

Fontenay-aux-Roses, le 16 mars 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2018-00070

Objet : Réacteur EPR de Flamanville - Spectres de plancher

Réf. Lettre ASN CODEP-DCN-2014-009225 du 5 juin 2014

Par la lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) souhaite recueillir l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la méthodologie de calcul et la validité des spectres de plancher calculés par EDF pour les études de dimensionnement des ouvrages et des équipements de l'EPR de Flamanville (EPR FA3), ainsi que sur le traitement de deux anomalies relatives à leur détermination et leur utilisation pour la qualification des équipements.

Le présent avis expose les conclusions de l'analyse de l'IRSN.

1 Méthodologie et validité des spectres de plancher

En 2005, EDF a établi le recueil des spectres de plancher à considérer pour le dimensionnement sous séisme des équipements installés dans les bâtiments de l'îlot nucléaire de l'EPR FA3.

Un spectre de plancher est un spectre qui couvre l'ensemble des spectres de réponse en accélération obtenus en différents endroits d'un plancher d'un bâtiment sollicité par un séisme. La connaissance de ce spectre de plancher permet de dimensionner au séisme les équipements fixés à ce plancher.

Pour leur détermination, EDF utilise la méthode temporelle par superposition modale à partir d'un modèle du bâtiment en retenant trois conditions de sol (dur, mou, moyen). Selon le guide ASN 2/01, les spectres de réponse en accélération obtenus doivent être élargis et lissés afin de

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

prendre en compte les incertitudes inhérentes aux calculs. Toutefois, pour la détermination des spectres de plancher de l'EPR FA3, EDF a retenu six conditions de sol dont une correspondant à la stratigraphie du sol de Flamanville, et ne les a pas élargis. En effet, EDF considère que l'utilisation de six conditions de sol introduit suffisamment de conservatisme pour rendre les incertitudes liées aux caractéristiques de l'ouvrage négligeables et s'affranchir ainsi d'un élargissement des spectres.

Enfin, EDF a considéré une hypothèse de conception de plancher « rigide » pour la détermination des spectres de plancher.

L'utilisation de la méthode temporelle par superposition modale et l'établissement de spectres de plancher enveloppes et lissés sont conformes aux recommandations du guide ASN 2/01, **ce qui n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN.**

Par ailleurs, l'IRSN rappelle que le code ETC-C¹ considère un nombre de conditions de sol plus important que les trois requises par le guide ASN 2/01, et recommande un élargissement uniquement dans le cas où les spectres de plancher après lissage présentent des écarts significatifs, notamment entre deux pics. L'examen des spectres de plancher établis pour l'EPR FA3 ne montre pas d'écart significatif, notamment entre deux pics. De plus, les calculs sont réalisés en considérant des spectres de sol qui présentent un plateau au niveau du pic sur une large gamme de fréquences, **ce qui est conservatif.**

Ainsi, l'IRSN estime que les spectres de plancher horizontaux établis pour les bâtiments situés sur le radier commun de l'îlot nucléaire et les bâtiments diesels de l'EPR FA3 sont acceptables.

Pour ce qui concerne les spectres de plancher verticaux, l'hypothèse de plancher « rigide » retenue par EDF est en écart avec les recommandations du guide ASN 2/01 qui préconise d'apporter « *une attention particulière (...) aux phénomènes des modes locaux (souplesse de planchers, par exemple)* ». Cet écart relatif à l'absence de prise en compte de l'amplification dynamique verticale **constitue une anomalie**, dont le traitement est présenté au paragraphe 2 du présent avis.

Les bâtiments diesels ayant été modifiés au cours du projet de l'EPR FA3, EDF a mis à jour, selon la méthode décrite ci-dessus, le recueil des spectres de plancher de ces bâtiments qui abritent entre autres les groupes électrogènes de secours. Toutefois, certains équipements ont été dimensionnés au séisme selon le recueil de spectres établis en 2005, ce qui **constitue une seconde anomalie** dont le traitement est présenté au paragraphe 3 du présent avis.

2 Anomalie relative à l'absence de prise en compte de l'amplification dynamique verticale des planchers

Lors de l'établissement du recueil des spectres de plancher en 2005, les calculs ont été réalisés sans prise en compte de l'amplification dynamique verticale des planchers en cas de séisme. Ces derniers devaient posséder une rigidité suffisante pour garantir qu'un équipement subisse la même accélération verticale, qu'il soit situé au centre du plancher ou à proximité d'un voile de bâtiment.

Lors des calculs de vérification commencés en 2010, EDF a identifié l'existence potentielle d'amplifications dynamiques verticales non prises en compte de manière explicite lors de l'établissement des spectres de plancher.

¹ EPR Technical Code for Civil works : guide pour la conception et la construction des ouvrages de génie civil de l'EPR

L'analyse des études du dimensionnement du génie civil par EDF a permis de vérifier l'absence de conséquence de cette anomalie sur les ouvrages, ce dont convient l'IRSN.

Concernant la démonstration de la tenue sismique des équipements, EDF a réalisé une étude qui conclut que, pour les planchers présentant une fréquence propre supérieure à 30 Hz, les amplifications verticales restent limitées au plus à 20%. Cette valeur d'amplification des spectres de plancher est jugée acceptable par EDF, car elle est couverte par les différents conservatismes issus des méthodes de calcul des spectres de plancher et de dimensionnement des équipements. L'IRSN partage la conclusion d'EDF sur le lien entre une amplification de spectres de plancher d'au plus 20% et la fréquence propre des planchers supérieure ou égale à 30 Hz dans le cadre de l'EPR FA3. L'IRSN estime de plus que l'hypothèse d'une amplification dynamique verticale de 20% sans remise en cause du dimensionnement au séisme des équipements, retenue par EDF, est acceptable. **Néanmoins, l'IRSN considère que les marges utilisées pour la justification des équipements fixés sur des planchers insuffisamment rigides de l'EPR FA3 ne pourront plus être valorisées au cours de la durée de vie du réacteur. Ce point fait l'objet de l'observation formulée en annexe 2.**

Les planchers présentant une fréquence propre inférieure à 30 Hz font l'objet de calculs de spectres transférés² à partir de modèles locaux raffinés ; ces spectres sont établis à partir des endroits où l'accélération est la plus importante.

