

Fontenay-aux-Roses, le 29 avril 2014

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2014-00172

Objet : Réacteurs électronucléaires - EDF

Instruction des études associées au réexamen de sûreté des réacteurs de 1300 MWe après 30 années de fonctionnement (VD3 1300)

Réévaluation sismique des ouvrages de génie civil - Tenue des BAS/BL et vérification de la non-agression des bâtiments IPS par les salles des machines des CNPE de Flamanville et de Penly

Réf. : 1. Lettre ASN CODEP-DCN-2014-011704 du 10 mars 2014

Par lettre citée en référence 1, vous demandez l'avis et les observations de l'IRSN sur :

- la pertinence et la suffisance de la méthodologie de réévaluation sismique des ouvrages de génie civil ;
- la suffisance des études suivantes :
 - réévaluation sismique des Bâtiments des auxiliaires de sauvegarde (BAS) et électrique (BL) des CNPE de Flamanville (P4) et de Penly (P'4) ;
 - vérification de la non-agression des bâtiments Important pour la sûreté par les salles des machines des CNPE de Flamanville (P4) et de Penly (P'4) ;
- l'acceptabilité de la méthode d'élaboration des spectres de plancher des BAS/BL des paliers P4 et P'4 et leur suffisance.

Adresse courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

Dossier d'EDF

Méthodologie de réévaluation sismique

Dans son dossier, EDF présente les objectifs généraux de la réévaluation sismique VD3, les principales fonctions de sûreté attribuées aux ouvrages de génie civil, ainsi que la méthodologie visant à démontrer le respect de ces exigences. EDF précise les points particuliers à vérifier dans le cadre de cette réévaluation :

- la prise en compte des effets de torsion dans l'évaluation du comportement dynamique d'ensemble des bâtiments ;

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

- l'amplification des oscillations verticales des planchers, due aux modes locaux de vibration ;
- la prise en compte explicite du séisme vertical ;
- l'analyse de l'influence des rigidités jugées significatives amenées par les éléments non structuraux ;
- l'impact de l'application de la RFS 2001-01 si les spectres réévalués sont supérieurs aux spectres de dimensionnement, les spectres applicables pour la VD3 1300 étant les enveloppes des spectres SMS et SMF¹.

EDF précise que les études réalisées lors du réexamen de sûreté pour les 2^{èmes} visites décennales du palier de 1300 MWe (VD2) pour les BAS/BL et les salles des machines de Flamanville et de Penly doivent être reprises.

Les méthodes de calcul retenues par EDF pour démontrer le respect des exigences attribuées aux ouvrages de génie civil en cas de séisme sont :

- des études linéaires spectrales avec ductilité locale (approche AIEA²) associées à une analyse des dispositions constructives ;
- des études temporelles linéaires avec trois accélérogrammes cohérents avec le SMS, suivant la RFS 2001-01.

Pour ce qui concerne les taux d'amortissement, EDF s'appuie sur le rapport de l'AIEA n° 28 « Seismic Evaluation of Existing Nuclear Power Plant » et précise que, pour les ouvrages IPS, il retient « *les valeurs basses d'amortissement* », soit 7 % pour les structures en béton armé et pour les charpentes métalliques boulonnées. En revanche, pour les ouvrages non IPS, EDF s'autorise à utiliser un taux d'amortissement plus élevé.

Réévaluation sismique des BAS/BL des CNPE de Flamanville et de Penly

Pour la réévaluation sismique des BAS/BL de Flamanville et de Penly s'ajoutent à la méthodologie générale présentée ci-avant les étapes suivantes :

- le calcul des sections d'armatures nécessaires et la comparaison avec le ferrailage en place ;
- l'application de coefficients de ductilité sur les efforts sismiques pour les zones présentant un ferrailage en place insuffisant, après vérification des dispositions constructives ;
- la redistribution des efforts dans la structure pour les zones non justifiées après application des coefficients de ductilité.

EDF indique que l'appel à des coefficients de ductilité et la redistribution des efforts dans les éléments structuraux ou les vérifications de résistance suivant la méthode des « coupures » permettent de démontrer la suffisance du ferrailage en place des BAS/BL de Flamanville et de Penly, à l'exception d'une zone de plancher du BAS/BL de Penly. Cette zone de plancher, réalisée avec des prédalles, a fait l'objet d'analyses locales complémentaires qui démontrent la suffisance du ferrailage en place. EDF conclut à la stabilité des BAS/BL de Flamanville et de Penly en cas de séisme de niveau SMS.

