

Monsieur le Directeur de la Direction des déchets,
des installations de recherche et du cycle

Fontenay-aux-Roses, le 1er décembre 2025

AVIS D'EXPERTISE N° 2025-00116 DU 01 DECEMBRE 2025

Objet : Centre CEA de Marcoule - INB n°71 / Centrale Phénix
Réexamen périodique

Référence : Lettre ASN CODEP-DRC2024-016111 du 4 juillet 2024.

Par la lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier du réexamen périodique de l'installation nucléaire de base (INB) n° 71, dénommée Phénix, transmis en 2022 par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

Dans ce cadre, l'ASN a demandé à l'IRSN d'examiner plus particulièrement la conformité des éléments importants pour la protection (EIP), la maîtrise des risques liés à la présence de sodium et d'éléments combustibles (EC), le retour d'expérience de la radioprotection, ainsi que les scénarios accidentels étudiés associés à la démarche de prise en compte d'un aggravant et à l'évaluation de leurs conséquences radiologiques pour les travailleurs.

Au 1^{er} janvier 2025, l'ASN et l'IRSN sont devenus l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Le présent avis d'expertise de la Direction de l'expertise en sûreté de l'ASNR vient en réponse à la lettre citée en référence.

De l'évaluation du dossier transmis, tenant compte des éléments apportés au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté retient les principaux éléments suivants.

1. CONTEXTE

L'INB n° 71, implantée sur le centre CEA de Marcoule, abrite un réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium, en cours de démantèlement, selon les dispositions du décret du 2 juin 2016. Pour ce démantèlement, l'ASNR considère comme prioritaires en termes de sûreté les opérations d'évacuation des EC et de traitement du sodium et des objets en contenant (objets sodés).

Le démantèlement de l'installation montrant des retards liés notamment à des difficultés techniques, le CEA a déposé, fin 2024, une demande, en cours d'instruction par l'ASNR, de modification substantielle du décret de démantèlement, afin notamment de réduire le délai de traitement du sodium. Conformément à la saisine, le présent avis d'expertise ne porte ni sur cette demande, ni sur le plan de démantèlement associé, transmis en 2023. Toutefois, ce dernier, qui présente le nouveau scénario retenu par le CEA et en justifie les priorisations, constitue une donnée d'entrée de l'expertise.

Les principaux risques présentés par l'INB n° 71 dans son état actuel sont le risque de dissémination de substances radioactives et dangereuses et l'exposition aux rayonnements ionisants, du fait de la présence d'EC, de sodium liquide primaire (actif) et secondaire (très faiblement contaminé par du tritium), ainsi que d'objets sodés contaminés.

2. RETOUR D'EXPERIENCE

Le CEA présente une analyse de retour d'expérience de l'INB n° 71 couvrant notamment, pour la période 2012-2022, l'exploitation de l'installation, y compris les opérations liées au démantèlement, la radioprotection, ainsi que les événements significatifs ou intéressant la sûreté. **La Direction de l'expertise en sûreté estime cette analyse satisfaisante.** Elle relève en particulier :

- l'engagement d'une démarche de fiabilisation et de jouvence des équipements de manutention et des cellules blindées dédiés au traitement et à l'évacuation des EC ;
- la bonne maîtrise de la dosimétrie des travailleurs.

3. EXAMEN DE CONFORMITE ET MAITRISE DU VIEILLISSEMENT

3.1. CONFORMITE DES EIP LIES A LA MAITRISE DU RISQUE DE DISSEMINATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Le CEA présente un bilan des contrôles réalisés pour les composants des barrières de confinement, classées EIP, de l'INB n° 71.

