

Fontenay-Aux-Roses, le 3 mai 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00094

Objet : EPR de Flamanville : Vibration de la ligne d'expansion du pressuriseur – Examen du dossier de justification de l'ajout d'un amortisseur dynamique (TMD).

Réf. : Lettre ASN - CODEP-DCN-2021-054880 du 13 décembre 2021.

En préalable à la mise en service d'un réacteur, des essais de démarrage sont réalisés afin de démontrer que les systèmes, structures et composants fonctionnent conformément aux hypothèses d'étude et satisfont aux critères de conception fixés. Lors des essais menés sur des réacteurs EPR hors de France, des vibrations importantes d'une tuyauterie, appelée ligne d'expansion du pressuriseur (LEP), ont été observées. Les vibrations maximales sont atteintes lorsque la température du circuit primaire est proche de 300 °C (conditions dites « à chaud » caractéristiques du fonctionnement normal).

Lors des essais à chaud du réacteur EPR de Flamanville, EDF a mis en évidence un niveau de vitesse vibratoire de la LEP supérieur au critère d'acceptabilité fixé à 12 mm/s RMS¹. Une valeur proche du double du critère a été enregistrée. Pour remédier à cet écart, EDF a proposé l'ajout sur cette ligne d'un amortisseur dynamique appelé « tuned mass damper » (TMD).

Par sa lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le caractère acceptable de l'ajout du TMD sur la ligne d'expansion du pressuriseur comme solution aux vibrations excessives constatées. Il s'agit notamment d'analyser :

- la modification du comportement de la LEP avec TMD sous sollicitation sismique ;
- l'acceptabilité des niveaux vibratoires de la LEP avec la mise en place du TMD ;
- les contraintes thermiques supplémentaires engendrées sur l'installation ;
- les contraintes d'exploitation et de maintenance du TMD.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des informations apportées au cours de l'expertise par EDF, l'IRSN retient les éléments suivants.

L'amortisseur dynamique est une structure mécanosoudée circulaire fixée sur la LEP et comportant une masse mobile en périphérie. Cette masse peut vibrer de manière découplée de la LEP, ce qui permet de réduire les vibrations de celle-ci. Une solution de même type a déjà été mise en place sur un autre réacteur EPR.

¹ La valeur RMS (« root mean square ») de la vitesse correspond à la moyenne quadratique de ses composantes dans trois directions orthogonales.

Le TMD est fixé à la LEP par un collier constitué d'un matériau de même nuance que celui de la ligne. Ainsi, le TMD ne génère pas localement de contraintes dues à une dilatation thermique différentielle. Pour l'IRSN, ce système de fixation est conforme aux règles de l'art. De plus, l'IRSN considère que le référentiel retenu pour la conception du TMD est adapté.

L'impact du TMD sur le comportement de la LEP en cas de séisme est très faible compte tenu de la masse du dispositif comparée à celle de la LEP. Le comportement mécanique du TMD seul et de la LEP en présence du TMD pour l'ensemble des situations de dimensionnement de 2^e à 4^e catégorie est démontré conformément au référentiel applicable. Néanmoins, l'IRSN a remarqué que la valeur de la masse du TMD variait légèrement selon les documents techniques. L'IRSN estime qu'EDF devrait mettre en cohérence sa documentation. **À ce titre, l'IRSN formule l'observation n° 1 en annexe 2.**

Le respect du critère vibratoire sur la LEP en présence du TMD permet de garantir des niveaux faibles de contraintes alternées et donc une absence de risque de rupture de la LEP par fatigue. La configuration du TMD finalement retenue par EDF offre un bon compromis entre l'atténuation des vibrations de la LEP et une sollicitation limitée du TMD. Néanmoins, lors de nouveaux essais à chaud sur le site de Flamanville, un léger dépassement du critère du niveau vibratoire de 12 mm/s RMS a été observé malgré la présence du TMD. Ainsi, de faibles contraintes alternées associées aux vibrations restent présentes dans la ligne d'expansion lorsque le TMD est en place et actif ; elles devront être prises en compte dans le dossier d'analyse du comportement de la LEP. **À ce titre, l'IRSN formule l'observation n° 2 en annexe 2.**