Etude de la stabilité des salles des machines des sites de Flamanville et de Penly

¹ SMF : séisme minimal forfaitaire au sens de la RFS 2001-01

² AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique

EDF présente une étude de vérification de la stabilité globale des salles des machines. Cette étude comprend :

- l'analyse des dispositions constructives de l'infrastructure en béton armé et de la superstructure en charpente métallique ;
- l'analyse du comportement sismique des structures à l'aide d'un modèle tridimensionnel aux éléments finis suivant la méthode modale spectrale ;
- la vérification de la résistance des éléments structuraux à partir des efforts issus de l'analyse sismique.

Concernant les hypothèses, EDF retient notamment, pour les structures en béton armé et pour les structures en charpente métallique, un amortissement égal à 10 % par référence au guide AIEA. Pour l'infrastructure en béton armé, EDF présente notamment un coefficient de sécurité de valeur minimale 1,02 pour les voiles de contreventement. L'analyse sismique montre aussi, pour l'ensemble de l'infrastructure et de la superstructure, que la résistance des éléments structuraux est suffisante pour équilibrer les efforts sismiques en conservant un comportement élastique ; sauf pour des tenons, qui assurent le transfert des efforts sismiques globaux longitudinaux aux murs de soutènement périphériques, et pour une poutre du plancher du niveau +15,35 m. La prise en compte d'un comportement ductile localisé, permet de justifier la résistance des tenons avec un coefficient de ductilité limité à 1,25 comme préconisé par le guide AIEA et la résistance de la poutre avec un coefficient de ductilité de valeur 1,06. Concernant la superstructure en charpente métallique, EDF présente, pour des éléments structuraux principaux, des ancrages et des assemblages, des coefficients de sécurité compris entre 1 et 1,09.

EDF conclut à la stabilité des salles des machines en cas de séisme de niveau SMS.

Par ailleurs, EDF précise que l'absence d'entrechoquement des différents blocs des salles des machines est démontrée. Les déplacements obtenus en cas de séisme, respectivement 13 mm, 28 mm et 24 mm aux niveaux +15,35 m (base de la charpente métallique), +26,10 m (pont roulant) et +39,20 m (toiture), restent inférieurs au jeu minimal de 30 mm entre les blocs dans la direction Nord-Sud et entre les poteaux et les voiles dans la direction Est-Ouest

EDF conclut ainsi à la stabilité de la salle des machines des sites de Flamanville et Penly et à l'absence d'agression par cette dernière des bâtiments important pour la sûreté (BAS-BL).

Recueil des spectres de plancher des BAS/BL des paliers P4 et P'4

EDF présente, sous la forme de spectres de plancher, les mouvements sismiques à retenir en « VD3 1300 » pour la vérification des matériels existants et pour la conception des nouveaux matériels. Ces spectres de plancher intègrent les nouveaux spectres de sol SMS définis par application de la RFS 2001-01, ainsi que les évolutions de modélisation des bâtiments. Afin d'établir ces spectres, EDF s'appuie sur le guide ASN/2/01 pour réaliser une analyse transitoire linéaire du comportement sismique de chaque BAS/BL des paliers P4 et P'4 en considérant l'interaction sol-structure.

EDF présente également une analyse de l'incidence des nouveaux spectres de plancher des BAS/BL du palier P4 sur le comportement des matériels et définit le périmètre des études à engager pour intégrer ces évolutions.

Analyse de l'IRSN

Méthodologie de réévaluation sismique

La méthodologie de réévaluation sismique mise en œuvre par EDF est similaire dans ses principes à celle qui a été employée dans le cadre la VD3 900, ce que l'IRSN estime satisfaisant.

Toutefois, la méthode présentée est en écart avec celle retenue lors de la VD3 900 concernant les hypothèses relatives au taux d'amortissement. En effet, EDF prévoit de retenir, en plus des coefficients de ductilité locale, un taux d'amortissement supérieur à 7 % pour les bâtiments non IPS ce qui a pour effet de réduire les efforts sismiques. Cette sous-évaluation forfaitaire des efforts sismiques, non cohérente avec la pratique des réévaluations sismiques des Installations nucléaire de base (INB), tend également à minimiser les déplacements calculés de la structure. **L'IRSN estime que la démarche d'EDF visant, à augmenter l'amortissement des structures non IPS n'est pas acceptable.** Ce point est analysé plus en détail ci-après.

