

Fontenay-aux-Roses, le 19 décembre 2013

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2013-00476

Objet : CEA/Cadarache
ÉOLE et Minerve/INB n° 42 et 95
Réévaluation du comportement sismique des installations

Réf. : 1. **Lettre ASN CODEP-DRC-2013-002185 du 15 avril 2013**
2. Lettre CEA/DEN/CAD/DIR/CSN/DO 826 du 10 décembre 2013

Par la lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier de réévaluation du comportement sismique des installations ÉOLE et MINERVE transmis par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) afin de justifier la stratégie de renforcement retenue.

Les installations ÉOLE et MINERVE, situées dans le bâtiment 232 du CEA/Cadarache, sont des réacteurs d'expérimentation de type « maquette critique » de faible puissance thermique (100 W), principalement destinés aux études neutroniques de diverses filières électronucléaires. Dans le cadre de la réévaluation de leur comportement au séisme, le CEA a initialement considéré le séisme majoré de sécurité (SMS) et le paléoséisme comme aléa sismique de référence. Néanmoins, au regard des difficultés techniques et des coûts associés aux travaux de renforcement au SMS identifiés lors de ce diagnostic, le CEA a décidé en 2011 de ne pas pérenniser les installations et donc de réduire leur durée d'exploitation aux dix prochaines années. Il a alors réalisé la réévaluation sismique des installations ÉOLE et MINERVE en considérant un aléa sismique moindre, le séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV). Toutefois, le caractère suffisant des renforcements préconisés pour ce niveau de séisme restait encore à justifier. Le CEA a transmis cette justification en 2012.

Son évaluation fait l'objet du présent avis.

En outre, constatant les difficultés du CEA à respecter ses engagements concernant l'arrêt définitif des installations, l'ASN souhaite également disposer de l'avis de l'IRSN sur les « *éventuelles limites de cette démonstration en cas de fonctionnement pérenne des réacteurs* ». L'IRSN a examiné cette question sur la base d'une évaluation du diagnostic élaboré par le CEA à l'égard du comportement, en cas de séisme de niveau SMS, des ouvrages renforcés et de certains équipements.

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

* *
*

De l'évaluation des éléments présentés par l'exploitant, l'IRSN retient les principales conclusions suivantes.

1. Exigences de comportement des ouvrages de génie civil et des équipements

Le CEA a attribué aux ouvrages de génie civil et aux équipements importants pour la sûreté des installations ÉOLE et MINERVE des exigences de comportement sismique afin de garantir en cas de séisme de niveau SMHV, les fonctions de sûreté suivantes :

- le confinement des matières radioactives, en particulier l'absence d'agression de ces matières ;
- l'absence de risque de criticité dans les entreposages ;
- la maîtrise de la réactivité des cœurs expérimentaux, en particulier la conservation de la géométrie des cœurs et la chute des barres de sécurité des réacteurs.

Concernant les ouvrages de génie civil, les exigences de comportement retenues par le CEA (stabilité d'ensemble, stabilité locale, supportage ou limitation de déformation selon l'ouvrage concerné) et leur déclinaison en exigences techniques n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.

Le diagnostic au SMS des ouvrages renforcés au SMHV se fonde uniquement sur une exigence de stabilité d'ensemble et d'absence d'interaction.

Concernant le comportement des équipements en cas de séisme de niveau SMHV l'exploitant a choisi de vérifier que les contraintes ne dépassent pas la limite d'élasticité, ce qui permet de répondre à l'ensemble des exigences de sûreté retenues (limitation des déformations locales, stabilité, non-missile, intégrité, supportage et opérabilité selon l'équipement concerné).

Un diagnostic de comportement en cas de séisme de niveau SMS a été réalisé pour une partie des équipements renforcés. Il est fondé sur une comparaison aux mêmes exigences que précédemment.

L'IRSN considère que l'exigence attribuée aux armoires et aux râteliers des locaux d'entreposage est insuffisante eu égard à l'objectif de maîtrise de la sous-criticité des éléments combustibles qui sont entreposés dans ces équipements et pour lesquels les modes de contrôle de la criticité sont la limitation de la masse de matière fissile et la géométrie de l'entreposage. Il est donc nécessaire que l'exploitant complète son évaluation du comportement sous SMHV des armoires et râteliers des locaux d'entreposage afin de justifier le respect de ces modes de contrôle de la criticité. Ceci fait l'objet de la recommandation présentée en annexe 1.

Enfin, l'IRSN estime que les vannes de vidange du modérateur du réacteur ÉOLE doivent être classées éléments importants pour la protection (EIP) et faire l'objet d'une exigence d'opérabilité après un séisme de niveau SMHV. En effet, elles constituent un arrêt d'urgence supplémentaire et indépendant de l'arrêt d'urgence par chute des barres de sécurité. Aussi, l'IRSN formule l'observation n°1 présentée en annexe 2.

