

Fontenay-aux-Roses, le 3 mai 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2016-00145

Objet : ILL / Grenoble - INB n° 67

Demande de modification de la cheminée de ventilation du RHF dans le cadre de la mise en service du PCS3

Réf. :

1. Lettre ASN CODEP-DRC-2016-010403 du 23 mars 2016
2. Courrier ASN référence CODEP-LYO-2012-032375 du 19 juin 2012
3. Décision ASN n°2013-DC-0381 du 21 novembre 2013

1 CONTEXTE

Dans le cadre du retour d'expérience de l'accident survenu à la centrale de Fukushima-Daiichi, et plus particulièrement de la construction du nouveau poste de gestion de crise dit PCS3, la cheminée du Réacteur à haut flux (RHF) a été identifiée comme un agresseur potentiel du PCS3 en cas d'agressions extrêmes, à savoir le séisme, l'inondation et les phénomènes naturels liés à l'inondation.

À cet égard, l'Institut Laue Langevin (ILL), exploitant du RHF, procède à un renforcement de la cheminée destiné à améliorer son comportement en cas de séisme.

Par ailleurs, l'ILL prévoit de protéger la base de la cheminée des débris charriés par les flots consécutifs à la rupture des barrages du Drac, par un bouclier de protection.

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) formulée dans la lettre en référence, l'évaluation de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a porté sur les modifications de la cheminée, en particulier sur :

- la stabilité de la cheminée aux « agressions externes retenues pour le noyau dur » ;
- l'efficacité du bouclier de protection de la cheminée contre les débris et objets flottants charriés par l'inondation.

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

2 CHEMINÉE MODIFIÉE DU RHF

Dossier de l'ILL

L'ILL prévoit de réduire la hauteur du fût en béton armé de la cheminée actuelle en remplaçant la partie supérieure par un fût métallique liaisonné au tronçon restant du fût en béton. La structure de la cheminée modifiée du RHF, de hauteur 50 m, est désormais constituée d'un massif en béton armé enterré de 5 m environ, d'un fût à section circulaire de hauteur 15 m en béton armé, puis de hauteur 30 m en acier. Le fût métallique est soudé à une plaque d'assise, ancrée dans une poutre de couronnement en béton armé au moyen de tiges d'ancrage mises en précontrainte. En outre, le fût métallique étant livré en deux tronçons, ces derniers sont assemblés sur site au moyen d'une bride de liaison, soudée à l'enveloppe du fût, et de boulons mis en précontrainte.

L'exigence associée à la cheminée du RHF dans sa nouvelle configuration retenue par l'ILL est la stabilité d'ensemble en situation de séisme « noyau dur » (SND). Le comportement sismique de la cheminée est évalué suivant la méthode modale spectrale à partir d'un modèle tridimensionnel aux éléments finis, pour plusieurs hypothèses de sol. Les efforts sismiques par direction de séisme sont combinés par la méthode de Newmark avec le poids propre, mais sans cumuler l'action du vent.

Au cours de l'instruction, l'ILL a présenté une justification de la stabilité de la cheminée à l'égard d'un vent accidentel. Dans un premier temps, l'ILL définit le « vent caractéristique » (vitesse de référence de 22 m/s) par application des Eurocodes. Le vent accidentel est ensuite défini en majorant, par un facteur de sécurité de 1,5, les efforts dus au vent caractéristique. Par ailleurs, les effets du détachement tourbillonnaire sont étudiés ; la partie cheminée supérieure est équipée d'ailettes de Karman afin de diminuer ces effets.

Pour les situations retenues, l'ILL vérifie la résistance de la partie en béton armé ainsi que la stabilité et la résistance de la fondation. Les vérifications présentées concluent, sans dégager de marge dans certaines sections étudiées, à la résistance des sections en béton armé vis-à-vis du séisme « noyau dur » et du vent accidentel.

En outre, le dimensionnement du nouveau fût métallique et des assemblages est vérifié suivant les Eurocodes et des recommandations de la convention européenne de la construction métallique. L'ILL conclut à la stabilité du fût sans risque de voilement et à la résistance des assemblages.

L'ILL présente également une justification du dimensionnement de la poutre de couronnement. La résistance des scellements de cette poutre dans le fût en béton de la cheminée est vérifiée suivant le principe de dimensionnement en capacité.

