

Fontenay-aux-Roses, le 5 octobre 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2016-00318

Objet : Réacteur EPR de Flamanville 3 - INB n° 167 - EDF
Transposabilité et suffisance des essais relatifs au comportement vibratoire des internes de cuve prévu uniquement sur la tête de série EPR

Réf. : Lettre ASN/CODEP-DCN-2015-016818 du 28 avril 2015.

Dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de mise en service de l'EPR de Flamanville, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé, par lettre citée en référence, l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la suffisance des essais « tête de série » relatifs au comportement vibratoire des internes de cuve prévus sur Taishan 1 et leur caractère transposable à Flamanville 3.

Électricité de France (EDF) a retenu comme référentiel technique le Regulatory Guide 1.20 (RG-1.20) de la Nuclear Regulatory Commission (NRC) pour évaluer le comportement vibratoire des internes de cuve de l'EPR.

Conformément au RG-1.20, EDF prévoit une démarche en trois phases :

1. la réalisation d'un programme d'analyse des vibrations comprenant plusieurs essais sur maquette associés à une extrapolation par calcul afin de prédire le comportement vibratoire des internes de cuve dans toutes les situations ;
2. la réalisation d'un programme de mesures des vibrations avec enregistrement de mesures pendant les essais pré-opérationnels au moyen de capteurs temporaires fixés sur les internes de cuve, afin de valider in situ leur comportement attendu compte tenu des conclusions du programme d'analyse des vibrations ;
3. la réalisation d'un programme d'inspection avant et après les essais pré-opérationnels de toutes les zones accessibles et visibles des internes de cuve, de la cuve et du couvercle de cuve.

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

Les différents essais réalisés sur maquette dans le cadre du programme d'analyse des vibrations ont été examinés préalablement à la demande d'autorisation de mise en service de l'EPR de Flamanville et n'ont pas fait l'objet de recommandations. Le programme de mesures des vibrations sera réalisé pendant les essais pré-opérationnels sur le réacteur de Taishan 1 à l'aide d'une instrumentation dédiée. Les essais seront suivis d'une inspection visuelle visant à vérifier l'absence de dégradation des internes de cuve. Si l'ensemble de ce programme est mené avec succès et qu'aucun comportement vibratoire défavorable n'est constaté au début de l'exploitation, les internes de cuve de Taishan 1 pourront être qualifiés de "*prototype valide*" au sens du RG-1.20 pour l'ensemble des réacteurs de type EPR.

EDF a identifié une seule différence de conception entre les internes de cuve de Taishan 1 et ceux de Flamanville 3. Elle porte sur la valeur du jeu radial entre le réflecteur lourd et l'enveloppe de cœur. EDF a présenté une analyse numérique concluant que cette différence a une incidence négligeable sur le comportement vibratoire des internes de cuve. Les internes de cuve de Flamanville 3 sont donc considérés comme similaires à ceux de Taishan 1 qui constituent le "*prototype valide*". Les légères différences de conception et des conditions de fonctionnement n'ont pas d'effet sur la réponse vibratoire des internes de cuve. Les internes de cuve de Flamanville 3 peuvent donc, selon l'analyse d'EDF, être classés comme "*non prototype catégorie I*", toujours au sens du RG-1.20. Ceci a pour conséquence que les essais pré-opérationnels des internes de cuve de Flamanville 3 seront réalisés sans instrumentation temporaire. Ils seront par contre suivis comme à Taishan 1 du programme d'inspection cité au point 3 ci-dessus.

Suffisance des essais relatifs au comportement vibratoire des internes de cuve prévus à Taishan 1

L'IRSN rappelle tout d'abord l'importance que revêtent les essais relatifs au comportement vibratoire des internes de cuve : les mesures réalisées lors de ces essais permettent en effet de déceler d'éventuelles anomalies de conception, de fabrication et d'identifier des phénomènes de résonance et de cavitation pouvant dégrader significativement les équipements ; ils permettent donc de traiter, avant la mise en service de l'installation, les éventuels problèmes de vibrations excessives conduisant à un risque d'usure, de fissuration et de rupture par fatigue.

L'IRSN a analysé l'ensemble de la démarche d'EDF à l'aune de ce qui avait été fait sur les paliers précédents du parc électronucléaire français. En France, la pratique acceptée par l'Autorité de sûreté française est décrite par la Position Technique Framatome PTN - 9 publiée en 1977 qui suit globalement les recommandations du RG-1.20. La PTN-9 considère que le comportement vibratoire des internes de cuve doit être principalement justifié selon une approche expérimentale en réacteur. Des calculs sont réalisés pour interpréter les résultats des essais et, en particulier, pour les extrapoler aux conditions de fonctionnement du réacteur. Toutes les têtes de série des réacteurs français ont fait l'objet d'essais instrumentés. Les internes de cuve de Fessenheim 1 et de Paluel 1 ont été instrumentés entièrement, les internes de cuve de Bugey 5, Tricastin 1 et Chooz B1 partiellement. Ainsi, Paluel 1 constitue la dernière tranche française où les internes de cuve ont bénéficié d'un programme complet d'essais instrumentés.