Pour le combustible, l'intégrité de la gaine, qui constitue la première barrière, est surveillée par le suivi de l'activité radiologique dans le ciel de pile du réacteur. La deuxième barrière correspond aux circuits sodium (primaire) du réacteur. Les bâtiments réacteur (BR) et manutention (BM) assurent la troisième barrière de confinement. Le CEA considère, au regard des contrôles réalisés, que l'état de ces trois barrières est globalement conforme. Conformément à son plan d'actions, il lui reste à traiter certains défauts de génie civil localisés ou superficiels et à vérifier, avant fin 2025, la conformité du joint métallique liquéfiable¹ assurant l'étanchéité du bouchon tournant équipant la dalle qui sépare le réacteur du hall du BR, le dernier contrôle de ce joint ayant été réalisé en 1979.

Les objets sodés sont entreposés dans des locaux ventilés et maintenus en atmosphère neutre, qui font l'objet d'un contrôle régulier de la pression et de l'étanchéité. Les quelques écarts ponctuels observés de maintien en surpression étaient pour le CEA sans conséquence sur la sûreté, le sodium restant confiné dans des enveloppes métalliques.

Ces éléments n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.

3.2. CONFORMITE DU CONFINEMENT DU SODIUM SECONDAIRE

Le confinement du sodium secondaire constitue un enjeu de sûreté en raison des volumes encore présents dans les circuits secondaires. Dans la mesure où la conformité des circuits secondaires existants ou modifiés, associés à l'installation NOAH² a déjà été examinée dans le cadre du dossier de mise en service de cette installation, l'examen de conformité mené par le CEA pour le réexamen périodique n'a porté que sur les équipements de ces circuits qui ne seront pas utilisés pour le fonctionnement de la future installation NOAH. Cet examen n'a pas mis en évidence d'anomalie significative. Par ailleurs, au cours de l'expertise, le CEA a intégré à la liste des EIP les séparateurs sodium-hydrogène du fait de leur rôle dans le confinement du sodium. **Ceci est satisfaisant.**

3.3. CONFORMITE DES MOYENS DE MANUTENTION

Le CEA n'a pas conduit d'examen de conformité spécifique sur les équipements de manutention en cellules blindées dans la mesure où des actions de fiabilisation et de jouvence sont en cours sur ces équipements (cf.paragraphe 2). **Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

Concernant les hottes de manutention, le CEA rappelle que les contrôles réalisés sur celle utilisée pour les petits composants n'ont pas mis en évidence de point particulier. En revanche, la hotte destinée aux gros composants

¹ Le joint liquéfiable métallique est un dispositif d'étanchéité composé d'un alliage métallique eutectique qui se liquéfie quand il est chauffé puis se resolidifie à froid.

² Installation dédiée au traitement du sodium liquide par hydrolyse contrôlée avec de la soude aqueuse.

demeure indisponible depuis un incident survenu en 2015. Sa requalification est prévue d'ici fin 2025. **La Direction de l'expertise en sûreté souligne qu'un nouveau retard pourrait affecter significativement l'échéancier du traitement des objets sodés, qui est identifié comme prioritaire.**

3.4. VIEILLISSEMENT ET CORROSION

Sur le sujet du vieillissement et de la corrosion, le CEA a réalisé des expertises sur plusieurs équipements structurants de l'INB n° 71, en particulier la cuve principale du réacteur, le barillet³ et les puits de lavage des gros composants amovibles. Ces expertises concluent, selon le CEA, au bon état général de ces équipements et à l'absence de défaut compromettant leur intégrité. Des actions complémentaires de surveillance et d'analyse sont inscrites au plan d'actions du réexamen périodique ; **elles n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

4. REEVALUATION DE SURETE

4.1. RISQUES DE DISSEMINATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Les cellules blindées ont connu plusieurs inversions de dépression entre cellules et zones adjacentes. Selon le CEA, ces écarts résultent d'une régulation insuffisamment robuste du confinement dynamique en régime transitoire. Pour y remédier, le CEA mettra en place, avant fin 2026, un système de régulation redondé et un dispositif d'arrêt automatique du soufflage en cas d'insuffisance de dépression. **La Direction de l'expertise en sûreté considère que ces modifications matérielles sont de nature à résoudre les difficultés rencontrées.** La qualification du nouveau système de régulation devra confirmer sa capacité à assurer les fonctions attendues.