Ainsi, l'ILL conclut que la stabilité de la cheminée modifiée du RHF est assurée vis-à-vis du séisme « noyau dur » d'une part, et du vent accidentel d'autre part.

Avis de l'IRSN

L'IRSN considère que le dossier de justification de la stabilité de la cheminée modifiée du RHF vis-à-vis du séisme « noyau dur » et du vent met en évidence des marges faibles et demeure incomplet malgré les échanges techniques qui ont eu lieu au cours de l'instruction.

À cet égard :

- compte tenu de la sensibilité de la cheminée à l'effet du vent, l'IRSN considère que, en application des bonnes pratiques du guide ASN/2/01, il convient de cumuler l'effet du vent caractéristique avec le séisme SND ;
- l'ILL n'a pas vérifié la stabilité de la cheminée vis-à-vis du risque d'ovalisation et, sur la base de sa propre analyse, l'IRSN considère que ce risque ne peut pas être écarté ;
- les vérifications présentées par l'ILL concernant la résistance de la poutre de couronnement sont très succinctes ; en particulier, l'ILL n'a pas vérifié la bonne reprise des efforts entre la poutre de couronnement et le fût en béton de la cheminée ;
- l'IRSN rappelle que, pour garantir le comportement élastique attendu de la cheminée sous SND, il convient de vérifier qu'elle n'est pas endommagée par d'autres effets antérieurs au séisme. Or l'ILL n'a pas apporté la justification, dans le domaine élastique, de la résistance du fût et des assemblages boulonnés de la cheminée du RHF à l'égard du phénomène de fatigue sous l'effet du vent accidentel ;
- l'ILL n'a pas fourni de justification de la résistance au cisaillement des assemblages boulonnés précontraints ;
- l'ILL n'a pas présenté de justification de la résistance des soudures à l'égard de l'ensemble des situations considérées.

L'IRSN estime ainsi que les éléments présentés par l'ILL ne sont pas suffisants pour démontrer la stabilité d'ensemble de la cheminée à l'égard du séisme « noyau dur » et du vent. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.

3 BOUCLIER DE PROTECTION DE LA CHEMINÉE

Dossier de l'ILL

Le bouclier de protection est une ossature métallique de forme octogonale de hauteur 11 m et de largeur 5 m, située à 1 m du fût de la cheminée. Les niveaux de poteau sont de hauteur 1 m, excepté le premier niveau de hauteur 2 m. La fondation est constituée de consoles en béton armé, ancrées au massif de la cheminée, les poteaux étant scellés dans le massif enterré et la console de support.

La fonction du bouclier est de retenir les objets charriés pour prévenir le risque de choc sur le fût en béton de la cheminée en cas d'inondation.

À cet égard, les exigences de comportement retenues par l'ILL sont :

- l'absence de l'entrechoquement entre le bouclier et la cheminée sous les effets de l'impact sur le bouclier ;
- la stabilité d'ensemble du bouclier en admettant des déformations plastiques importantes, mais sans risque de rupture fragile.

Pour ce faire, l'ILL évalue la capacité du bouclier de protection à absorber une énergie équivalente à l'énergie cinétique d'un camion de 20 tonnes flottant à une vitesse de 7 m/s. Le comportement du bouclier est analysé à partir d'un modèle tridimensionnel non-linéaire aux éléments finis, à l'aide d'une loi de comportement élasto-plastique avec écrouissage cinématique. L'action du choc de camion est représentée par une force statique unitaire croissante appliquée à différents niveaux du bouclier en tenant compte de la variation du niveau de l'eau et de la direction de l'écoulement. L'ILL vérifie que le déplacement horizontal maximal de la structure reste inférieur à 1 m et que la déformation maximale de la structure ne dépasse pas la déformation à la rupture de l'acier égale à 22 %.

L'ILL présente également les vérifications de la résistance du massif sous l'effet des réactions additionnelles du bouclier. Concernant les vérifications de résistance de la console supportant des poteaux du bouclier, l'ILL présente un calcul de prédimensionnement, dans lequel il évalue un ordre de grandeur des sections de ferrailage nécessaires.

