

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

Fontenay-aux-Roses, le 19 juin 2026

AVIS D'EXPERTISE N° 2026-00066 DU 19 JUIN 2026

Objet : INB n° 172 / RJH - Lot n° 2 de l'instruction anticipée de la demande de mise en service :
contrôle-commande, accident à caractère explosif de type BORAX, qualification des
plaques combustibles et sûreté-criticité

Référence : Courrier ASNR - CODEP-DRC-2025-009133 du 27 février 2025.

L'INB n° 172, dénommée réacteur Jules Horowitz (RJH), est un réacteur de recherche dédié à des études de comportement de matériaux et de combustibles sous irradiation, ainsi qu'à la production de radio-isotopes. Cette installation est en construction sur le site de Cadarache du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

Le dossier d'options de sûreté et le rapport préliminaire de sûreté du RJH ont fait l'objet d'expertises de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), de réunions du groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) et de lettres de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

Préalablement au dépôt du dossier de mise en service (DMES) du RJH, prévu à l'horizon 2030, le CEA a proposé une liste de thèmes qui pourraient faire l'objet d'une instruction anticipée. Sur cette base, l'ASN a défini, en concertation avec l'IRSN, une répartition en quatre lots de ces thèmes.

L'expertise par l'IRSN des thèmes du lot n° 1, portant notamment sur la démarche générale d'analyse de sûreté, l'architecture des circuits de réfrigération de sauvegarde et des systèmes « ultimes », ainsi que sur la démarche de maîtrise du risque d'incendie interne, s'est finalisée en 2024.

Au 1^{er} janvier 2025, l'ASN et l'IRSN sont devenus l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Par le courrier cité en référence, la Direction des déchets, des installations de recherche et du cycle de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) a sollicité l'avis de la Direction de l'expertise en sûreté de l'ASNR sur les éléments présentés par le CEA concernant les thèmes du lot n° 2, à savoir le contrôle-commande, l'accident à caractère explosif de type BORAX¹, la qualification des plaques combustibles et la prévention des risques de criticité.

De l'examen des éléments présentés, tenant compte des informations fournies par le CEA au cours de l'expertise ainsi que des engagements pris à son issue, la Direction de l'expertise en sûreté retient les principaux points développés ci-après.

¹ Accident résultant de la dégradation, voire de la fusion rapide, d'une partie du cœur provoquée par un apport soudain et important de réactivité.

1. CONTRÔLE-COMMANDE

Le contrôle-commande du RJH comporte deux grands ensembles distincts : l'un dédié au réacteur, appelé contrôle-commande centralisé, l'autre aux dispositifs expérimentaux.

Le système de contrôle-commande de sauvegarde et les systèmes dédiés aux actions de prévention et à la surveillance des fonctions et équipements classés sont des systèmes classés. En revanche, les systèmes de contrôle-commande utilisés pour la conduite normale du réacteur sont non classés.

La Direction de l'expertise en sûreté a noté que les systèmes de contrôle-commande non classés sont reliés par des réseaux informatiques à des systèmes classés. Le CEA n'a pas apporté les éléments justifiant l'absence de perturbation des systèmes classés par le contrôle-commande non classé. **Il s'est engagé à compléter son analyse en ce sens.**

Les systèmes de contrôle-commande non classés sont constitués d'automates programmables dont la défaillance pourrait dégrader la gestion des situations accidentelles, en perturbant le fonctionnement du réacteur du fait d'un pilotage erroné des actionneurs non classés. Au cours de l'expertise, le CEA a indiqué que les dispositions retenues permettent d'exclure ces risques. Il appartiendra au CEA de justifier ce point dans le cadre de l'étude « des conditions de fonctionnement et des situations de limitation du risque » du RJH.

Le contrôle-commande de sauvegarde du RJH est composé de deux systèmes : le CQA dédié au réacteur, et le CED dédié aux dispositifs expérimentaux dont la conception n'est pas encore arrêtée.

La Direction de l'expertise en sûreté considère que l'architecture de la chaîne d'acquisition et de traitement des informations du CQA selon trois files redondantes est satisfaisante, de même que sa logique d'actionnement. Elle estime en outre que la technologie utilisée pour le CQA respecte les principes de conception et les méthodes de développement requis pour un système de contrôle-commande de sauvegarde. Il appartiendra toutefois au CEA de justifier que le dimensionnement du CQA, à l'origine développé pour d'autres projets nucléaires, répond aux besoins spécifiques du projet RJH (capacité mémoire, capacité de calcul, configuration des cartes).