Concernant la surveillance radiologique du ciel de pile, le CEA a simplifié le dispositif de mesure, afin de l'adapter à l'état d'arrêt définitif du réacteur et à la décroissance de l'inventaire radiologique. **Cette évolution n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

4.2. RISQUES LIES A LA MAITRISE DE LA TEMPERATURE DU SODIUM

Le CEA a réévalué les dispositions de maîtrise de la température du sodium au niveau du barillet et dans les cellules blindées. En effet, un refroidissement excessif pourrait entraîner sa solidification, rendant inopérants certains EIP ; à l'inverse, une élévation de température trop importante pourrait endommager des structures et des équipements avec un risque d'incendie en cas de contact avec l'air.

S'agissant du barillet, les essais thermiques réalisés en 2016 et 2020 confirment que le système de chauffage permet de conserver le sodium au-dessus de 120 °C, y compris en situation dégradée, assurant ainsi son état liquide jusqu'à la vidange complète si besoin. Pour les cellules blindées, les études thermiques menées avec des hypothèses très pénalisantes, notamment la perte de la ventilation, respectent les critères de sûreté. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

4.3. RISQUES LIES A LA CHUTE DE CHARGE

Le CEA a réévalué les risques liés à la chute de charge d'EC sur la chaîne réacteur-barillet-cellules blindées. Cette réévaluation repose sur la fiabilisation des équipements de manutention et des dispositifs de prévention et de limitation des conséquences.

S'agissant des amortisseurs implantés sous le canal de liaison entre les cellules blindées, le CEA rappelle que le dernier contrôle complet, réalisé en 2013, avait confirmé leur bon état. Il mentionne toutefois la chute de l'un d'entre eux en 2022 lors d'une opération de maintenance, alors qu'il était entreposé dans une cellule blindée. Les contrôles réalisés après l'incident n'ont révélé aucune dégradation portant à conséquence. Le CEA a depuis engagé une action visant à réduire l'encombrement de la cellule en retirant les équipements inutiles. Il précise toutefois que ce retrait est une opération complexe et contraignante, dont les modalités restent à analyser. **La**

³ Les EC, chargés et déchargés du cœur au moyen d'un bras manipulateur, transitent par une cuve appelée « barillet » dans laquelle est implanté un carrousel, ce dernier assurant l'entreposage et le transfert des EC entre le réacteur et les cellules blindées.

Direction de l'expertise en sûreté estime que, même si le respect du calendrier d'évacuation des EC est une priorité, il appartient au CEA de prendre les dispositions nécessaires pour prévenir la récurrence d'un tel événement.

Le plan de fiabilisation des équipements de manutention des EC comprend une quarantaine d'actions, dont la majorité sont aujourd'hui réalisées. Il reste notamment à finaliser l'analyse destinée à démontrer que le déchargement du combustible du réacteur pourrait se poursuivre en cas de défaillance du dispositif VISUS de visualisation par ultrasons, qui, bien que classé EIP, n'est pas redondé. Selon le CEA, le seul risque identifié (coincement d'un EC) serait maîtrisé par la conception du bras manipulateur. Il lui reste toutefois à définir les dispositions nécessaires à la poursuite du déchargement en l'absence du dispositif VISUS. La Direction de l'expertise en sûreté souligne que le respect de l'échéancier des actions de fiabilisation des équipements nécessaires à l'évacuation des EC conditionne directement celui de cette évacuation. **À cet égard, il appartient au CEA de transmettre l'analyse de la sûreté de la poursuite du déchargement des EC en cas d'indisponibilité du dispositif VISUS.** Cette analyse pourrait être examinée dans le cadre de l'instruction de la demande de modification substantielle du décret de démantèlement.

