



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 10 novembre 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2020-00178

Objet : CEA/Cadarache - INB n°24 - CABRI
Réexamen périodique de l'installation

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DRC-2019-001099 du 15 avril 2019.
[2] Décision ASN CODEP-CLG-2015-041738 du 13 octobre 2015.
[3] Décision ASN CODEP-DRC-2018-006212 du 30 janvier 2018.
[4] Lettre ASN CODEP-DRC-2012-001439 du 28 février 2012.
[5] Décision ASN n°2015-DC-0478 du 8 janvier 2015.
[6] Lettre ASN CODEP-DRC-2020-00547 du 31 mars 2020.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande 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, transmis fin 2017 par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

Ce dossier comprend notamment un examen de conformité réglementaire et technique de l'installation, une réévaluation de la démonstration de sûreté et un plan d'actions de mise en conformité et d'amélioration de la sûreté de l'installation prenant en compte les conclusions du réexamen.

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.

Après les derniers essais réalisés en 2002 dans l'ancienne boucle au sodium, l'INB n°24 a fait l'objet d'importants travaux liés essentiellement à la mise en place d'une nouvelle boucle à eau sous pression (BEP) et aux améliorations mises en œuvre à l'issue de la précédente réévaluation de sûreté de l'installation menée en

MEMBRE DE
ETSON

2004. La première divergence du réacteur CABRI ainsi modifié a été autorisée en octobre 2015 par la décision de l'ASN citée en deuxième référence. La réalisation du premier essai actif dans la BEP a été autorisée en janvier 2018 par la décision de l'ASN citée en troisième référence.

Compte tenu de l'autorisation récente de redémarrage de l'installation modifiée et des expertises techniques réalisées dans le cadre des instructions associées à cette autorisation, l'ASN sollicite l'avis de l'IRSN sur certaines thématiques du dossier de réexamen de 2017. À cet égard, l'expertise de l'IRSN s'est plus particulièrement focalisée sur l'examen de conformité et la maîtrise du vieillissement des éléments importants pour la protection des intérêts (EIP) de l'installation, les dispositions de maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives et d'exposition externe aux rayonnements ionisants, ainsi que des risques liés à l'incendie et aux manutentions.

Enfin, l'ASN sollicite l'avis et les observations de l'IRSN sur les réponses apportées par le CEA à :

- deux demandes de l'ASN résultant d'une instruction antérieure liée au rechargement du cœur du réacteur (demandes G et H de la lettre citée en quatrième référence) ;
- une prescription de l'ASN résultant de l'instruction des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) menées après l'accident de Fukushima-Daiichi de 2011 (prescription [CEA-INB24-03] figurant dans la lettre citée en cinquième référence) ;
- un engagement pris par le CEA dans le cadre de l'instruction des ECS.

Ces demandes, cette prescription et cet engagement, sont rappelés en annexe 1 au présent avis.

Le présent avis expose les principales conclusions de l'expertise, par l'IRSN, des sujets précités. Il tient compte des informations transmises par le CEA au cours de l'expertise, ainsi que des engagements pris par le CEA auprès de l'ASN en août 2020.

1. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

L'INB n°24 est notamment composée :

- du bâtiment 222, qui est le bâtiment principal de l'installation, et qui comprend le bâtiment réacteur proprement dit, des locaux abritant les composants des circuits et le sodium provenant de l'ancienne boucle expérimentale (dits « locaux sodium »), ainsi que des locaux annexes regroupant l'ensemble des systèmes fonctionnels nécessaires à l'exploitation du réacteur (équipements électrotechniques, ventilation, batteries...);
- du bâtiment 788, dédié à l'entreposage de déchets sodés, d'équipements liés à l'exploitation du réacteur ; un poste de repli utilisé pour la surveillance post-accidentelle de l'installation est en outre implanté dans ce bâtiment ;
- du bâtiment 223 abritant la salle de commande du réacteur, la salle des expérimentateurs et la salle d'acquisition des mesures expérimentales.

Le bâtiment réacteur et le bâtiment 788 sont pourvus chacun d'un pont roulant de manutention d'une charge maximale utile de respectivement 12 tonnes et 10 tonnes.

Le réacteur CABRI est un réacteur d'expérimentation de type piscine d'une puissance thermique maximale de 25 MW en régime permanent. Il est composé :

- d'un cœur constitué d'éléments combustibles de type UO_2 ;
- de la BEP dont la partie située au centre du cœur (appelée « cellule en pile ») accueille le crayon combustible à tester, lui-même inséré dans un dispositif d'essai.

La piscine du réacteur, implantée dans le « hall réacteur » du bâtiment réacteur, contient le bloc-cœur qui contribue au soutien mécanique et au bon refroidissement du cœur du réacteur. En cas de déchargement de ce dernier, un emballage de transport (appelé « château X ») permet de transférer, à l'aide du pont roulant 12 tonnes, les éléments combustibles du cœur de la piscine du réacteur à un bac d'entreposage sous eau situé dans le hall réacteur.

Le bloc-cœur est constitué d'une boîte à eau inférieure (BAEI) ancrée en fond de piscine, d'une grille de maintien des éléments combustibles du cœur fixée sur la BAEI, de l'enveloppe du cœur et d'une boîte à eau supérieure (BAES) située au-dessus du cœur.

Selon le niveau de la puissance du réacteur, le refroidissement du cœur est assuré soit par convection naturelle avec l'eau de la piscine grâce à l'ouverture de deux clapets situés sur deux orifices de la BAEI, soit par convection forcée grâce à un circuit d'eau du cœur spécifique. L'eau de ce circuit est prélevée dans deux réservoirs, d'une capacité unitaire de 250 m³, situés à l'extérieur du bâtiment réacteur et ancrés dans un radier en béton. En cas de besoin, un circuit comportant une pompe et un échangeur assure le refroidissement de l'eau des réservoirs.

