



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

**IRSN**  
INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 15 juin 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2021-00102

---

**Objet :** Site CEA de Cadarache - INB n° 24 / CABRI  
Réexamen périodique de l'installation - Complément d'expertise

---

**Réf. :** [1] Lettre ASN CODEP-DRC-2019-001099 du 15 avril 2019.  
[2] Avis IRSN n° 2020-00178 du 10 novembre 2020.  
[3] Avis IRSN n° 2017-00351 du 17 novembre 2017.

---

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier de réexamen périodique de l'installation nucléaire de base (INB) n° 24. Ce dossier a été transmis fin 2017 par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

En réponse à cette demande de l'ASN, l'IRSN a transmis l'avis cité en deuxième référence.

Toutefois, les sujets suivants n'ont pas pu y être traités compte tenu de la transmission tardive par le CEA de certains éléments de justification associés :

- le comportement du poste de repli, utilisé pour la surveillance post-accidentelle de l'installation, et de ses agresseurs potentiels, en cas de séisme de dimensionnement ;
- deux points particuliers concernant l'analyse du risque de criticité induit par la manutention des éléments combustibles (EC), à savoir :
  - la chute d'un EC dans le cœur lors de son chargement ou déchargement,
  - la chute d'EC au niveau du poste de reprise<sup>1</sup> ou des emplacements pour EC dits « ruptés »<sup>2</sup>.

Le présent avis expose les conclusions de l'expertise, par l'IRSN, de ces sujets. Il tient compte des éléments transmis par le CEA au cours de l'expertise du réexamen périodique.

---

<sup>1</sup> Poste d'entreposage des EC dans la piscine du réacteur servant aux opérations de chargement et de déchargement du cœur.

<sup>2</sup> Un EC rupté est un EC pour lequel la gaine d'un ou de plusieurs crayons n'est pas étanche.

MEMBRE DE  
**ETSON**

# 1. PRÉSENTATION DE L'INSTALLATION

L'INB n° 24, implantée sur le site du CEA de Cadarache, comprend principalement le réacteur CABRI, de type piscine, qui permet de réaliser des essais sur des crayons combustibles placés dans une boucle expérimentale, dans des conditions représentatives de celles susceptibles d'être rencontrées en situation accidentelle dans les réacteurs électrogènes à eau sous pression.

Elle est notamment composée :

- du bâtiment 222 qui est le bâtiment principal de l'installation dans lequel se situe le réacteur CABRI ;
- du bâtiment 788 qui est dédié à l'entreposage de déchets sodés et d'équipements liés à l'exploitation du réacteur, dont un emballage de transport appelé « château X », entreposé sur un châssis dédié, qui permet de transférer les EC du cœur de la piscine du réacteur à un bac d'entreposage annexe. Ce bâtiment abrite également le poste de repli et est équipé d'un pont roulant de manutention.

# 2. COMPORTEMENT DU POSTE DE REPLI ET DE SES AGRESSEURS EN CAS DE SÉISME DE DIMENSIONNEMENT

En ce qui concerne le poste de repli, la démonstration de son opérabilité en cas de séisme extrême dit « séisme noyau dur » (SND), que l'IRSN a estimé satisfaisante dans l'avis cité en deuxième référence, s'applique également en cas de séisme de dimensionnement, les exigences et les critères associés étant identiques pour ces deux niveaux de séisme.

En ce qui concerne les agresseurs potentiels du poste de repli en cas de séisme, les équipements concernés sont le pont roulant du bâtiment 788 et le château X qui est entreposé sur un châssis à proximité de la cloison dans laquelle le poste de repli est ancré.

Pour ces deux équipements, le CEA a transmis l'étude justifiant leur dimensionnement à un niveau de séisme enveloppe du séisme majoré de sécurité (SMS<sup>3</sup>) et du paléoséisme. Cette étude couvre également la situation du pont roulant en service sous séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV).