4.4. AGRESSIONS EXTERNES

Concernant le séisme, le CEA considère que les marges démontrées lors du précédent réexamen périodique permettent de garantir l'absence de désordre majeur en cas de séisme majorée de sécurité (SMS). L'INB n° 71 n'étant pas soumise à des effets de site particuliers et les données sismologiques locales n'ayant pas évolué, il n'a pas jugé nécessaire de réévaluer les études. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.**

S'agissant de la tornade, dont l'aléa pris en compte est celui retenu pour le site de Marcoule, l'évaluation menée par le CEA met en évidence que la tenue du BM n'est pas formellement démontrée. Le CEA considère toutefois que la ruine éventuelle de la partie Sud de ce bâtiment, qui contient principalement des déchets, n'aurait pas d'impact significatif et que les EIP présents dans la partie Nord sont fixés à une infrastructure commune avec le BR, ce qui garantit leur tenue. **Si la Direction de l'expertise en sûreté convient que les éléments apportés par le CEA sont de nature à justifier que la tornade ne conduirait pas à des conséquences inacceptables, elle considère que l'absence de démonstration de la tenue du BM renforce le caractère prioritaire des opérations d'évacuation des EC et de traitement du sodium.**

4.5. SITUATIONS INCIDENTELLES ET ACCIDENTELLES

Le CEA a réévalué les scénarios incidentels et accidentels susceptibles de survenir lors des opérations de démantèlement et leurs conséquences radiologiques pour les travailleurs. Pour cette réévaluation, l'ASN avait demandé au CEA de prendre en compte un aggravant, en postulant la défaillance du premier équipement actif ou de détection sollicité. Au cours de l'expertise, le CEA a indiqué qu'il répond à cette demande dans le dossier de modification substantielle du décret de démantèlement de l'INB n° 71. **Ce sujet n'a donc pas été examiné par la Direction de l'expertise en sûreté dans le présent avis d'expertise.**

Le scénario le plus pénalisant est la vidange d'un piège froid⁴ secondaire dans le caisson IVAN⁵ inactif. L'étude par le CEA de ce scénario repose sur des hypothèses très pénalisantes et conclut à une exposition des travailleurs trop élevée. Au cours de l'expertise, le CEA a indiqué, sans le formaliser, qu'il révisera cette étude en tenant compte notamment de la présence d'un caisson et d'un bac étouffoir limitant les conséquences du feu sodium, ainsi que d'une évacuation plus rapide du travailleur du fait de la mise en suspension de soude de nature irritante. **Il appartient au CEA de revoir l'étude des conséquences radiologiques, pour les travailleurs, d'un feu de sodium survenant lors de la vidange d'un piège froid secondaire dans le caisson IVAN inactif et de définir,**

⁴ Équipement de purification du sodium, conçu pour abaisser localement sa température afin de favoriser la précipitation et la rétention des impuretés.

⁵ Le caisson IVAN est une enceinte métallique fermée, destinée à accueillir temporairement des objets sodés afin de permettre leur vidange en toute sûreté. Il est équipé de dispositifs de confinement (parois amovibles, bac étouffoir), de raccords (ligne de vidange, argon, alimentation électrique) et de systèmes de surveillance (détection de fuite, ventilation pour IVAN actif).

le cas échéant, les dispositions de radioprotection à mettre en place. Cette révision pourrait être examinée dans le cadre de l'instruction du dossier de modification substantielle du décret de démantèlement.

5. CONCLUSION

Sur la base de son évaluation du dossier de réexamen périodique de l'INB n° 71 et des éléments transmis au cours de l'expertise, la Direction de l'expertise en sûreté considère que les dispositions de sûreté retenues pour l'exploitation de cette installation, s'agissant notamment de la conformité des EIP, de la maîtrise des risques liés à la présence de sodium et d'EC, de la radioprotection, ainsi que des accidents et de leurs conséquences pour les travailleurs, sont globalement satisfaisantes.

Enfin, la Direction de l'expertise en sûreté rappelle que l'évacuation du combustible et le traitement du sodium constituent les enjeux de sûreté principaux de l'INB n° 71 pour les prochaines années. Le CEA devra veiller, à ce titre, au respect des échéances prévues dans le plan d'actions issu du réexamen périodique pour mener à bien ces opérations.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise en sûreté