2. SUITES D'INSTRUCTIONS ANTÉRIEURES

2.1. LIGNE DE LEVAGE DU PONT ROULANT DU BATIMENT REACTEUR

En réponse à la demande G de l'ASN formulée dans la lettre citée en quatrième référence (cf. annexe 1 au présent avis), le CEA a évalué la fiabilité de la ligne de levage du pont roulant 12 tonnes du bâtiment réacteur en tenant compte des manutentions réalisées :

- en phase dite d'approche basse lors de laquelle la charge manutentionnée dévillerait sous l'effet de son poids et heurterait le sol avant que les freins n'aient eu le temps d'agir en cas de défaillance de la ligne de levage¹ (défaillance de la chaîne cinématique ou perte de l'alimentation électrique de la ligne de levage) ;
- à une hauteur supérieure à la hauteur d'approche basse (phase dite « hors approche basse »).

Cette évaluation prend en compte la configuration actuelle du pont ainsi qu'un certain nombre de modifications de la ligne de levage telles qu'initialement envisagées par le CEA.

À la suite de commentaires de l'IRSN, le CEA a révisé, au cours de l'expertise, l'étude de la fiabilité hors approche basse pour prendre en compte les risques liés aux erreurs humaines, aux défaillances de cause commune entre des composants identiques et redondants, ainsi qu'à la perte du réseau électrique. **La méthode d'étude finalement mise en œuvre par le CEA n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Afin d'améliorer la fiabilité hors approche basse obtenue selon cette méthode et considérant les modifications initialement prévues, le CEA a retenu des modifications complémentaires à celles initialement envisagées, se traduisant notamment par la mise en place *in fine* de trois freins dimensionnés pour la charge maximale manutentionnée dans le bâtiment réacteur (12 tonnes), **ce qui est satisfaisant. L'IRSN estime que ce dimensionnement est la configuration de renforcement minimale à envisager.**

Toutefois, l'IRSN estime nécessaire que le CEA présente une évaluation de la fiabilité de la ligne de levage en approche basse afin de s'assurer du caractère suffisant de l'ensemble des modifications matérielles et organisationnelles prévues pour le pont. **À cet égard, le CEA s'est engagé à réviser l'évaluation de la fiabilité de la ligne de levage en approche basse en tenant compte notamment des modifications envisagées et de la perte du réseau électrique, ce qui est satisfaisant.**

Enfin, le CEA s'est engagé à intégrer la hauteur d'approche basse du pont roulant dans les modalités d'exploitation de ce pont de sorte que les manutentions réalisées à une hauteur supérieure à la hauteur d'approche basse soient privilégiées, **ce qui est satisfaisant.**

¹ La plus grande hauteur en-dessous de laquelle le freinage ne serait pas efficace est appelée hauteur d'approche basse.

2.2. COMPORTEMENT DU BLOC-CŒUR EN CAS DE SEISME DE DIMENSIONNEMENT

La réévaluation de sûreté menée en 2004 a conduit le CEA à renforcer le bloc-cœur à l'égard du séisme de référence défini pour le centre de Cadarache. L'étude menée par le CEA pour vérifier le respect des exigences du bloc-cœur en cas de séisme, prenant en compte ces renforts, a alors fait l'objet de réserves de l'IRSN lors d'une expertise antérieure. L'IRSN avait en effet considéré que la méthode retenue pour cette étude ne s'inscrivait pas dans une démarche de dimensionnement usuelle et que la possibilité d'améliorer la robustesse des éléments participant au maintien de supportage du cœur en cas de séisme devait être étudiée dans le cadre du prochain réexamen, en utilisant des règles usuelles de dimensionnement. Sur cette base, l'ASN a formulé la demande H mentionnée dans la lettre citée en quatrième référence (cf. annexe 1 au présent avis).

En réponse à cette demande, le CEA a présenté une étude du comportement du bloc-cœur à l'égard du séisme, qui met en œuvre une modélisation détaillée des différents composants du bloc-cœur (notamment des liaisons entre composants mécaniques) et du système d'ancrage de ce dernier au fond de la piscine du réacteur. En outre, elle modélise l'eau de la piscine afin de prendre en compte le couplage, lié à l'interaction fluide-structure, entre le bloc-cœur et la cuve de la piscine. Sur la base de cette étude, le CEA conclut que le supportage du cœur est maintenu et que la BAES ne constituerait pas un projectile en cas de séisme de dimensionnement.

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que le respect des exigences de comportement sismique du bloc-cœur est acquis, sous réserve que le CEA lève une incohérence relevée entre les masses modélisées et les masses réelles. Le CEA s'est engagé à approfondir ce point, **ce qui est satisfaisant**.

2.3. ROBUSTESSE DES SSC A L'EGARD D'UN SEISME EXTREME

À l'issue des ECS menées après l'accident de Fukushima-Daiichi au Japon, le CEA s'est engagé à compléter, selon des méthodes spécifiques, la justification de la robustesse de certains « structures, systèmes et composants » (SSC) de l'INB n°24, à l'égard d'un séisme extrême dit « séisme noyau dur » (SND). Les SSC concernés par cet engagement (cf. annexe 1 au présent avis) sont le poste de repli de l'installation et son instrumentation, les poutres métalliques assurant le supportage de la cellule en pile appelées « poutres support du bloc-cœur », le bloc-cœur, ainsi que le réservoir contenant le sodium de l'ancienne boucle expérimentale ou les réservoirs d'eau du cœur. Concernant ces deux derniers SSC à l'égard desquels l'événement redouté est une réaction explosive entre le sodium et l'eau qu'ils contiennent respectivement, le CEA a choisi de justifier la robustesse des réservoirs d'eau du cœur plutôt que celle du réservoir de sodium.