L'IRSN note que l'instrumentation mise en place pour la réalisation des essais à Taishan 1 est plus complète que celle utilisée à Paluel 1 en assurant par ailleurs une redondance sur certains points de mesure. Les conditions des essais, que ce soit l'absence de cœur ou les configurations étudiées, sont comparables à celles retenues à Paluel 1. De même, le seuil du niveau vibratoire attendu des internes de cuve est reconduit des essais de Paluel 1. Ce seuil garantit le bon comportement vibratoire des structures des internes de cuve.

Concernant les internes inférieurs et plus particulièrement le réflecteur lourd et l'enveloppe de cœur, une instrumentation est mise en œuvre pour vérifier le jeu entre ces deux composants. De plus, le mode de balancement de l'enveloppe de cœur est mesuré afin de vérifier que l'anneau de calage assure un maintien antivibratoire des internes de cuve en maintenant un effort supérieur aux efforts de soulèvement induits par l'écoulement. De son analyse, l'IRSN retient que les spécificités des internes de l'EPR ont été prises en compte de manière satisfaisante. Enfin, les contrôles réalisés avant et après les essais pré-opérationnels dans le cadre du programme d'inspection sur les internes de cuve, la cuve et le couvercle de cuve de Taishan 1 paraissent suffisants pour vérifier qu'aucune dégradation n'est apparue pendant les essais.

L'IRSN conclut que l'instrumentation mise en place sur les internes de cuve de Taishan 1 paraît suffisante pour vérifier, au cours des essais pré-opérationnels, le comportement attendu des internes de cuve. De même, l'IRSN n'a pas de remarque sur le programme d'inspection. Néanmoins, vu la complexité des phénomènes d'interaction entre l'écoulement fluide et les différentes parties des internes de cuve, il ne peut être exclu des différences significatives entre les valeurs issues du programme d'analyse et celles mesurées lors des essais, ce qui nécessitera des justifications. **Ceci fait l'objet de la recommandation en annexe.**

Transposition des résultats d'essais à Flamanville 3

Le caractère transposable des essais de Taishan 1 à Flamanville 3 dépend de la nature des différences de conception et de fabrication des internes de cuve ainsi que de la prise en compte de conditions de fonctionnement spécifiques à chaque réacteur. Cette transposition reste soumise à l'hypothèse que le comportement vibratoire des internes de cuve de Taishan 1 est conforme aux résultats attendus.

La seule différence entre les internes de Taishan 1 et ceux de Flamanville 3 porte sur la valeur du jeu à froid entre le réflecteur lourd et l'enveloppe de cœur. Cette différence perdure lors des essais pré-opérationnels en l'absence du cœur mais aussi en fonctionnement lorsque le cœur est chargé. L'IRSN partage la position d'EDF sur l'absence d'impact de cette différence sur le comportement vibratoire des internes de cuve.

En conclusion, si les internes de cuve de Taishan 1 sont classés "prototype valide", la démarche pour classer les internes de cuve de Flamanville 3 "non prototype catégorie I" est cohérente avec celle préconisée dans le RG-1.20 et n'appelle pas de remarque particulière de la part de l'IRSN. En effet, les internes de cuve de Flamanville 3 sont considérés comme similaires à ceux de Taishan 1 qui constituent le "*prototype valide*". Les légères différences de conception et des conditions de fonctionnement n'ont pas d'effet sur la réponse vibratoire des internes de cuve. Les internes de cuve de Flamanville 3 peuvent donc être classés comme "*non prototype catégorie I*".

L'IRSN considère donc que les essais de Taishan 1 sont transposables à Flamanville 3. Toutefois, cette position reste conditionnée au classement des internes de cuve de Taishan 1 en "prototype valide", ce qui implique le déroulement d'un programme de validation du comportement vibratoire satisfaisant et qu'aucun comportement vibratoire défavorable des internes de cuve ne soit constaté au début de l'exploitation.

Pour le Directeur général et par délégation,

Thierry PAYEN

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

Recommandation

L'IRSN recommande qu'en cas de différences significatives entre les valeurs issues du programme d'analyse des vibrations et celles relevées lors des mesures de vibrations, EDF présente des éléments de justification.