## 2.1. PONT ROULANT DU BÂTIMENT 788

Le pont roulant du bâtiment 788 est équipé d'un chariot de manutention d'une charge maximale utile de 10 tonnes, se déplaçant sur ses deux poutres de charge. Les deux chemins de roulement du pont sont supportés par des corbeaux<sup>4</sup> appartenant au génie civil du bâtiment. Le pont et le chariot sont tous deux motorisés par deux galets<sup>5</sup> moteurs. Des butées sont installées sur les trajectoires du pont et du chariot afin de stopper un éventuel glissement ou roulement et de participer au maintien du pont sur ses chemins de roulement ou du chariot sur les poutres de charge.

L'IRSN estime globalement acceptable l'étude du comportement sous séisme du pont roulant. Toutefois, il a identifié plusieurs lacunes pour lesquelles des vérifications complémentaires doivent être produites.

---

<sup>3</sup> Le séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV) correspond au séisme le plus pénalisant susceptible de se produire sur une durée d'environ 1000 ans, évalué sur la base des séismes historiquement connus. Le séisme majoré de sécurité (SMS) est défini en ajoutant conventionnellement 0,5 à la magnitude du SMHV ; il est retenu pour le dimensionnement aux séismes des installations nucléaires.

<sup>4</sup> Élément saillant d'un mur permettant de soutenir une poutre ou une corniche.

<sup>5</sup> Pièces cylindriques destinées à assurer un roulement plutôt qu'un glissement ; par exemple, les galets du pont lui confèrent son caractère « roulant » en permettant son déplacement par roulement sur les chemins de roulement.

Ainsi, le CEA a considéré, pour les axes des galets sur les chemins de roulement du pont, des caractéristiques mécaniques au moins égales à celles d'un acier de type S355 sans toutefois être en mesure de justifier cette hypothèse. De plus, l'étude présentée par le CEA montre que les contraintes exercées sur ces axes en cas de séisme de dimensionnement présentent une marge faible par rapport à la limite admissible retenue. Or, l'IRSN souligne qu'une défaillance des axes des galets pourrait affecter la stabilité du pont roulant, ce qui n'est pas acceptable. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 formulée en annexe 1 au présent avis.**

Par ailleurs, concernant les liaisons entre les corbeaux et les chemins de roulement du pont roulant, l'IRSN relève que le CEA n'a pas vérifié la résistance des corbeaux, des chevilles d'ancrage des vis de fixation des poutres des chemins de roulement sur les corbeaux, ainsi que des rails « Halfen » participant à la fixation des chemins de roulement sur les voiles (rails dédiés à la reprise des efforts perpendiculaires à l'axe du roulement). En l'absence de ces éléments, l'IRSN considère que la résistance des liaisons corbeaux-chemins de roulement ne peut pas être démontrée. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 formulée en annexe 1 au présent avis.**

Enfin, bien que jugeant très peu probable la rupture des butées du pont roulant côté Ouest, l'IRSN considère que le CEA devrait formellement démontrer leur résistance à l'effort de glissement du pont en cas du séisme de niveau SMHV (en cas de séisme de niveau SMS, le pont est considéré dans sa position de garage<sup>6</sup> située côté Est). **Ce point fait l'objet de l'observation n° 1 formulée en annexe 2 au présent avis.**

## 2.2. CHÂTEAU X ENTREPOSÉ SUR SON CHÂSSIS

Le châssis du château X est bloqué par des butées et des crapauds<sup>7</sup> empêchant respectivement son déplacement et son soulèvement. Au cours de l'expertise, le CEA a indiqué avoir débuté la mise en place de renforcements complémentaires. Il prévoit également de remplacer les chevilles d'ancrage au sol des butées et des crapauds qui ne sont pas dimensionnées au séisme.

L'IRSN considère que ces modifications et renforcements sont de nature à améliorer significativement le comportement sous séisme du châssis du château X.