Le poste de repli est constitué d'une baie électronique située dans le bâtiment 788 dans laquelle seraient recueillies des informations sur l'état de l'installation en cas d'indisponibilité (suite à un séisme notamment) de la salle de commande principale située dans le bâtiment 223. L'instrumentation permettant l'acquisition de ces informations est constituée de capteurs implantés dans le hall réacteur du bâtiment 222 et de liaisons électriques entre ces capteurs et la baie électronique. **La démarche de justification de l'opérabilité de la baie électronique en cas de séisme de niveau SND, basée sur des essais sur table vibrante, n'appelle pas de remarque de l'IRSN.** Concernant l'instrumentation du poste de repli, l'IRSN estime que le CEA doit compléter la démonstration présentée en justifiant, pour un séisme de niveau SND :

- l'opérabilité du dispositif mesurant l'ambiance radiologique du hall réacteur ;
- la stabilité des supports de capteurs pour lesquels seule une justification par calcul au séisme de dimensionnement a été effectuée ;
- l'absence de risque d'agression de l'instrumentation par les équipements mécaniques présents dans le hall réacteur.

Les deux premiers points ont fait l'objet d'un engagement du CEA, ce qui est satisfaisant. Le troisième point fait l'objet de la recommandation n° 1 formulée en annexe 2 au présent avis.

Concernant les poutres support du bloc-cœur, l'IRSN considère que l'étude présentée par le CEA pour justifier le maintien de leur stabilité à l'égard d'un séisme de niveau SND doit être reprise, selon des méthodes à l'état de l'art. En particulier, l'IRSN considère que le CEA doit améliorer la modélisation des phénomènes mis en jeu, étudier plus finement les zones de concentration de contraintes et analyser, lors de répliques sismiques, le comportement des zones présentant des déformations plastiques. **Les deux premiers points ont fait l'objet d'un engagement du CEA, ce qui est satisfaisant. Le troisième point fait l'objet de la recommandation n° 2 formulée en annexe 2 au présent avis.**

Les poutres support du bloc-cœur sont fixées, à leurs extrémités, à deux piliers en béton, par l'intermédiaire de sabots. L'évaluation du comportement, en cas de SND, de ces sabots et de leur système d'ancrage dans les piliers prend en compte des efforts issus de l'étude présentée par le CEA pour les poutres. Cette évaluation conclut au maintien de la stabilité des sabots en cas de SND. L'IRSN considère que cette conclusion est acceptable sous réserve que le CEA vérifie que les efforts qui seront obtenus à l'issue de la prise en compte de l'engagement susmentionné concernant les poutres support du bloc-cœur ne sont pas de nature à remettre en cause la stabilité de ces sabots. **Le CEA s'est engagé sur ce point, ce qui est satisfaisant.**

Concernant le bloc-cœur, le CEA justifie le respect des exigences de comportement qui lui sont assignées en cas de SND sur la base d'une étude du comportement sismique du bloc-cœur qui a fait l'objet de réserves de l'IRSN lors d'une expertise antérieure. Au cours de la présente expertise, le CEA a apporté des compléments de justification basés sur l'étude qu'il a présentée, dans le cadre de ce réexamen, en réponse à la demande H précitée. Après une nouvelle analyse des contraintes dans les composants les plus sollicités du bloc-cœur, le CEA conclut que les contraintes calculées dans ces éléments resteraient inférieures aux contraintes admissibles en cas de séisme de niveau SND. Pour l'IRSN, la méthode utilisée par le CEA pour ré-analyser les contraintes ne permet pas de conclure que les exigences de comportement assignées au bloc-cœur sont respectées pour ce niveau de séisme. **L'IRSN formule ainsi la recommandation n° 3 en annexe 2 au présent avis.**

S'agissant des réservoirs d'eau de refroidissement du cœur, l'étude présentée par le CEA à l'égard d'un SND vise à vérifier le bon comportement :

- des réservoirs et de leurs ancrages ;
- des tuyauteries du circuit d'eau du cœur situées à l'extérieur du bâtiment 222 et reliées aux réservoirs ;
- d'une partie du circuit de refroidissement de l'eau des réservoirs située en amont de la pompe installée sur ce circuit ;
- des supports des tuyauteries.

Dans cette étude, le CEA retient des critères d'acceptabilité issus du recueil des règles françaises de conception et de construction des matériels mécaniques (code RCC-M), dont le respect vise à assurer les exigences de sûreté attribuées aux composants étudiés. En particulier, le CEA retient un critère de niveau D du code RCC-M pour garantir l'étanchéité des tuyauteries en cas de SND. L'IRSN considère que l'exigence d'étanchéité pour des tuyauteries ne peut pas être justifiée en considérant un niveau D pour lequel des déformations plastiques, voire d'éventuelles fuites localisées, peuvent être tolérées. Par conséquent, pour l'IRSN, un niveau C doit être considéré par le CEA lorsqu'une exigence d'étanchéité est visée. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 4 formulée en annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, le CEA s'est engagé, d'une part à renforcer les tuyauteries du circuit de refroidissement de l'eau des réservoirs, d'autre part à justifier le respect du critère de niveau C pour les brides du circuit de sortie de l'eau du cœur et à réaliser des renforcements si besoin, **ce qui est satisfaisant.**

S'agissant du circuit de refroidissement de l'eau des réservoirs, l'IRSN note que le CEA n'a pas étudié le comportement, en cas de SND, de la portion aval de ce circuit. Or, cette portion est raccordée au circuit de sortie de l'eau du cœur en partie basse des réservoirs. Dès lors, une brèche sur la portion de tuyauterie située près du raccordement au circuit de sortie de l'eau du cœur conduirait à une vidange de l'eau des réservoirs susceptible de conduire à l'événement redouté (réaction exothermique entre l'eau des réservoirs et le sodium entreposé dans les locaux sodium). Aussi, l'IRSN considère que le CEA doit justifier que le comportement à l'égard du SND du circuit de refroidissement de l'eau des réservoirs, considéré dans son intégralité, ne

conduirait pas à une vidange des réservoirs. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 5 formulée en annexe 2 au présent avis.**

