN considère que la sélection effectuée par EDF est trop restrictive et doit être étendue aux groupes motopompes ayant des fréquences propres calculées dans les plages de fréquence proscrites ou proches de celles-ci. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°1 en annexe 1.**

En outre, dans les cas où ces mesures mettraient effectivement en évidence des fréquences propres dans les plages proscrites, une analyse approfondie est à mener afin de vérifier que la qualification des groupes motopompes n'est pas remise en cause. Ceci est détaillé dans l'analyse des NSQ des groupes motopompes sélectionnés ci-après.

Analyse de la qualification des cinq groupes motopompes sélectionnés

Concernant les groupes motopompes du système de borification de sécurité du réacteur (RBS), l'IRSN considère satisfaisantes les démonstrations de leur intégrité de l'enceinte sous pression, de leur opérabilité, de leurs performances hydrauliques ainsi que de leur endurance.

L'analyse du comportement au séisme montre en revanche des insuffisances. En effet, EDF n'a pas apporté la justification du bon comportement en flexion et en cisaillement, en cas de séisme, de la liaison entre l'accumulateur de pression et la pompe. **L'IRSN considère donc, à ce stade, que la qualification des groupes motopompes RBS n'est pas acquise. Ceci fait l'objet de la recommandation n°2 en annexe 1.**

En outre, l'IRSN constate que lors des essais de démarrage sur site, le critère de limitation des vibrations retenu par EDF correspond au critère d'alarme et non au critère de réception qui aurait dû être utilisé dans ce cadre, ce qui n'est pas satisfaisant. **Ceci fait l'objet de la recommandation n°3 en annexe 1.**

Concernant les groupes motopompes des circuits d'eau brute secourue (SEC), compte tenu des éléments présentés dans la NSQ et des compléments reçus au terme de l'expertise, **l'IRSN n'a pas d'objection à ce qu'EDF les déclare comme qualifiés.**

Des vibrations excessives des groupes motopompes SEC constatées sur site ont mis en évidence l'influence que peuvent avoir les liaisons d'un équipement à son environnement sur son comportement dynamique. Cet écart de comportement entre l'équipement installé sur site et l'équipement testé sur banc en usine n'a pas pu être anticipé par EDF bien que les propriétés dynamiques en aient été estimées par calcul. Alors que les mesures de vibrations ont permis de détecter le problème, ce sont les mesures de fréquences propres qui ont permis de caractériser l'origine de ce dernier. L'IRSN estime donc que les mesures de fréquences propres sur l'ensemble des groupes motopompes sur site devraient être intégrées dans le référentiel EDF associé aux groupes motopompes afin de vérifier l'état qualifié de ceux-ci. **Ceci fait l'objet de l'observation n°1 en annexe 2.**

De plus, l'IRSN souligne que les principaux résultats d'essais et d'expertises ne figurent pas toujours dans les NSQ alors que ces éléments sont nécessaires pour se prononcer sur la qualification de l'équipement. Ceci conduit l'IRSN à formuler **l'observation n° 2 en l'annexe 2.**

Enfin, l'IRSN constate que ces mesures sur site ont révélé des valeurs de fréquences propres dans les plages de fréquence proscrites, sans qu'EDF ne mène une analyse de cette situation et de ses éventuelles conséquences. Ce constat est également valable pour les autres groupes motopompes examinés ci-après. **Ceci n'est pas satisfaisant et conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 4 en annexe 1.**

Concernant les groupes motopompes du circuit d'eau alimentaire de secours des générateurs de vapeur (ASG), compte tenu des éléments présentés par EDF dans la NSQ et des compléments reçus au terme de l'expertise, **l'IRSN n'a pas d'objection à ce qu'EDF les déclare comme qualifiés.**

De plus, EDF a étudié le comportement dynamique des tuyauteries auxiliaires de ces groupes motopompes par des calculs. L'IRSN considère que c'est une bonne pratique et que celle-ci devrait être généralisée et introduite dans son référentiel de qualification. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 3 en annexe 2.**

Ces tuyauteries jouant un rôle quant à l'opérabilité de la pompe, il est dès lors nécessaire selon l'IRSN de bien les inclure aux essais de vibrations réalisés après installation sur site. EDF s'est engagé à réaliser des mesures de vibrations sur la tuyauterie d'équilibrage, sur la tuyauterie de refroidissement du moteur et sur la tuyauterie d'arrosage des garnitures mécaniques d'un des quatre groupes motopompes ASG installés sur site. Cet engagement répond aux attentes de l'IRSN.

Concernant les groupes motopompes du système d'injection de sécurité basse pression (RIS-BP), compte tenu des éléments présentés dans la NSQ et des compléments reçus au terme de l'expertise, **l'IRSN n'a pas d'objection à ce qu'EDF les déclare comme qualifiés.**

Dans le cadre de cette expertise, EDF s'est engagé à effectuer des mesures de vibrations sur site, des échangeurs et des tuyauteries auxiliaires de l'un des quatre groupes motopompes. Cet engagement répond aux attentes de l'IRSN.