2. Arrêt automatique des réacteurs en cas de séisme

L'arrêt automatique des réacteurs sur détection sismique est en place depuis 1994. Il contribue à mener et maintenir les réacteurs dans un état sûr en cas de séisme. Dans le cadre du dernier réexamen de sûreté des installations, le CEA a choisi de rénover le système et d'abaisser à 0,005 g le seuil de déclenchement des sismomètres. La démarche retenue pour déterminer et valider ce seuil n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. En outre, le nouveau matériel accélérométrique sera placé sur la dalle en béton directement en contact avec le milieu géologique, ce qui devrait dès lors conférer au signal enregistré une qualité satisfaisante.

3. Chargement sismique retenu pour la réévaluation du comportement sismique des installations

Le chargement sismique retenu par l'exploitant correspond aux spectres « standards toute INB Cadarache » élaborés par le CEA en application de la RFS 2001-01 pour chaque séisme (SMS, SMHV et paléoséisme) avec un amortissement de 7 %. Néanmoins, les installations ÉOLE et MINERVE étant situées à l'aplomb d'une configuration géologique propice aux effets de site particuliers (« vallée des piles »), l'IRSN estime que les mouvements sismiques associés aux SMHV et SMS doivent faire l'objet d'une étude spécifique, comme la préconise la RFS 2001-01. À cet égard, l'IRSN estime que le dossier d'orientation du prochain réexamen de sûreté (DOR) des installations ÉOLE et MINERVE devra prévoir une évaluation des effets de site particuliers. Ce point fait l'objet de l'observation n°2 présentée en annexe 2.

Le CEA a dû réaliser des analyses temporelles non linéaires des blocs-réacteurs ÉOLE et MINERVE, étant donné leur décollement prévisible en cas de séisme de niveau SMHV. À cet effet, l'exploitant utilise cinq accélérogrammes synthétiques, conformément au guide ASN/2/01. Ces accélérogrammes ne sont pas conformes à certaines prescriptions du guide ASN/2/01, mais ces écarts ne concernent pas les installations ÉOLE et MINERVE, notamment en raison des fréquences des modes propres des ouvrages de génie civil des blocs-réacteurs qui sont supérieures à celles pour lesquelles des écarts ont été relevés. Aussi, l'IRSN estime acceptable leur utilisation dans le cadre de la justification sismique de ces installations.

4. Réévaluation du comportement au SMHV des ouvrages de génie civil et des équipements

L'ensemble des ouvrages de génie civil a fait l'objet d'un diagnostic au SMHV. Pour ce faire, le CEA a réalisé une analyse modale spectrale du bâtiment 232 et une analyse transitoire non linéaire des blocs réacteurs ÉOLE et MINERVE, ce qui est satisfaisant. Sur la base des résultats de ces études, le CEA a identifié des insuffisances pour chaque ouvrage puis a défini des renforcements structuraux, dont il a vérifié –par le calcul– le caractère suffisant. Au vu des résultats présentés, les solutions de renforcement retenues par le CEA pour garantir le respect des exigences de comportement au SMHV des ouvrages de génie civil n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN. Néanmoins, l'IRSN estime que le CEA doit mettre à jour la note présentant la stratégie de renforcement au SMHV des installations ÉOLE et MINERVE afin d'y intégrer les travaux d'aménagement de la passerelle de liaison entre les bâtiments 232 et 238. Ces travaux sont destinés à rendre négligeables les efforts d'interaction entre ces deux bâtiments en cas de séisme. Ce point fait l'objet de l'observation n°3 présentée en annexe 2.

Concernant les équipements ayant fait l'objet d'un diagnostic au SMHV, les spectres de plancher utilisés pour l'étude de comportement de la passerelle, de la plateforme expérimentale, de l'oscillateur et des paniers d'entreposage de la piscine MINERVE ne sont ni lissés, ni élargis contrairement aux préconisations du guide ASN/2/01. Le lissage des spectres de plancher permet de prendre en compte les incertitudes liées à la modélisation du sol et de l'ouvrage, ainsi qu'à la variabilité des propriétés des matériaux. En outre, un élargissement minimum en fréquence de 15 % de part et d'autre des pics du spectre correspondant aux caractéristiques moyennes du sol, permet de réduire les incertitudes liées aux caractéristiques de l'ouvrage. A cet égard, les paniers d'entreposage font l'objet de l'observation n°4 présentée en annexe 2. En revanche, par la lettre citée en seconde référence, le CEA s'est engagé (engagement E-Séisme-1 rappelé en annexe 3) à justifier, si nécessaire, l'absence de lissage et d'élargissement des spectres de plancher retenus pour la passerelle MINERVE et la plateforme expérimentale lors de la justification de leurs renforcements au SMHV, leur caractère suffisant n'ayant pas été vérifié. Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