L'IRSN estime que l'étude présentée par le CEA pour démontrer le dimensionnement au séisme du château X entreposé sur son châssis, qui tient compte des renforcements et modifications susmentionnés, est globalement satisfaisante. Il conviendrait toutefois que le CEA révise les conditions aux limites et les conditions de liaisons retenues pour modéliser la structure afin de prendre en compte toutes les interactions possibles entre les directions. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 2 formulée en annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, le CEA utilise une combinaison algébrique des effets sismiques et du poids propre du châssis et du château X par l'intermédiaire de la méthode dite de Newmark avec l'application de coefficients de pondération pour les directions dites secondaires. L'IRSN considère que la valeur retenue de ces coefficients (0,3) n'est pas suffisante, mais le CEA a indiqué qu'il mettra à jour sa note de calcul en tenant compte d'une valeur de 0,4, **ce qui est satisfaisant et permettra de vérifier le respect des critères associés.**

## 3. MANUTENTION DES ÉLÉMENTS COMBUSTIBLES

### 3.1. CHUTE D'UN EC EN COURS DE CHARGEMENT OU DE DÉCHARGEMENT

La situation de chute verticale d'un EC dans un emplacement vide du cœur ne fait pas partie des situations incidentelles étudiées par le CEA dans le rapport de sûreté en vigueur ou dans les études en support au réexamen périodique. Or, l'IRSN considère que le CEA doit, dans cette situation, analyser les conséquences, sur la maîtrise

<sup>6</sup> Lorsque le pont n'est pas utilisé (position de garage), il surplombe le poste de repli.

<sup>7</sup> Pièce carrée métallique destinée à maintenir un élément de type rail sur un support métallique ou en béton.

de la sous-criticité du cœur, des déformations de l'EC chuté, causées par le choc mécanique de son pied sur la grille support du cœur.

À l'issue de l'examen des justifications apportées par le CEA lors de l'expertise, l'IRSN estime acceptable de retenir que l'intégrité globale de la structure de l'EC chuté est assurée et que les dégradations mécaniques induites par la chute seraient limitées à la partie basse de l'EC sur une hauteur de l'ordre de 10 cm (correspondant à la distance entre la face supérieure du pied de l'EC et la première grille de maintien des crayons).

Cependant, l'IRSN considère que les éléments présentés ne permettent pas d'exclure un éventuel glissement des crayons dans le pied (dont la hauteur est d'environ 20 cm) ou une ruine locale de crayons, cette dernière pouvant, dans l'absolu, mener à une dispersion de pastilles hors des crayons. Néanmoins, l'IRSN estime, sur la base de ses propres calculs, que les dégradations subies par l'EC chuté dans le cœur et une dispersion de pastilles ne seraient pas de nature à remettre en cause la sous-criticité du cœur. En tout état de cause, il conviendrait que le CEA complète sa démonstration et l'intègre dans le rapport de sûreté de l'INB n° 24. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 3 formulée en annexe 2 au présent avis.**

## 3.2. CHUTE D'EC AU NIVEAU DU POSTE DE REPRISE OU DES EMPLACEMENTS POUR EC RUPTÉS

S'agissant de la situation de la chute d'EC au niveau du poste de reprise ou des emplacements pour EC ruptés en conteneur lors d'un incident de manutention, la démonstration de la sûreté-criticité présentée par le CEA est notamment fondée sur les hypothèses de conservation de la section fissile des EC et de l'intégrité des crayons combustibles.

L'IRSN estime que les éléments apportés à cet égard par le CEA au cours de l'expertise ne sont pas suffisamment étayés et il rappelle par ailleurs que le CEA, à l'issue de l'expertise ayant fait l'objet de l'avis de l'IRSN cité en troisième référence, s'est engagé<sup>8</sup> à fournir une description précise du scénario de chute.

En outre, pour ce qui concerne le cas de la chute d'un EC rupté en conteneur, l'IRSN rappelle que la démonstration de la sûreté-criticité repose également sur des hypothèses relatives à la géométrie du conteneur qui ne sont pas, à ce jour, justifiées en cas de chute.