Pour identifier les équipements éventuellement concernés, EDF définit deux critères pour recenser les zones des planchers qui présentent une fréquence du plancher inférieure à 30 Hz et une amplification dynamique verticale supérieure à 20%. À l'issue de cette étape, EDF a recensé 55 zones réparties sur 28 planchers. Ces zones sont principalement situées sur les planchers à forte portée et les planchers en console.

Le recensement des équipements potentiellement concernés est effectué, tout d'abord, en retenant l'ensemble des équipements situés dans les zones de plancher amplifiées et en prenant en compte un élargissement de ces zones d'environ un mètre. La liste des équipements est ensuite complétée par des équipements indirectement liés à la zone amplifiée, comme certains robinets raccordés aux tuyauteries.

Enfin, l'ensemble des équipements identifiés fait l'objet par EDF d'une procédure graduée de dédouanement, consistant en une analyse des marges issues du dimensionnement, une reprise des calculs, voire une modification des équipements.

Pour l'IRSN, la démarche de traitement des amplifications dynamiques verticales de plancher proposée par EDF est jugée acceptable. Au cours de l'instruction, EDF a réalisé des analyses de sensibilité sur la valeur de l'amortissement retenu dans le critère de recensement. Ceci n'a pas conduit à étendre les zones identifiées ni à augmenter le nombre d'équipements concernés. **Ainsi, l'IRSN estime que le recensement des zones amplifiées et des équipements concernés est satisfaisant.**

Enfin, les modalités de traitement des équipements concernés par cette anomalie n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.

²Un spectre transféré correspond au spectre de réponse issu du mouvement sismique du sol transféré en un endroit du plancher

3 Anomalie relative à la qualification sismique des équipements des bâtiments diesels

Lors d'une inspection menée en décembre 2010 sur la fabrication des groupes électrogènes de secours, les inspecteurs de l'ASN ont relevé que la qualification sismique de ces équipements se faisait par rapport à un recueil de spectres émis en 2007, différent de celui mentionné dans le guide d'élaboration des documents relatifs à la qualification des équipements de l'EPR, établi en 2008 suite à la modification des bâtiments diesels.

Pour les équipements dimensionnés par calcul, EDF a comparé les spectres du recueil de 2007 et les spectres bruts mis à jour en 2008. Les dépassements sont de l'ordre de 10% au niveau des pics et de plus faibles amplitudes aux fréquences élevées. EDF conclut à l'absence d'impact sur le dimensionnement des équipements car leurs fréquences propres ne coïncident pas avec celles des dépassements, ou à des dépassements relativement faibles ne remettant pas en cause le dimensionnement. Par ailleurs, les équipements qualifiés par essai sur table vibrante ne sont pas concernés par l'anomalie car les nouveaux spectres de plancher lissés sont couverts par le spectre utilisé pour leur qualification. En conclusion, EDF considère que l'anomalie n'a pas de conséquence sur la qualification des équipements situés dans les bâtiments diesels.

L'IRSN estime que la prise en compte des spectres bruts mis à jour, au lieu de spectres ayant bénéficié d'un lissage, pour la comparaison aux spectres établis en 2007, est acceptable dans le cadre d'une première analyse afin d'apprécier les dépassements spectraux. Leur utilisation est néanmoins insuffisante pour le dédouanement d'équipements, qui doit être réalisé avec des spectres lissés conformément aux recommandations du guide ASN 2/01. Ainsi, la comparaison réalisée par l'IRSN entre les spectres lissés mis à jour en 2008 et ceux du recueil de 2007, conduit pour chaque niveau des bâtiments diesels, à des dépassements plus nombreux, plus importants et sur une bande de fréquences plus large que ceux identifiés par EDF. **Ceci est susceptible de remettre en cause le dimensionnement de certains équipements de ces bâtiments. Ce point fait l'objet de la recommandation formulée en annexe 1.**

S'agissant des équipements qualifiés par essais situés dans les bâtiments diesels, l'IRSN partage la position d'EDF.

Conclusion

Au terme de son évaluation, l'IRSN estime globalement acceptable la méthode de détermination des spectres de plancher mise en œuvre par EDF dans le cadre de l'EPR de Flamanville ainsi que le traitement des deux anomalies relatives à leur détermination et leur utilisation pour la qualification des équipements. Des éléments de réponses à la recommandation et à l'observation formulées en annexes 1 et 2 respectivement sont néanmoins attendus.

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/2018-00070 du 16 mars 2018

Recommandation

L'IRSN recommande qu'EDF vérifie, à l'échéance du dossier de fin de démarrage, l'absence d'impact des spectres de plancher tels que définis dans le recueil mis à jour sur le dimensionnement des équipements situés dans les bâtiments diesels.

Annexe 2 à l'Avis IRSN/2018-00070 du 16 mars 2018

Observation

L'IRSN estime qu'EDF devrait fournir, à l'échéance du dossier de fin de démarrage, la liste des équipements pour lesquels les marges initiales sont moindres en regard du séisme de dimensionnement du fait de la prise en compte de l'amplification dynamique verticale des planchers.