En outre, l'IRSN considère que le comportement au SMHV des ponts roulants 2 tonnes et 20 tonnes doit être réévalué afin de tenir compte de la configuration réelle du pont en position de garage et d'un amortissement de la structure plus faible que celui retenu pour les calculs, à savoir 7 %. En effet, un amortissement de 2 % est préconisé pour des structures soudées avec ce niveau d'aléa sismique. Toutefois, l'exploitant considère qu'il n'y a pas lieu de réduire la valeur d'amortissement par rapport à celle qui serait considérée sous SMS pour une installation pérenne, soit 4 %. Aussi, par lettre citée en seconde référence, le CEA a pris deux engagements (E-Séisme-3 et E-Séisme-4 rappelés en annexe 3) qui n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.

5. Comportement au SMS et au paléoséisme des ouvrages de génie civil renforcés au SMHV et des équipements

L'IRSN note que, dans son évaluation du comportement au SMS des ouvrages de génie civil renforcés au SMHV, le CEA retient la même méthodologie d'analyse et les mêmes modèles de calcul que pour l'évaluation du comportement de ces ouvrages au SMHV.

Le CEA conclut que la stabilité du bâtiment 232 n'est pas garantie en cas de SMS et de paléoséisme. L'IRSN partage cette conclusion.

Concernant les blocs réacteurs ÉOLE et MINERVE, le CEA justifie la stabilité d'ensemble et l'absence d'interaction avec le bâtiment 232 en ayant recours, pour le bloc réacteur ÉOLE et si nécessaire, à une approche réaliste. Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

Concernant les équipements ayant fait l'objet d'un seul diagnostic au SMS et au paléoséisme, le CEA s'est engagé (engagement E-Séisme-2 rappelé en annexe 3), par la lettre citée en seconde référence, à analyser le comportement du « socle » du cœur du réacteur MINERVE au SMHV, niveau de séisme de référence finalement retenu pour la réévaluation sismique des installations ÉOLE et MINERVE. Ceci est satisfaisant, dans la perspective d'un fonctionnement des réacteurs jusqu'à leur prochain réexamen de sûreté. Par ailleurs, l'étude des bras métalliques horizontaux qui assurent la stabilité en partie haute de la cheminée du cœur MINERVE, est réalisée en considérant un appui simple sans jeu. L'absence de jeu entre les bras métalliques et la cheminée est vérifiée par l'exploitant au cours des

vidanges de la piscine. L'IRSN estime que cette vérification doit être intégrée aux règles générales d'exploitation (cf. observation n°5 de l'annexe 2). Par ailleurs, l'IRSN note que l'ensemble porte-source doit faire l'objet d'un renforcement au moins au niveau SMHV afin de conserver sa stabilité. Ce point fait l'objet de l'observation n°6 présentée en annexe 2. Enfin, l'IRSN estime que les essais de qualification au SMS réalisés sur une vanne de vidange du modérateur du réacteur ÉOLE ont été menés conformément aux règles de l'art, ce qui est satisfaisant. Aussi, l'IRSN estime que l'opérabilité de ces vannes après un SMS est justifiée par l'exploitant et *de facto* après un SMHV.

* *
*

En conclusion, les solutions de renforcement proposées par le CEA dans le cadre de la réévaluation du comportement au SMHV des installations ÉOLE et MINERVE, sont acceptables. Néanmoins, des études complémentaires restent encore à réaliser (l'une faisant l'objet de la recommandation présentée en annexe 1, les autres devant être transmises avant un an selon les engagements du CEA rappelés en annexe 3, faisant l'objet de la lettre citée en seconde référence).

En outre, l'évaluation faite par le CEA du comportement au SMS des installations ÉOLE et MINERVE ne concerne que les ouvrages de génie-civil et montre que des renforcements supplémentaires importants seraient à réaliser pour le bâtiment 232. En outre, l'IRSN estime qu'une réévaluation au SMS des équipements importants pour la sûreté serait nécessaire en cas de fonctionnement pérenne des installations. Enfin, l'IRSN souligne que les effets de site particuliers, dont la prise en compte pourrait conduire à augmenter sensiblement l'aléa sismique de référence, n'ont pas été évalués pour ces installations.

Aussi, l'IRSN estime que le fonctionnement pérenne de ces installations nécessiterait des renforcements et des études complémentaires afin de respecter les objectifs de la RFS 2001-01, ce qui n'est actuellement pas démontré.

