



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay aux Roses, le 30 juin 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00101

Objet : Réacteurs électronucléaires – EDF – Troisième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe – Mouvements sismiques à prendre en compte pour la sûreté des installations nucléaires en application de la RFS 2001-01.

Réf. : [1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2023-004178 du 20 janvier 2023.
[2] Lettre ASN - DGSNR/SD2/0337 du 2 juin 2003.
[3] Avis IRSN N° 2022-00220 du 25 novembre 2022.
[4] Courrier ASN - CODEP-DCN-2016-006877 du 20 mai 2016.
[5] Courrier ASN - CODEP-DCN-2016 016677 du 18 juillet 2016.

Par la lettre citée en référence [1], l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) a sollicité l'avis de l'Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN) sur les études réalisées par Électricité de France (EDF) afin de définir les mouvements sismiques à prendre en compte pour les réacteurs de 1450 MWe (palier N4) dans le cadre de leur troisième réexamen périodique (RP3), en application de la règle fondamentale de sûreté (RFS) 2001-01.

Plus particulièrement, l'ASN a sollicité l'avis de l'IRSN sur les points suivants :

- la validité et la suffisance des éléments de justification des spectres caractérisant le séisme majoré de sécurité (SMS) proposés par EDF pour les sites du palier N4 au regard des exigences prévues par la RFS 2001-01 en analysant le zonage retenu par EDF, le traitement des données d'intensité macrosismique et l'emploi du catalogue¹ dit « MsCat » ;
- le caractère suffisamment enveloppe, en l'état des connaissances actuelles, du niveau des spectres SMS proposés par EDF, en comparant ces spectres au percentile 84 % d'un jeu de spectres SMHV (séisme maximum historiquement vraisemblable) issus de scénarios alternatifs respectant les exigences de la RFS 2001-01.

¹ Un catalogue de sismicité est un recueil d'informations sur les séismes connus indiquant pour chacun d'entre eux le lieu et la date d'occurrence, ainsi que la magnitude ou l'intensité épicentrale.

MEMBRE DE
ETSON

1. DÉMARCHE D'ÉVALUATION

Pour rappel, la RFS 2001-01 précise les étapes de la démarche à suivre pour élaborer les SMS. Cette démarche consiste à définir et retenir un zonage sismotectonique² pour sélectionner les séismes de référence à partir de la base de données de sismicité historique de la France métropolitaine (base SisFrance³). Les séismes de référence retenus dans chaque zone sont ensuite translatés au plus près du site⁴. Le séisme de référence ayant l'impact le plus fort au site est alors retenu comme étant le SMHV. Dans certaines configurations, plusieurs séismes peuvent être retenus. L'intensité macrosismique au site et la magnitude de ce séisme sont ensuite majorées pour définir le SMS. La magnitude et la profondeur des séismes historiques sont déterminées à partir des informations sur les intensités. Les spectres de réponse (SMHV et SMS) de ces séismes sont calculés avec la loi de prédiction du mouvement sismique définie par la RFS 2001-01. Dans le cas où une faille active aurait produit une rupture de surface (faille capable), un spectre de paléoséisme doit être défini pour compléter le spectre SMS. Le paléoséisme reflète le potentiel d'une faille à produire des séismes au cours d'une période de quelques dizaines de milliers d'années. Enfin, la RFS 2001-01 préconise que le spectre retenu pour définir l'aléa ne pourra pas être inférieur à un spectre minimal forfaitaire (SMF) calé en accélération à 0,1 g à la fréquence infinie.

Pour ce qui concerne le caractère suffisamment enveloppe du niveau des spectres SMS proposés par EDF, l'ASN a précisé, dans son courrier de 2003 en référence [2], qu'« *il convient de veiller à ce que les SMS résultant de la démarche de calcul et par conséquent des choix d'hypothèses de l'exploitant couvrent le cas échéant les SMHV établis sur la base d'hypothèses tout aussi cohérentes vis-à-vis de la démarche décrite dans la RFS 2001-01* ». L'IRSN a ainsi mis en œuvre, depuis le RP3 1300, une méthode qui vise à prendre en compte différentes interprétations disponibles des données relatives au zonage et aux caractéristiques des séismes de référence. Cette méthode permet à ce jour de propager l'incertitude liée à la définition des zonages sismotectoniques et celle liée à l'estimation des caractéristiques de magnitude M et de profondeur h des séismes historiques à partir de leurs champs macrosismiques. La méthode conduit à construire une distribution de spectres SMHV en intégrant les nouvelles connaissances sur les zonages et les catalogues sismiques. Cette distribution est comparée au spectre d'aléa établi par EDF, défini par l'enveloppe du SMF et du SMS. Ainsi, si le niveau d'aléa couvre le 84ème fractile de la distribution des spectres SMHV alternatifs (SMHV-84), le spectre est considéré comme suffisamment enveloppe. Pour le cas où le niveau d'aléa ne couvre pas le SMHV-84, l'IRSN conduit une analyse complémentaire des hypothèses sous-jacentes au calcul des spectres SMHV afin, d'une part d'identifier celles qui « pèsent » dans la construction mathématique du SMHV-84, d'autre part de s'assurer de leur fiabilité.