De plus, l'IRSN considère que la désignation et les caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs des groupes motopompes RIS-BP devraient être précisées dans la NSQ, compte tenu de l'importance de ces données dans les calculs réalisés au titre des démonstrations. En outre, la durée de vie de certains composants, comme les joints ou les lubrifiants, est déterminante pour le maintien dans le temps de l'état qualifié des groupes motopompes. Aussi, l'IRSN considère que ces données devraient apparaître explicitement dans les NSQ car ces dernières servent de données d'entrée à la fiche de pérennité des matériels qualifiés et au guide d'exploitation et d'entretien. **Ceci conduit l'IRSN à formuler les observations n° 4 et n° 5 en annexe 2.**

Concernant les groupes motopompes du circuit d'évacuation ultime de chaleur du bâtiment du réacteur (EVU), compte tenu des éléments présentés dans la NSQ et des compléments reçus au terme de l'expertise, **l'IRSN n'a pas d'objection à ce qu'EDF les déclare comme qualifiés.**

Cependant, l'IRSN a constaté que des fréquences propres calculées étaient présentes dans les plages de fréquence proscrites, notamment pour l'échangeur. À la suite de l'expertise de l'IRSN, EDF s'est engagé à réaliser des mesures des niveaux de vibrations sur site afin de vérifier le bon comportement vibratoire de l'échangeur. Ceci répond aux attentes de l'IRSN pour l'échangeur.

Concernant les mesures de vibrations qu'EDF s'est engagé à réaliser sur certains accessoires et tuyauteries auxiliaires des groupes motopompes, l'IRSN précise que si des niveaux de vibrations excessifs sont relevés, EDF devra justifier que la qualification des groupes motopompes n'est pas remise en cause.

Enfin, l'IRSN considère qu'il est de la responsabilité d'EDF de vérifier si l'application des recommandations et observations issues de l'analyse de cinq NSQ choisies selon l'importance des groupes motopompes concernés pour la sûreté doit être étendue à d'autres groupes motopompes.

Pour le Directeur général et par délégation,

Thierry PAYEN

Adjoint à la Directrice des systèmes, des nouveaux réacteurs
et des démarches de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN/2019-00106 du 17 mai 2019

Recommandations

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande qu'EDF réalise des mesures de fréquences propres sur tous les groupes motopompes installés et qualifiés ayant des fréquences propres calculées, incertitudes de mesure comprises, proches d'une fréquence d'excitation potentielle (ω , 2ω , $N\omega$), en situations normale ou accidentelle.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que, pour les groupes motopompes RBS, EDF complète sa démonstration de la résistance au séisme de l'accumulateur de pression avec l'analyse du comportement de la liaison entre l'accumulateur et la pompe, notamment à la flexion et au cisaillement.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande que, pour les mesures des niveaux vibratoires des groupes motopompes RBS, EDF retienne le critère de réception limitant à 60 μm leur amplitude crête à crête aussi bien pour les essais de qualification en usine ou en laboratoire, que pour les essais de démarrage sur site.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande qu'EDF analyse les résultats des mesures de vibrations et de fréquences propres réalisées sur les groupes motopompes installées sur site, afin de démontrer que, dans le cas de fréquences propres présentes dans les plages de fréquence proscrites ou proches de ces dernières (incertitudes de mesure comprises), leur état qualifié n'est pas remis en cause.

Observations

Observation n° 1

L'IRSN estime qu'EDF devrait formaliser dans son référentiel la nécessité de réaliser des mesures de fréquences propres sur l'ensemble des groupes motopompes qualifiés, une fois installés sur site.

Observation n° 2

L'IRSN estime que les notes de synthèse de qualification devraient contenir les principaux résultats des différents essais et expertises réalisés lors de la qualification, en référence aux critères des spécifications de l'ensemble des groupes motopompes installés sur site.

Observation n° 3

L'IRSN estime que le calcul du comportement dynamique des tuyauteries auxiliaires et des accessoires importants pour l'opérabilité du groupe motopompe ASG est une bonne pratique qui devrait être généralisée et introduite explicitement dans le référentiel de qualification d'EDF.

Observation n° 4

L'IRSN estime que la désignation et les caractéristiques mécaniques des matériaux intervenant dans la démonstration de l'intégrité et de l'opérabilité des groupes motopompes à qualifier devraient figurer dans les notes de synthèse de qualification.

Observation n° 5

L'IRSN estime que les notes de synthèse de qualification devraient préciser les périodicités maximales de renouvellement des joints non métalliques et de l'huile présents dans les groupes motopompes.