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

F. MENAGE

Annexe 1 à l'avis IRSN/2013-00476 du 19 décembre 2013

Recommandation de l'IRSN formulée à la suite de l'instruction relative à la réévaluation du comportement sismique des installations ÉOLE et MINERVE

Afin de justifier la maîtrise de la sous-criticité des éléments combustibles qui sont entreposés dans les armoires et râteliers des locaux d'entreposage et pour lesquels les modes de contrôle de la criticité sont la limitation de la masse de matière fissile et la géométrie de l'entreposage, l'IRSN recommande que l'évaluation du comportement sous séisme de ces équipements soit complétée afin de justifier :

- la conservation de l'emplacement des alvéoles :
 - du casier d'entreposage des plaques du local L4 ;
 - du casier d'entreposage des assemblages MINERVE et plaques RJH du local L4 ;
- la conservation de l'emplacement des étagères :
 - du meuble métallique à étagère du local L2 ;
 - du coffre-fort du local L1 ;
- la conservation de l'emplacement des étagères, ainsi que l'emplacement des pots des quatre armoires d'entreposage du local L1 ;
- la conservation de la structure :
 - des cages centrées des locaux L3, L2 et L1 ;
 - du casier d'entreposage des assemblages RJH.

L'IRSN recommande également que la qualification au séisme des dispositions mises en place pour assurer la « non-missilité » des matières contenues dans les meubles d'entreposage soit justifiée eu égard au respect de leurs modes de contrôle de la criticité.

Annexe 2 à l'avis IRSN/2013-00476 du 19 décembre 2013

Observations de l'IRSN formulées à la suite de l'instruction relative à la réévaluation du comportement sismique des installations ÉOLE et MINERVE

1. L'IRSN estime que les deux vannes de vidange du modérateur du réacteur ÉOLE (désignées WEM68 et WEM68 bis) doivent dès à présent être intégrées, dans le rapport de sûreté, à la liste des éléments importants pour la protection (EIP), en précisant que l'exigence définie est l'opérabilité après un séisme majoré historiquement vraisemblable.
2. L'IRSN estime que, dans l'hypothèse d'un fonctionnement du réacteur au-delà de 2019, le dossier d'orientation du prochain réexamen de sûreté (DOR) des installations ÉOLE et MINERVE, à établir en 2017, en vue de leur réexamen de sûreté en 2019, devra intégrer une évaluation précise des effets de site particuliers.
3. L'IRSN estime que l'exploitant doit mettre à jour la note présentant la stratégie de renforcement des installations ÉOLE et MINERVE au SMHV afin d'y intégrer les travaux d'aménagement de la passerelle de liaison entre les bâtiments 232 et 238, visant à rendre négligeables les efforts d'interaction entre ces deux bâtiments en cas de séisme.
4. L'IRSN estime que l'exploitant doit s'assurer que le redimensionnement de la plaque anti-renversement de chaque panier d'entreposage situé dans la piscine MINERVE tient compte d'un chargement sismique obtenu pour un spectre élargi et lissé.
5. L'IRSN estime que la vérification de l'absence de jeu entre les bras métalliques et la cheminée du réacteur MINERVE, réalisé au cours des vidanges de la piscine, doit être tracée dans les règles générales d'exploitation.
6. L'IRSN estime que l'exploitant doit transmettre le dossier justifiant le dimensionnement du système anti-décollement prévu afin de conserver la stabilité au SMHV du porte-source de démarrage du réacteur ÉOLE.

Annexe 3 à l'avis IRSN/2013-00476 du 19 décembre 2013

Engagements du CEA issus de la lettre CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 826 du 10 décembre 2013

E-Séisme-1 - Passerelle et plateforme MINERVE

L'exploitant s'engage à transmettre, sous 8 mois, le dossier de justification des renforcements mis en œuvre au niveau de la passerelle et de la plateforme MINERVE. A cet égard, il justifiera si nécessaire l'absence de lissage et d'élargissement des spectres de plancher retenus pour représenter l'aléa sismique.

E-Séisme-2 - Socle du cœur MINERVE

L'exploitant s'engage à justifier, sous 8 mois, le comportement mécanique sous SMHV du socle du cœur MINERVE.

E-Séisme-3 - Pont roulant 20 tonnes

L'exploitant s'engage à analyser, sous 1 an, le comportement sous SMHV du pont roulant 20 tonnes en considérant un taux d'amortissement de 4 % en charge, dans les mêmes positions que celles prises en compte dans l'étude précédente et à vide dans sa position de garage effective.

E-Séisme-4 - Pont roulant 2 tonnes

L'exploitant s'engage à analyser, sous 1 an, le comportement sous SMHV du pont roulant 2 tonnes en considérant un taux d'amortissement de 4 % à vide dans sa position de garage effective.