La magnitude et la profondeur des séismes de référence retenues par EDF sont issues du catalogue de sismicité MsCat. Ce catalogue a été élaboré avec une méthode mise en œuvre pour la première fois dans le cadre du quatrième réexamen périodique des réacteur du palier 1300 MWe. Cette méthode a fait l'objet d'une expertise de l'IRSN qui a estimé qu'elle présente, dans son principe, plusieurs évolutions positives. Néanmoins, l'IRSN a émis des réserves sur des aspects techniques particuliers [3].

² Un zonage sismotectonique délimite des volumes de la croûte terrestre dans lesquels le potentiel sismogénique est considéré homogène. Une zone sismotectonique peut être constituée par une zone géographique, une faille ou une famille de failles.

³ La base de données SisFrance est établie dans le cadre d'une collaboration entre le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), EDF et l'IRSN ; elle est accessible via le site internet <http://www.sisfrance.net>.

⁴ Si le séisme appartient à la zone du site, il est alors translaté à l'aplomb du site ; dans le cas contraire, il est translaté jusqu'à la limite de sa zone au plus près du site.

Dans le cadre de l'évaluation des SMS à retenir pour les réacteurs du palier N4 lors de leur RP3, l'IRSN a expertisé l'utilisation des paramètres magnitude-profondeur des séismes de référence de ce palier issus du catalogue MsCat et notamment les hypothèses d'EDF concernant le traitement des données d'intensité macrosismique utilisées pour le calcul de ces paramètres. **L'IRSN a ainsi émis des réserves sur l'interprétation d'EDF des données d'intensité qualifiées de « ressenties »⁵, ainsi que sur l'application de certaines relations corrélant la magnitude et la profondeur à la distribution géographique des intensités macrosismiques. EDF s'est engagé, en préparation du prochain réexamen périodique (RP4 N4), à conduire une analyse approfondie de l'impact du traitement des intensités sur les estimations des paramètres magnitude-profondeur des séismes de référence. Ceci apparaît satisfaisant.**

Les réacteurs de 1450 MWe sont répartis sur les sites de Chooz et de Civaux. Les commentaires de l'IRSN pour chaque site sont détaillés par la suite.

2. SITE DE CHOOZ

Conformément à la demande de l'ASN [4], EDF retient, comme séismes de référence pour le site de Chooz, les séismes de la Manche (1580) et de Clairvaux (1733). Il est à souligner qu'EDF a mis à jour en 2022 son évaluation de l'aléa sismique en prenant en compte les caractéristiques révisées du séisme de Clairvaux (1733), telles que définies dans la version 2021 de la base de données SisFrance. EDF prend ainsi en compte l'évolution récente des connaissances, ce qui est satisfaisant.

Pour ce qui concerne la validité et la suffisance des éléments de justification de l'aléa sismique SMS du site de Chooz, l'IRSN n'émet pas d'autres commentaires que ceux formulés ci-dessus sur l'estimation des paramètres magnitude-profondeur des séismes de référence.

De plus, à l'issue de son analyse, l'IRSN estime que le spectre SMS proposé par EDF est suffisamment enveloppe de spectres SMHV issus de scénarios alternatifs.

En conclusion, sur la base de l'ensemble de ces éléments, l'IRSN estime que le niveau d'aléa SMS défini par EDF dans le cadre du RP3 pour le site de Chooz est acceptable.

3. SITE DE CIVAUX

3.1. VALIDITÉ ET SUFFISANCE DES ÉLÉMENTS DE JUSTIFICATION DU SPECTRE SMS PROPOSÉ PAR EDF

Dans le zonage établi par EDF, les séismes de référence appartenant à la zone du site (dite ligérienne) sont les séismes de Loudun (1711), de Ligueil (1704), du Grand Pressigny (1522) et de Parthenay (1772). Comme préconisé par la RFS 2001-01, ces séismes sont considérés comme pouvant se produire à l'aplomb du site. Deux séismes majeurs de la région, le séisme de La Marche (1579) et le séisme de Bouin (1799), localisés en dehors de la zone du site, sont considérés comme pouvant se produire respectivement⁶ aux limites Est et Sud de la zone. Sur la base d'arguments spécifiques relatifs aux intensités et à la définition des limites de la zone sismotectonique ligérienne, EDF retient finalement uniquement le séisme de Loudun (1711) pour établir le SMS du site de Civaux.

Afin de juger de la validité de ce choix, l'IRSN a conduit sa propre analyse du zonage autour du site de Civaux. À cette fin, les nouvelles données relatives à la sismicité (mécanismes de rupture et catalogues) ainsi que les informations géologiques de la région ont été examinées par l'IRSN. Ainsi, selon l'IRSN, le potentiel

⁵ Lorsque les témoignages indiquent que la secousse a été ressentie mais qu'ils ne livrent pas d'éléments permettant d'en qualifier l'impact, une intensité « ressentie » est alors attribuée.