Enfin, en cas de SND, l'IRSN estime que l'agression des SSC concernés par l'engagement du CEA, rappelé au début du présent chapitre, par des éléments de structures ou des équipements ne doit pas entraîner de conséquences inacceptables pour la sûreté. À cet égard, le bloc réacteur est susceptible d'être agressé, par effet missile, par les structures du bâtiment réacteur. Quant au poste de repli qui assurerait la surveillance post-sismique de l'installation, il est susceptible d'être agressé par les structures du bâtiment 788. En outre, le pont roulant de ce bâtiment, lorsqu'il est dans sa position de garage², et le château X qui est entreposé sur un châssis à proximité de la cloison dans laquelle le poste de repli est ancré, constituent des agresseurs potentiels de ce dernier. Le CEA a présenté, dans le cadre de l'ECS de l'installation CABRI et de la présente expertise, des éléments visant à justifier le bon comportement de ces agresseurs potentiels à l'égard d'un SND. Toutefois, l'IRSN considère que les éléments transmis à ce jour par le CEA ne sont pas suffisamment étayés et qu'ils devraient notamment comprendre, sur la base de documents référencés et d'une analyse des dispositions constructives, une justification du caractère suffisant des marges disponibles à l'égard du séisme de dimensionnement pour conclure à leur stabilité en cas de SND. Ainsi, l'IRSN considère que le CEA doit compléter son analyse du comportement des agresseurs potentiels du bloc-cœur et du poste de repli afin de justifier l'absence de conséquences inacceptables pour la sûreté en cas de SND. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 6 formulée en annexe 1 au présent avis.**

2.4. REFROIDISSEMENT DU CŒUR EN CAS DE SEISME EXTREME

À l'issue de l'instruction de l'ECS, l'ASN a demandé au CEA de démontrer l'absence de nécessité d'ouverture des clapets de convection naturelle pour refroidir, après un SND, le cœur sous eau, à la suite d'un arrêt du réacteur (cf. prescription ([CEA-INB24-03] rappelée en annexe 1 au présent avis). L'étude présentée par le CEA en réponse à cette prescription met en avant une marge importante à l'égard du critère de sûreté retenu pour écarter le risque de fusion de la gaine des éléments combustibles du cœur. **Au vu de cette marge et des conservatismes retenus dans l'étude, l'IRSN considère que la démonstration du CEA est satisfaisante.**

3. EXAMEN DE CONFORMITÉ ET MAITRISE DU VIEILLISSEMENT

Le CEA a mené un examen de conformité de l'état réel de l'installation aux éléments présentés dans le référentiel de sûreté. À cet égard, l'IRSN souligne l'ampleur de l'examen de conformité documentaire réalisé par le CEA. En outre, l'examen de conformité des EIP a été mené de façon détaillée et le CEA a fourni des études spécifiques pour certaines parties de l'installation (ventilation, distribution électrique, génie-civil), **ce qui est satisfaisant.**

Les éléments présentés par le CEA visant à justifier la conformité des EIP aux exigences définies qui leur sont assignées ont fait l'objet d'une analyse de l'IRSN, en particulier pour ce qui concerne le réservoir contenant le sodium de l'ancienne boucle expérimentale et les ouvrages de génie civil. Les conclusions de l'expertise de l'IRSN à l'égard de la liste des EIP et des exigences définies sont présentées à la fin du présent chapitre.

L'IRSN considère que le CEA doit analyser plus finement le comportement du réservoir contenant le sodium contaminé de l'ancienne boucle expérimentale en cas de séisme de dimensionnement, en particulier au niveau des liaisons entre le réservoir et les éléments le supportant. **Ce point fait l'objet d'un engagement du CEA, ce qui est satisfaisant.** Par ailleurs, si l'intégrité du réservoir est contrôlée par une vérification périodique de la pression d'argon d'inertage dans le réservoir, un tel contrôle ne permet pas, pour l'IRSN, d'anticiper une dégradation lente de l'état des parois du réservoir, même si l'IRSN convient qu'une rupture du réservoir conduirait à des conséquences radiologiques limitées, le sodium étant entreposé à l'état solide dans ce

² Lorsque le pont n'est pas utilisé (position de garage), il surplombe le poste de repli.

réservoir. L'IRSN considère que le CEA doit au minimum avoir une bonne connaissance de l'état réel des parois du réservoir en vue notamment des opérations d'évacuation du sodium vers l'INB n°71 (PHÉNIX) envisagées à l'horizon 2035 (passage de l'état solide à l'état liquide du sodium pour ces opérations). **Le CEA a pris un engagement en ce sens, ce qui est satisfaisant.**

Concernant la maîtrise du vieillissement des EIP, le CEA s'est engagé à justifier l'adéquation des dispositions de suivi et de contrôles retenues pour les EIP aux mécanismes de dégradation identifiés pour ces EIP, **ce qui est satisfaisant.** Le CEA s'est également engagé à définir un programme de suivi et de maintenance des ouvrages de génie-civil identifiés comme EIP de l'installation CABRI, **ce qui est également satisfaisant.**

Enfin, l'IRSN estime que le pont roulant du bâtiment 788 doit faire l'objet d'une analyse visant à démontrer que son vieillissement est maîtrisé, cet équipement étant susceptible d'agresser le poste de repli de l'installation. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 7 formulée en annexe 1 au présent avis.**

S'agissant de la liste des EIP et des exigences définies afférentes, l'IRSN considère que, au regard de leurs rôles dans la démonstration de sûreté, le CEA doit classer en tant qu'EIP :

- les locaux sodium et les locaux annexes du bâtiment 222 ainsi que le bâtiment 788, en plus du bâtiment réacteur déjà classé EIP ;
- le château X et le râtelier d'entreposage tampon du poste de reconstruction des éléments combustibles du cœur, au titre de la maîtrise de la sous-criticité ;
- des matériels électriques (redresseurs, onduleurs, câbles) nécessaires à l'alimentation électrique permanente des EIP de l'installation.