Réévaluation sismique des BAS/BL des CNPE de Flamanville et de Penly

Les études d'EDF présentent une analyse détaillée du comportement des BAS/BL de Flamanville et de Penly. EDF a vérifié la compatibilité des dispositions constructives avec les coefficients de ductilité locale mentionnés dans la démonstration, ce qui est satisfaisant. **L'IRSN estime que les études de réévaluation sismique des BAS/BL de Flamanville et de Penly sont acceptables.**

Etude de la stabilité des salles des machines des sites de Flamanville et de Penly

Concernant l'analyse sismique des salles des machines des sites de Flamanville et de Penly, la valeur d'amortissement forfaitaire de 10 % retenue pour les structures en béton et en charpente métallique n'est pas en adéquation avec le guide ASN/2/01 qui préconise une valeur de 7 %. A cet égard, l'IRSN rappelle que pour la réévaluation sismique des salles des machines réalisée en VD3 900, EDF a retenu un amortissement de 7 %. Cette augmentation de l'amortissement a pour effet de minimiser les efforts sismiques dans les éléments structuraux d'environ 12 %. Certains coefficients de sécurité présentés par EDF pour des éléments restant dans le domaine élastique ne sont pas suffisants pour compenser cette sous-évaluation des efforts sismiques. Si le recours aux coefficients de ductilité locale pourrait permettre de justifier la résistance de plusieurs de ces éléments structuraux, il n'en est pas de même pour les tenons, qui ne présentent aucune marge.

Il convient de rappeler que la méthodologie fondée sur l'approche issue du rapport de l'AIEA n°28 « Seismic Evaluation of Existing Nuclear Power Plant » qui permet, si nécessaire, d'avoir recours à des coefficients de ductilité locale limités, s'applique sous réserve de la présence de dispositions constructives autorisant une incursion modérée dans le domaine plastique et du caractère ductile des assemblages.

L'augmentation de l'amortissement a aussi pour conséquence de minorer les déplacements de la structure sous séisme. A cet égard, l'IRSN note que le jeu existant (30 mm) n'est pas suffisant a priori pour compenser la sous-estimation des déplacements sismiques au niveau du pont roulant et de la toiture.

L'IRSN estime que la stabilité sous séisme des salles des machines des sites de Flamanville et de Penly, ainsi que l'absence d'entrechoquement entre les différents blocs des salles des machines ne sont pas démontrés. Par conséquent, l'absence d'agression des bâtiments IPS par les salles des machines n'est pas démontrée. Aussi, en cohérence avec la méthode mise en œuvre pour les réévaluations sismiques des INB, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF réévalue la stabilité sous séisme des salles des machines des sites de Flamanville et de Penly et démontre l'absence d'entrechoquement entre leurs différents blocs sur la base d'un amortissement de 7 %.

Recueil des spectres de plancher des BAS/BL des paliers P4 et P'4

La détermination des nouveaux spectres de plancher des BAS/BL des paliers P4 et P'4 intègre de manière satisfaisante les évolutions relatives à l'aléa sismique et aux méthodes de calcul.

Conclusions de l'IRSN

En conclusion, l'IRSN estime que la démarche de vérification sismique des ouvrages de génie civil des paliers P4 et P'4 du parc électronucléaire d'EDF est globalement satisfaisante. Concernant les BAS/BL des sites de Flamanville et de Penly, l'IRSN considère que les études de réévaluation sismique présentées par EDF sont acceptables.

Par ailleurs, la méthode d'élaboration des spectres de plancher des BAS/BL des paliers P4 et P'4 n'appelle pas de commentaire.

Toutefois, l'IRSN considère que la stabilité des salles des machines des sites de Flamanville et de Penly et l'absence d'agression des bâtiments IPS ne sont pas démontrées. Ceci fait l'objet de la recommandation en annexe.

Pour le Directeur général de l'IRSN, et par délégation,

Franck BIGOT

Annexe à l'avis IRSN/2014-00172 du 29 avril 2014

Recommandation

Recommandation

L'IRSN recommande qu'EDF démontre la stabilité sous séisme des salles des machines des sites de Flamanville et de Penly, et notamment l'absence d'entrechoquement entre les différents blocs la composant, en retenant pour les structures en béton armé et pour les structures en charpente métallique l'amortissement forfaitaire de 7 % préconisé dans le guide ASN 2/01.