Au cours de l'instruction, l'ILL s'est engagé à compléter les résultats des vérifications de résistance à l'issue des études d'exécution du bouclier de protection, en fournissant :

- la description des ancrages des poteaux métalliques dans la console en béton armé et les justifications associées ;
- la justification à l'état limite ultime de la résistance au cisaillement des assemblages soudés entre les poutres et les poteaux du bouclier de protection pour l'ensemble des situations de dimensionnement ;
- les dispositions constructives prévues pour assurer le fonctionnement monolithique entre le massif en béton et la console de support du bouclier de protection.

Avis de l'IRSN

L'IRSN estime que le dossier de dimensionnement du bouclier présente plusieurs lacunes. Tout d'abord, le critère de déformation retenu ne dégage aucune marge vis-à-vis de la rupture ; l'effet falaise ne peut donc être exclu pour un dépassement modéré du chargement. Ensuite, la modélisation retenue n'est pas en adéquation avec le comportement élasto-plastique du matériau, en particulier pour évaluer des déformations plastiques très importantes. L'IRSN considère que les résultats présentés sous-évaluent les déformations du bouclier. En outre, le dimensionnement du bouclier ne tient pas compte des effets de la poussée de l'écoulement de l'eau ; les déformations calculées sont là aussi sous-évaluées. Enfin, les vérifications du supportage du bouclier et de la stabilité du massif enterré sont insuffisantes.

En conclusion, l'IRSN estime que les éléments présentés par l'ILL ne sont pas satisfaisants et que, à ce stade, la protection de la cheminée du RHF vis-à-vis des objets charriés en cas d'inondation d'extrême n'est pas acquise. **Compte tenu des éléments présentés, la conception du bouclier de protection ne semble pas adaptée à la fonction qui lui est attribuée. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

En conclusion de son évaluation, l'IRSN estime que les éléments présentés à ce jour par l'ILL ne sont pas suffisants pour démontrer la stabilité d'ensemble de la cheminée à l'égard du séisme « noyau dur » et l'efficacité du bouclier de protection de la cheminée contre les débris et objets flottants charriés par l'inondation ; ceci fait l'objet des recommandations en annexe. Le dossier de l'ILL ne permet pas de répondre de manière satisfaisante au 1^{er} tiret de la demande n°3 de la lettre en référence 2 et à la prescription technique [ILL-INB067-ND-05] de la décision en référence 3.

Pour le Directeur général et par délégation,

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Recommandations

Recommandation n° 1 :

Afin de démontrer la stabilité d'ensemble de la cheminée à l'égard du séisme « noyau dur » et du vent, l'IRSN recommande que l'exploitant justifie :

- la stabilité de la cheminée du RHF vis-à-vis du cumul du séisme « noyau dur » et du vent caractéristique ;
- la cheminée du RHF à l'égard du risque d'ovalisation pour l'ensemble des situations retenues et, le cas échéant, définisse et mette en œuvre les renforcements nécessaires, par exemple des raidisseurs annulaires sur la longueur du fût métallique ;
- la reprise des efforts au niveau de la surface de reprise entre la poutre de couronnement et le fût en béton de la cheminée du RHF pour l'ensemble des situations retenues ;
- la résistance du fût et des assemblages de la cheminée du RHF à l'égard du phénomène de fatigue cyclique sous l'effet du vent, dans le domaine élastique ;
- la résistance des assemblages de la cheminée vis-à-vis du cisaillement, sous séisme « noyau dur » et en cas de vent accidentel ;
- la résistance des soudures principales de la cheminée (liaison du fût avec la plaque d'assise, du fût avec la bride de liaison,...) vis-à-vis du séisme « noyau dur » et du vent, et présente les plans de détails.

Recommandation n° 2 :

Afin de démontrer la protection de la cheminée du RHF vis-à-vis des objets charriés en cas d'inondation d'extrême, l'IRSN recommande que l'exploitant revoie la conception du bouclier et justifie :

- le respect des critères de déformation et de déplacement de la structure du bouclier de protection en cas d'inondation extrême, en tenant compte de l'effet de la force de poussée dû à l'écoulement concomitamment à celui de l'impact du camion ;
- le comportement du bouclier de protection sur la base d'un modèle de calcul adapté, en regard de critères cohérents garantissant l'absence d'effet falaise ;
- la résistance des soudures principales du bouclier de protection en tenant compte des effets du soudage sur les caractéristiques du matériau ;
- la stabilité du massif enterré et le supportage du bouclier de protection en situation d'inondation extrême en tenant compte de la poussée de l'écoulement de l'eau.