Le CEA s'est engagé à ajouter les ouvrages de génie-civil précités, le château X, le râtelier, les redresseurs et onduleurs précités à la liste des EIP de l'installation, **ce qui est satisfaisant.** Toutefois, le CEA n'a pas retenu de classer EIP les câbles électriques, tels que ceux reliant des EIP (par exemple des capteurs) au tableau permanent les alimentant. En tout état de cause, l'IRSN considère que le CEA doit au minimum justifier que les dispositions de suivi en service permettront de détecter la dégradation éventuelle des câbles participant à l'alimentation électrique permanente des EIP de l'installation. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 8 formulée en annexe 1 au présent avis.**

Enfin, le CEA s'est engagé à ce que les exigences définies des EIP dont l'ajout à la liste actuelle des EIP fait l'objet de l'engagement précité du CEA, soient définies en cohérence avec leurs rôles dans la démonstration de sûreté de l'installation. Il en est de même pour les exigences définies du bâtiment réacteur, l'exigence actuellement définie par le CEA ne permettant pas de couvrir, pour ce bâtiment, l'ensemble des exigences telles qu'elles sont issues de la démonstration de sûreté. **Ceci est satisfaisant.**

4. RÉÉVALUATION DE SÛRETÉ

4.1. RISQUES DE DISSEMINATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Les principes de confinement des substances radioactives dans l'installation n'appellent pas de remarque et les dispositions de contrôle et de surveillance des différents systèmes de confinement sont globalement satisfaisantes.

Le CEA a procédé, dans le cadre du réexamen périodique, à une vérification de l'implantation des points de prélèvement utilisés pour les contrôles d'efficacité des filtres du dernier niveau de filtration (DNF) de la ventilation du bâtiment 222. L'IRSN note que le CEA n'a pas caractérisé la représentativité de ces points de prélèvement selon les préconisations de la norme en vigueur applicable sur le sujet (NF EN ISO 16170 de 2016), ce que l'IRSN considère pourtant nécessaire afin d'assurer la fiabilité des contrôles d'efficacité des filtres. **Le CEA s'est engagé en ce sens, ce qui est satisfaisant.**

Concernant la représentativité des prélèvements effectués en cheminée dans le cadre de la surveillance des rejets, l'IRSN estime que les vérifications réalisées par le CEA ne sont pas suffisantes pour garantir une bonne qualité des mesures de rejets à l'émissaire et que la pertinence de ces mesures doit être justifiée au regard des

préconisations de la norme NF ISO 2889 de 2010. Ce point a fait l'objet de la demande générique de l'ASN au CEA mentionnée dans la lettre citée en sixième référence. **La réponse du CEA à cette demande devra permettre de conclure sur la qualité des mesures des rejets atmosphériques effectués à la cheminée de l'installation CABRI.**

Par ailleurs, des piézomètres installés au droit de l'installation CABRI permettent de suivre, en plus des fluctuations du niveau de la nappe d'eau souterraine, l'état radiologique de cette dernière. De l'analyse des relevés périodiques réalisés à partir de ces piézomètres, l'IRSN conclut que le réseau de surveillance de la nappe en aval proche de l'installation présente potentiellement certaines insuffisances. **À cet égard, le CEA s'est engagé à justifier que les dispositions de surveillance en place permettraient de détecter efficacement une pollution d'origine radiologique de la nappe en aval proche de l'installation, ce qui est satisfaisant.**

4.2. RISQUES D'EXPOSITION EXTERNE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

Concernant la dose reçue par le personnel lors du fonctionnement normal de l'installation, la méthode retenue par le CEA pour évaluer les débits de doses au corps entier et aux extrémités **n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

S'agissant de l'exposition des extrémités, le CEA a évalué une dose prévisionnelle due aux émissions de photons beaucoup plus importante que la dose mesurée lors du premier essai dans la BEP. À cet égard, le CEA s'est engagé à mener des investigations complémentaires pour en comprendre l'origine et établir, en fonction des conservatismes considérés, un prévisionnel de dose affiné sur la base d'hypothèses consolidées, **ce qui est satisfaisant.**

4.3. RISQUES LIÉS À L'INCENDIE

Concernant l'analyse des risques liés à l'incendie, l'IRSN estime que la démarche retenue par le CEA est satisfaisante. En outre, s'agissant de la prévention et de la surveillance à l'égard des risques liés à l'incendie, l'IRSN considère que les dispositions actuelles sont adaptées.