**L'IRSN considère ainsi que le CEA devra démontrer, dans le cadre de son engagement relatif à la définition précise de la situation incidentelle de chute d'éléments combustibles au niveau du poste de reprise ou des emplacements pour éléments combustibles ruptés en conteneur de l'INB n° 24 (nombre d'EC chutant simultanément, hauteur de chute ...), la validité des hypothèses utilisées pour justifier la maîtrise de la sous-criticité, en particulier celles relatives à la conservation de l'intégrité des crayons et de la section fissile des éléments combustibles ainsi qu'à la déformation du conteneur.**

## 4. CONCLUSION

L'IRSN considère que les études du maintien de l'opérabilité du poste de repli et de l'absence d'agression de ce dernier par le châssis du château X dans le bâtiment 788 de l'INB n° 24 en cas de séisme de dimensionnement, tenant compte des renforcements prévus sur le châssis, sont satisfaisantes. En ce qui concerne le pont roulant, l'IRSN estime que des justifications et compléments doivent être apportés par le CEA, selon les recommandations exposées en annexe 1 au présent avis.

---

<sup>8</sup> « Lors de la prochaine mise à jour du rapport de sûreté, la situation incidentelle de chute d'assemblages entreposés sur le poste de reprise ou dans les emplacements pour assemblages ruptés sera précisée et les hypothèses de réflexions neutroniques considérées dans l'étude de criticité associée seront justifiées ».

Par ailleurs, l'IRSN considère que la maîtrise de la sous-criticité en cas de chute d'un élément combustible dans le cœur, lors des opérations de chargement et de déchargement, est acceptable. Pour ce qui concerne la maîtrise des risques liés à la manutention d'un élément combustible au niveau du poste de reprise ou des emplacements pour éléments combustibles ruptés, le CEA devra démontrer, dans le cadre de son engagement relatif à la définition précise de la situation incidentelle à considérer, la validité des hypothèses utilisées relatives à la conservation de l'intégrité des crayons et de la section fissile des éléments combustibles ainsi qu'à la déformation du conteneur.

Enfin, l'IRSN considère que le CEA devrait prendre en compte les observations formulées en annexe 2 au présent avis au titre de la complétude de la démonstration de sûreté de l'INB n° 24.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2021-00102 DU 15 JUIN 2021**

### **Recommandations de l'IRSN**

#### **Recommandation n° 1**

L'IRSN recommande que le CEA s'assure que les caractéristiques mécaniques des axes des galets sur les chemins de roulement du pont roulant du bâtiment 788 de l'INB n° 24 sont au moins égales à celles d'un acier de type S355 ou procède aux modifications nécessaires pour garantir le respect de la contrainte admissible sous séisme de dimensionnement.

#### **Recommandation n° 2**

L'IRSN recommande que le CEA complète son étude du comportement au séisme de dimensionnement du pont roulant du bâtiment 788 de l'INB n° 24 pour ce qui concerne la résistance :

- des chevilles des vis de fixation des poutres des chemins de roulement sur les corbeaux ;
- des rails Halfen utilisés pour la fixation des chemins de roulement sur les voiles ;
- des corbeaux.

## **ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2021-00102 DU 15 JUIN 2021**

### **Observations de l'IRSN**

#### **Observation n° 1**

L'IRSN considère que le CEA devrait démontrer la résistance des butées du pont roulant du bâtiment 788 de l'INB n° 24, situées côté Ouest, au choc avec ce pont en cas de séisme de niveau SMHV.

#### **Observation n° 2**

L'IRSN considère que le CEA devrait, lors de la prochaine mise à jour de l'étude de justification du comportement au séisme de dimensionnement du château X sur son châssis dans l'INB n° 24, s'assurer du caractère pénalisant du chargement sismique appliqué au châssis, en retenant des conditions aux limites et de liaison permettant de tenir compte de l'ensemble des couplages entre les modes propres de vibration.

#### **Observation n° 3**

L'IRSN estime que le CEA devrait compléter, lors d'une prochaine mise à jour du rapport de sûreté de l'INB n° 24, la démonstration de la maîtrise des risques relative à la chute verticale d'un élément combustible dans le cœur du réacteur par les éléments justifiant l'absence de risque de criticité.