⁶ Pour les deux séismes, la distance au site considérée est de l'ordre des 50 km.

sismogénique⁷ ne présente pas de discontinuité entre la zone du site (telle que définie par EDF) et celle à l'Est (dite de la Marche). En outre, il n'y a pas d'indice d'un changement structural géologique entre ces deux zones. **En conclusion, l'IRSN considère que la limite Est de la zone du site de Civaux n'est pas justifiée. Ainsi, dans le principe, EDF doit retenir pour ce site une zone sismotectonique constituée de la zone ligérienne et de la zone de la Marche. De ce fait, le séisme de Marche (1579) doit être retenu comme pouvant se produire à l'aplomb du site.**

L'IRSN relève qu'EDF a réinterprété les intensités épacentrales issues de la base de données SisFrance pour les séismes de Ligueil (1704), du Grand Pressigny (1522) et de Parthenay (1772). Il convient de rappeler que, lors d'expertises précédentes conduites en 2015 et 2016 pour les réacteurs du site de Chinon dans le cadre de leur RP4, EDF avait déjà considéré ses propres interprétations des intensités épacentrales pour les séismes de Ligueil et du Grand Pressigny⁸ avec des valeurs à la baisse d'un demi-degré par rapport à celles de VII-VIII retenues dans la base de données SisFrance. Les arguments présentés par EDF pour justifier cette réinterprétation des intensités de ces séismes n'avaient alors pas été jugés suffisants, ce qui a conduit l'ASN à demander à EDF de « définir un spectre de réponse tenant compte des intensités macrosismiques identifiées dans la base de données SisFrance, pour l'ensemble des séismes situés dans la zone du site » (demande 6 du courrier de l'ASN en référence [5]).

Bien que la RFS 2001-01 permette dans son principe de collecter et d'interpréter des informations complémentaires à celles de la base de données SisFrance, l'IRSN estime que les arguments transmis par EDF, dans le cadre du RP4 pour le site de Chinon ou plus récemment, visant à baisser la valeur de l'intensité épacentrale de ces séismes, ne sont pas recevables. **Sur la base de ces éléments, l'IRSN est en désaccord avec EDF concernant les valeurs d'intensité épacentrale des séismes de Ligueil (1704), du Grand Pressigny (1522) et de Parthenay (1772).**

3.2. CARACTÈRE SUFFISAMMENT ENVELOPPE DU NIVEAU DU SPECTRE SMS PROPOSÉ PAR EDF

À l'issue de son analyse du caractère suffisamment enveloppe du spectre proposé par EDF, l'IRSN estime que le niveau d'aléa défini par EDF en RP3 N4 pour le site de Civaux ne présente pas un caractère suffisamment enveloppe vis-à-vis du percentile 84 % d'un jeu de spectres SMHV issus de scénarios alternatifs. Ceci est principalement lié à la définition de la limite Est de la zone du site de Civaux qui ne permet pas de considérer le séisme de la Marche comme pouvant se produire à l'aplomb du site.

Quant à la révision de la part d'EDF à la baisse des intensités épacentrales des séismes de Ligueil (1704), du Grand Pressigny (1522) et de Parthenay (1772), si elle n'est pas jugée acceptable dans son principe, l'IRSN relève qu'elle n'a toutefois qu'un faible impact sur son appréciation du caractère enveloppe du spectre SMS proposé par EDF. Par conséquent, il est acceptable que la prise en compte des intensités épacentrales définies dans la base de données SisFrance pour la caractérisation de ces séismes ne soit faite que dans le cadre du prochain réexamen du palier N4 (à savoir le RP4).

In fine, sur la base de ces éléments, l'IRSN considère que le spectre SMS du site de Civaux n'est pas suffisamment enveloppe.

⁷ Le potentiel sismogénique est la capacité de produire des séismes de magnitude donnée. Une zone sismotectonique est un volume de croûte terrestre ayant un potentiel sismogénique homogène.

⁸ Le séisme de Parthenay (1772) n'est pas un séisme de référence pour le site de Chinon.

3.3. CONCLUSION

Sur la base de l'analyse, d'une part des éléments présentés par EDF pour justifier le spectre SMS qu'il retient, et d'autre part du caractère suffisamment enveloppe de ce spectre au regard d'une distribution de spectres SMHV alternatifs, l'IRSN estime que le niveau d'aléa SMS défini par EDF en RP3 N4 pour le site de Civaux n'est pas acceptable et formule la recommandation présentée en annexe.

Par ailleurs, l'IRSN souligne que cet avis ne préjuge pas de la prise en compte des éléments qui seront issus du retour d'expérience relatif à l'occurrence du séisme du 16 juin 2023 dans l'Ouest de la France.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2023-00101 DU 30 JUIN 2023

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande que, dans le cadre du troisième réexamen périodique des réacteurs de 1450 MWe, EDF réalise une étude de l'impact, sur la tenue des structures systèmes et composants du site de Civaux, de la prise en compte d'un niveau d'aléa SMS défini en considérant que le site de Civaux est situé dans la zone sismotectonique constituée de la zone ligérienne et de la zone de la Marche.