Pour ce qui concerne la limitation des conséquences d'un incendie dans l'installation, le CEA a notamment mené des études considérant un incendie dans le local dit « palier cuve 1^{er} sous-sol » situé autour de la cuve de la piscine du réacteur, juste en dessous du niveau du sol du bâtiment réacteur. Dans son analyse, le CEA considère que le risque d'éclatement des équipements sous pression (ESP) présents dans ce local peut être écarté en cas d'incendie. L'IRSN considère pour sa part qu'une telle situation ne peut pas être exclue sur la base des éléments présentés par le CEA et qu'elle pourrait conduire à la perte de la surveillance du flux neutronique à basse puissance du réacteur qui est nécessaire à la mise à l'arrêt et au maintien à l'état sûr de l'installation. À cet égard, le CEA s'est engagé à réaliser des études pour justifier l'absence de scénario d'éclatement des ESP présents dans le palier cuve 1^{er} sous-sol, **ce qui est satisfaisant.**

Concernant la stabilité au feu des éléments porteurs des bâtiments de l'installation, le CEA a retenu un objectif de stabilité sur une durée minimale de deux heures, estimant qu'une telle durée est suffisante pour amener l'installation dans un état sûr et l'y maintenir, grâce notamment à l'intervention des secours extérieurs. **Ce point, jugé acceptable par l'IRSN, met en exergue l'importance de la définition de voies d'accès adaptées pour ces secours.**

S'agissant de la stabilité au feu du bâtiment 222, le CEA a analysé le comportement thermomécanique de certains éléments porteurs, en considérant une évolution temporelle de la puissance dégagée par un incendie définie sur la base des charges en présence (feu dit réel). Pour les foyers d'incendie impliquant des équipements électriques (cas des salles « électronique » et « électrotechnique » des locaux annexes du bâtiment 222), le CEA s'est engagé à compléter son étude de stabilité des structures de l'installation sous feu réel en présentant une analyse de sensibilité sur l'hypothèse de cinétique de développement des foyers des scénarios d'incendie, **ce qui est satisfaisant.**

Concernant la stabilité en cas de feu réel de la dalle de plafond du hall réacteur, l'IRSN considère que la sollicitation thermique considérée par le CEA sous l'effet d'un incendie généralisé dans le palier cuve 1^{er} sous-sol n'est pas acquise. À cet égard, le CEA s'est engagé à reprendre l'évaluation de cette sollicitation thermique en utilisant un outil de calcul adapté à la configuration des locaux et pour une puissance enveloppe du foyer justifiée, **ce qui est satisfaisant.**

En outre, sur la base de l'ensemble des études de stabilité au feu qu'il a menées, le CEA conclut que la stabilité au feu pour le bâtiment 222 est acquise. Pour les études s'appuyant sur des calculs de comportement thermomécanique, le CEA a retenu des critères de ruine pour les éléments structuraux (poutres, dalles, poteaux, voiles). À cet égard, l'IRSN estime que le seul critère de ruine n'est pas suffisant pour vérifier le respect des exigences de comportement retenues (stabilité locale et d'ensemble) et considère que des critères de performance pertinents à l'égard du comportement attendu des éléments structuraux en cas d'incendie (déplacements et taux de déformation notamment) doivent être définis en cohérence avec les exigences de sûreté associées au génie-civil. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 9 formulée en annexe 1 au présent avis.**

Enfin, la stratégie de pilotage de la ventilation en situation d'incendie retenue par le CEA est de maintenir le confinement dynamique de l'installation tant que l'un des seuils associés aux paramètres surveillés au niveau du DNF ou des pièges à iode (PAI) n'a pas été franchi. L'IRSN souligne que l'ensemble des paramètres surveillés au niveau du DNF et des PAI seront reportés en salle de commande conformément aux améliorations prévues par le CEA dans son plan d'actions du réexamen et à son engagement pris à l'issue de l'expertise de l'IRSN concernant ce sujet. **Ceci est satisfaisant.**

4.4. RISQUES LIES AUX MANUTENTIONS

Les opérations de manutention réalisées dans l'installation sont susceptibles d'entraîner des risques de dissémination de substances radioactives en cas d'altération des barrières de confinement à la suite d'une chute de charge ou d'une collision. Elles sont en outre susceptibles d'induire un risque de criticité dans la piscine du réacteur ou dans le bac dédié à l'entreposage des éléments combustibles du cœur.

L'IRSN estime que l'exclusion de la chute du château X (10 tonnes) dans la piscine du réacteur, telle que considérée dans la démonstration du CEA, ne peut pas être acceptée, en l'état actuel des dispositions de la ligne de levage du pont roulant 12 tonnes du hall réacteur. Il convient tout d'abord de rappeler que le CEA s'est engagé à renforcer la fiabilité de la ligne de levage de ce pont. En outre, le CEA s'est engagé à justifier qu'une défaillance des dispositifs de levage (palonnier, élingues) mis en œuvre lors des opérations de manutention du château X à l'aide du pont roulant 12 tonnes ne conduirait pas à la chute du château X, **ce qui est satisfaisant.** Par ailleurs, le pont roulant 12 tonnes est un EIP et le CEA s'est engagé à justifier, au titre de la maîtrise du vieillissement, l'adéquation des dispositions de suivi et de contrôles retenues aux mécanismes de dégradation identifiés pour les EIP de l'installation. **Ainsi, compte tenu des engagements précités et du fait que la manutention du château X dans la piscine du réacteur reste une opération relativement rare, l'IRSN considère que l'exclusion, dans la démonstration de sûreté, d'une chute du château X dans la piscine est recevable.**

Par ailleurs, s'agissant des opérations de manutention de la hotte de transfert des dispositifs d'essai (12 tonnes), le CEA s'est engagé à compléter l'analyse des situations de chute dans le hall réacteur en étudiant les conséquences d'un scénario de chute suivi d'un basculement de celle-ci sur le caisson³ de la BEP, afin de

³ Ce caisson contient les principaux équipements de la BEP dont le réservoir de décharge qui recueille l'eau du circuit primaire de la BEP à la fin de l'expérience. En cas de rupture de la gaine du crayon expérimental lors d'un essai (situation relevant du fonctionnement normal de l'installation), cette eau est contaminée.

démontrer qu'une telle situation ne serait pas de nature à mettre en cause le confinement des substances radioactives contenues dans le réservoir de décharge. **Ceci est satisfaisant.**

Enfin, même si les modifications matérielles envisagées par le CEA pour améliorer la fiabilité de la ligne de levage contribueront à réduire le risque de chute des charges lourdes, l'IRSN estime, au regard des règles d'exploitation en vigueur (manutentions de charges lourdes au-dessus des poutres support du bloc-cœur) et de l'importance de la contribution du facteur humain dans les événements de chute de charge, que le risque de chute de la hotte sur les poutres support du bloc-cœur ne peut pas être exclu et que le CEA doit apporter des éléments quant aux conséquences d'une telle chute. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 10 formulée en annexe 1 au présent avis.**

5. CONCLUSION

L'IRSN a examiné le dossier de réexamen périodique de l'INB n°24 établi en 2017 par le CEA au titre de l'article L593-18 du code de l'environnement ainsi que certains éléments transmis par le CEA à la suite d'instructions antérieures. De l'expertise menée, l'IRSN retient les principaux points suivants.