Pour l'IRSN, le dépassement du critère du niveau vibratoire reste acceptable sous couvert de la mise en place d'un suivi en continu des vibrations. Pour ce suivi, EDF propose deux seuils de surveillance vibratoire : le premier fixé à 15 mm/s RMS déclenchant un suivi renforcé, notamment l'augmentation de la fréquence des mesures vibratoires, et le second fixé à 30 mm/s RMS indiquant le dysfonctionnement probable du TMD. Dans ce dernier cas, la surveillance vibratoire sera renforcée et le TMD sera inspecté en fin de cycle. Selon l'IRSN, les actions mises en place en cas de dépassement de ces seuils sont acceptables car les contraintes alternées restent faibles dans la LEP. L'IRSN estime néanmoins que le second seuil de cette surveillance vibratoire doit être modifié pour être cohérent avec les mesures vibratoires réalisées sur l'EPR de Flamanville qui ont montré une valeur maximale de 23 mm/s RMS lorsque le TMD est inactif. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation en annexe 1.**

La mise en place du TMD impose des modifications locales du calorifugeage de la LEP. Des simulations thermiques ont été réalisées, qui confirment que le TMD a un impact négligeable sur le bilan thermique de celle-ci. Néanmoins, certains ressorts du TMD — les ressorts de suspension — vont subir des températures élevées de l'ordre de 340 °C pouvant conduire à une altération de leur fonction de supportage de la masse mobile du TMD. Ainsi, l'IRSN considère qu'EDF devrait compléter son dossier en justifiant l'absence de relaxation pour ces ressorts du TMD à ces températures. **À ce titre, l'IRSN formule l'observation n° 3 en annexe 2.**

Le programme de maintenance du TMD proposé par EDF consiste en un graissage des liaisons glissières à chaque arrêt de tranche et un remplacement des pièces mobiles — notamment tous les ressorts — à chaque visite décennale. EDF précise que le programme de maintenance pourra être adapté en fonction du retour d'expérience. Enfin, EDF a réalisé un bilan dosimétrique des opérations de maintenance courante et approfondie du TMD. La maintenance courante du TMD induit une dose collective² de 6 H.mSv, ce qui représente un niveau faible du point de vue de la radioprotection. Pour la maintenance approfondie, cette valeur s'élève à 18 H.mSv, ce qui représente un niveau significatif. **Pour l'IRSN, ce programme est acceptable.**

² La dose collective est la somme des doses individuelles reçues par un groupe de personnes données. À titre d'exemple, la dose collective de 10 personnes ayant reçu chacune 1 mSv est égale à 10 H.mSv (homme.mSv).

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère acceptable l'installation d'un TMD sur la ligne d'expansion du pressuriseur de l'EPR de Flamanville car il permet une amélioration significative du comportement vibratoire de la ligne d'expansion, les autres impacts associés à sa mise en place restant par ailleurs très limités. L'IRSN estime néanmoins nécessaire d'abaisser le seuil de surveillance vibratoire correspondant à l'identification du dysfonctionnement probable du TMD.

IRSN

Le Directeur général
Par délégation
Thierry PAYEN
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2022-00094 DU 3 MAI 2022

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande qu'EDF retienne la vitesse RMS maximale de 23 mm/s comme seuil d'alerte d'un dysfonctionnement probable du TMD de l'EPR de Flamanville.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2022-00094 DU 3 MAI 2022

Observations de l'IRSN

Observation N° 1

L'IRSN considère qu'EDF devrait mettre à jour son dossier de justification du comportement mécanique de la LEP en tenant compte de la masse additionnelle effectivement retenue pour le TMD.

Observation N° 2

L'IRSN considère qu'EDF devrait inclure les contraintes alternées de la LEP dans le dossier d'analyse du comportement de celle-ci.

Observation N° 3

L'IRSN considère qu'EDF devrait justifier que les températures maximales atteintes au sein des ressorts de suspension n'entraînent pas une dégradation de leur fonction de supportage de la masse mobile du TMD.