La démarche générale mise en œuvre par le CEA pour ce réexamen est satisfaisante. En particulier, le CEA a réalisé un travail important de vérification de la conformité de l'installation et de réévaluation des analyses de risques présentés par celle-ci. Par le plan d'actions élaboré sur la base des conclusions du réexamen, le CEA s'est engagé à réaliser des travaux de mise en conformité concernant notamment le confinement statique et dynamique et la distribution électrique de l'installation ainsi que des travaux d'amélioration de la sûreté, en particulier à l'égard des risques liés à l'incendie.

L'IRSN considère cependant que le CEA doit, d'une part compléter les actions d'amélioration de la sûreté de l'installation en mettant notamment en œuvre les travaux de rénovation de la ligne de levage du pont roulant du bâtiment réacteur, d'autre part apporter des compléments de justification ou de démonstration sur des sujets d'importance au regard de la sûreté de l'installation. Ces compléments concernent en particulier :

- la maîtrise de la sûreté des manutentions de charges lourdes dans le bâtiment réacteur ;
- la vérification de la stabilité au feu de certains éléments structuraux du bâtiment 222 ;
- le comportement, en cas de séisme noyau dur, de certains SSC de l'installation et de leurs agresseurs potentiels.

En conclusion, sous réserve de la mise en œuvre, dans les délais annoncés, du plan d'actions défini par le CEA en conclusion du réexamen périodique, des engagements pris à l'issue de l'expertise, ainsi que des recommandations formulées en annexe 2 au présent avis, l'IRSN considère que les dispositions de sûreté retenues par le CEA pour la poursuite de l'exploitation de l'INB n°24 sont satisfaisantes.

Enfin, au cours de l'expertise, l'IRSN a identifié des éléments de nature à conforter la démonstration de sûreté de l'installation. Ceux-ci sont portés par les observations formulées en annexe 3 au présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2020-00178 DU 10/11/2020

Rappel de demandes et d'une prescription de l'ASN ainsi que d'un engagement du CEA issus d'instructions antérieures

Rappel de la demande G de la lettre ASN CODEP-DRC-2012-001439 du 28 février 2012 [4]

L'ASN vous demande de présenter, sous deux ans, une évaluation plus complète de la robustesse de la ligne de levage afin de déterminer les chemins de défaillance menant à la chute de charge, par exemple au moyen d'une analyse de type AMDEC (Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité).

Rappel de la demande H de la lettre ASN CODEP-DRC-2012-001439 du 28 février 2012 [4]

Pour le prochain réexamen de sûreté, l'ASN vous demande de vous positionner par rapport aux règles usuelles de conception et de dimensionnement pour évaluer la tenue au séisme du bloc-pile.

Rappel de la prescription [CEA-INB24-03] de la décision ASN n° 2015-DC-0478 du 8 janvier 2015 [5]

Avant le 30 juin 2015, l'exploitant complète son analyse sur l'absence de nécessité d'ouverture des clapets de convection naturelle pour refroidir le cœur sous eau à la suite d'un arrêt du réacteur en cas *de situation noyau dur*.

Rappel de l'engagement pris par le CEA à l'issue de l'instruction concernant les ECS à l'égard de l'INB n°24

Le CEA Cadarache complètera, selon des méthodes définies pour les « noyaux durs », la justification de la robustesse des SSC suivants de l'installation CABRI à l'égard des situations extrêmes en tenant compte de leurs exigences fonctionnelles :

- le poste de repli et son instrumentation,
- l'ensemble « poutres supports du bloc-cœur »,
- le bloc cœur,
- le réservoir de sodium ou les réservoirs d'eau du cœur.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2020-00178 DU 10/11/2020

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que le CEA justifie l'absence de risque d'agression de l'instrumentation dont l'information est reportée au poste de repli par les équipements mécaniques du hall réacteur en cas de séisme « noyau dur ».

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que le CEA reprenne l'étude du comportement au séisme noyau dur de l'ensemble « poutres support du bloc-cœur » en analysant, en cas de déformations plastiques identifiées lors de l'étude, le comportement de ces zones lors des répliques sismiques, en tenant compte de leurs déformations.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande que le CEA vérifie le respect des exigences de comportement assignées au bloc-cœur en cas de séisme noyau dur à partir d'une étude numérique réalisée sur la base de la modélisation du bloc-cœur retenue, dans le cadre du présent réexamen, pour l'étude de comportement en cas de séisme enveloppe du séisme majoré de sécurité et du paléoséisme.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande que le CEA justifie, en retenant un critère de niveau C du code RCC-M, le respect de l'exigence d'étanchéité des tuyauteries du circuit d'eau du cœur jusqu'à la vanne d'isolement VAEC 03 des réservoirs REEC 03 et REEC 04 et des tuyauteries du circuit de refroidissement de l'eau des réservoirs, en cas de séisme noyau dur.

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande que le CEA justifie que le comportement en cas de séisme noyau dur du circuit de refroidissement de l'eau des réservoirs REEC 03 et REEC 04, considéré dans son intégralité, ne conduirait pas à une vidange des réservoirs.

Recommandation n° 6

L'IRSN recommande que le CEA complète son analyse du comportement des structures du bâtiment réacteur et du bâtiment 788, ainsi que du pont roulant et du château X sur son support dans le bâtiment 788, afin de justifier l'absence de conséquences inacceptables pour la sûreté en cas de séisme noyau dur.

Recommandation n° 7

L'IRSN recommande que le CEA justifie la maîtrise du vieillissement du pont roulant du bâtiment 788 au regard du risque d'agression qu'il présente pour la baie de repli située dans ce bâtiment.

Recommandation n° 8

L'IRSN recommande que le CEA justifie que les dispositions de suivi en service permettent de détecter une éventuelle dégradation des câbles participant à l'alimentation électrique permanente des EIP de l'installation.

Recommandation n° 9

L'IRSN recommande que, pour chaque élément de structure du bâtiment 222 faisant l'objet d'une évaluation par calculs avancés (feu normalisé et feu réel), le CEA complète les études de stabilité au feu en définissant des critères de performance à l'égard du comportement en cas d'incendie en cohérence avec les exigences de sûreté associées au génie-civil et justifie que ces critères seront respectés pendant toute la durée considérée dans la démonstration de sûreté.

Recommandation n° 10

L'IRSN recommande que le CEA justifie qu'une chute de la hotte, en cours de manutention à l'aide du pont roulant du hall réacteur, sur les poutres support du bloc-cœur ne conduirait pas à des conséquences radiologiques inacceptables et ne serait pas de nature à mettre en cause la maîtrise de la sous-criticité. Cette justification devra prendre en considération la défaillance totale de la ligne de levage.

ANNEXE 3 À L'AVIS IRSN N° 2020-00178 DU 10/11/2020

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN considère que le CEA devrait présenter dans la synthèse géologique et géotechnique du périmètre de l'installation CABRI :

- des coupes géologiques actualisées tenant compte de l'ensemble des investigations réalisées ;
- une caractérisation de l'état d'altération du rocher et de son degré de fracturation au droit de l'installation ;
- une comparaison des paramètres géotechniques obtenus au droit de l'installation aux valeurs usuellement observées sur d'autres secteurs du site de Cadarache.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le CEA devrait, dans la prochaine mise à jour du rapport de sûreté de l'installation CABRI :

- intégrer une description succincte de la géologie locale et référencer la synthèse géologique et géotechnique du périmètre de l'installation CABRI ;
- intégrer une description du contexte hydrogéologique local et des exutoires de la nappe du Crétacé en aval de l'installation CABRI ;
- présenter l'ensemble des piézomètres faisant l'objet d'une surveillance radiologique, ainsi qu'une analyse des résultats de cette surveillance.

Observation n° 3

L'IRSN estime que le CEA devrait, pour les composants du pont roulant 120 kN du bâtiment réacteur de l'installation CABRI considérés dans les études de fiabilité de la ligne de levage, vérifier que l'ordre de grandeur des taux de défaillance utilisés dans ces études est cohérent avec le retour d'expérience disponible pour ce pont.

Observation n° 4

L'IRSN estime que le CEA devrait reprendre l'étude de fiabilité de la ligne de levage du pont roulant du hall réacteur hors approche basse, en tenant compte de l'ensemble des modifications matérielles envisagées sur la ligne et du dimensionnement à 12 tonnes de l'ensemble des freins (service, secours, sécurité).

Observation n° 5

L'IRSN estime que, pour confirmer le maintien de l'intégrité de la gaine des éléments combustibles en cas de perte brutale du débit d'eau de refroidissement du cœur, le CEA devrait réaliser une étude de sensibilité aux modèles influents.

Observation n° 6

L'IRSN estime que le CEA devrait mettre à jour, dans le rapport de sûreté et les règles générales d'exploitation, les limites géométriques associées aux alvéoles des paniers internes du château X (dimensions maximales des goulottes) dont le respect assure la maîtrise de la sous-criticité.

Observation n° 7

L'IRSN estime que les dispositions prises pour respecter les hypothèses de la démonstration de la maîtrise du risque d'incendie relatives à la gestion des charges calorifiques devraient être précisées dans les règles générales d'exploitation de l'installation ou dans un document qui y est référencé.

Observation n° 8

L'IRSN estime que le CEA devrait définir, dans les règles générales d'exploitation, les dispositions prévues en cas d'indisponibilité de la détection automatique d'incendie dans un local, telles que par exemple une limitation des activités ou la mise en place de mesures compensatoires (selon la durée de l'indisponibilité).

Observation n° 9

L'IRSN estime que le CEA devrait intégrer dans le rapport de sûreté de l'INB n°24 les exigences associées à l'intervention de la formation locale de sécurité du centre en cas d'incendie dans l'installation.

Observation n° 10

L'IRSN estime que le CEA devrait préciser, dans la règle générale d'exploitation n°8, les vérifications périodiques réalisées concernant les équipements et accessoires de levage (câble et crochet de la ligne de levage, anneaux de levages, palonniers, élingues et tirants...) utilisés lors des manutentions à l'aide du pont roulant du hall réacteur.

Observation n° 11

L'IRSN estime que le CEA devrait préciser, dans le rapport de sûreté, le nombre de tirants du palonnier de la hotte permettant de garantir le maintien de la charge lors des opérations de manutention de la hotte à l'aide du pont roulant du hall réacteur.

Observation n° 12

L'IRSN estime que, pour l'analyse des risques liés aux grands chauds et aux grands froids de l'installation CABRI, le CEA devrait considérer les températures les plus récentes préconisées par le site.

Observation n° 13

L'IRSN estime que le CEA devrait préciser, dans les règles générales d'exploitation, les actions de surveillance de l'installation prévues en cas de températures élevées.