La Direction de l'expertise en sûreté estime que la surveillance du fournisseur du CQA effectuée par le CEA est insuffisante au regard des exigences liées à son classement ainsi qu'au degré de qualité requis pour le développement de ses logiciels. **À cet égard, le CEA s'est engagé à renforcer cette surveillance par un programme spécifique et la réalisation d'un audit de l'ensemble du cycle de développement du logiciel du CQA.**

Enfin, les différents systèmes du contrôle-commande du RJH sont dotés d'appareils numériques à fonctionnalité limitée (ANFL). Ces appareils sont des composants programmés (capteurs, actionneurs, relais ou afficheurs intelligents) dont la conception ne répond pas aux normes de l'industrie nucléaire. Contrairement aux calculateurs traditionnellement utilisés pour les installations nucléaires, ils ne sont pas programmables par l'exploitant, mais seulement paramétrables. Au cours de l'expertise, le CEA a présenté sa démarche pour garantir le niveau de fiabilité de ces ANFL. La Direction de l'expertise en sûreté estime que cette démarche doit être renforcée. **Sur ce point, le CEA s'est engagé à consolider sa démarche de fiabilisation et à analyser les conséquences d'une défaillance de cause commune pouvant les affecter.**

2. ACCIDENT BORAX

L'accident BORAX est caractéristique des réacteurs utilisant un combustible dont la matrice est à base d'aluminium et qui sont refroidis et modérés par de l'eau. Il est étudié au titre des accidents graves susceptibles de survenir dans ce type de réacteurs.

Pour l'accident grave maîtrisé (AGM)² BORAX, le CEA retient un scénario d'éjection d'un absorbant, assurant le contrôle de la réactivité du cœur. Cette éjection est caractérisée par une insertion importante de réactivité sur une

² Les accidents graves sont des accidents postulés ou scénarisés pouvant conduire à une dégradation sévère du combustible. Le CEA distingue deux catégories : les accidents graves dits « maîtrisés » (AGM) par des dispositions de conception et ceux « éliminés en pratique » (accidents graves exclus - AGE) par des dispositions spécifiques de conception et d'exploitation. Les critères retenus par le CEA pour l'AGM et l'AGE sont des fréquences annuelles d'occurrence respectivement inférieures à 10^{-6} et 10^{-7} .

durée, dénommée « temps d'envol », de 300 ms, ce qui provoque un échauffement brutal du cœur pouvant conduire à la fusion du combustible (température de fusion de l'aluminium relativement basse).

L'AGM BORAX est l'accident retenu par le CEA pour le dimensionnement des structures de génie civil et d'équipements mécaniques des piscines du bâtiment réacteur. Il constitue en particulier l'accident de dimensionnement de la piscine réacteur. L'étude de cet accident s'articule autour de quatre volets :

- la justification du classement en AGM du scénario retenu sur la base de sa fréquence annuelle d'occurrence ;
- l'évaluation du « terme source énergétique cœur » exprimé en quantité de matériaux fondus (masse et énergie) ;
- l'évaluation du chargement mécanique généré par l'interaction entre le combustible fondu et l'eau du circuit primaire, et par la réaction chimique entre le sodium et l'eau du circuit primaire, résultant de la destruction des dispositifs expérimentaux contenant du sodium présents dans le cœur. Ce chargement mécanique, dénommé « chargement mécanique de référence », est calculé sur la base d'un terme source énergétique évalué à 95 MJ³ ;
- l'évaluation des conséquences du chargement mécanique de référence sur les structures de génie civil et les équipements mécaniques des piscines du bâtiment réacteur.

2.1. FRÉQUENCE D'OCCURRENCE D'ÉJECTION D'UN ABSORBANT

Le CEA a réalisé une étude de fiabilité visant à quantifier la fréquence annuelle d'occurrence d'éjection d'un absorbant, résultant de la défaillance de composants appartenant d'une part au tube guide et d'autre part à l'équipage mobile de l'absorbant⁴. Il évalue cette fréquence à 2.10^{-7} pour les scénarios pour lesquels le temps d'envol est supérieur ou égal à 300 ms, et à 5.10^{-8} pour les scénarios pour lesquels le temps d'envol est inférieur à 300 ms.

Le CEA considère ainsi que ces résultats s'inscrivent dans les objectifs probabilistes qu'il s'est fixés pour les accidents de type AGM et AGE (à savoir des fréquences annuelles d'occurrence respectivement inférieures à 10^{-6} et 10^{-7}).

Le CEA retient donc comme AGM un accident de type BORAX induit par l'éjection d'un absorbant avec un temps d'envol de plus de 300 ms. En appui de son étude, le CEA a réalisé des essais hydrauliques afin de démontrer que, pour les cumuls de défaillances relevant d'un AGM, le temps d'envol de l'absorbant est supérieur à la valeur de 300 ms retenue pour l'AGM BORAX.

La méthodologie mise en œuvre par le CEA dans l'étude de fiabilité n'appelle pas de remarque sur le plan des principes. Néanmoins, des compléments restent à apporter, notamment une évaluation probabiliste de la fiabilité humaine pour les opérations de montage et de manutention des absorbants ainsi qu'une évaluation des risques liés à la présence éventuelle de corps migrants dans le circuit primaire du réacteur.

Enfin, le CEA devra réviser son étude de fiabilité pour prendre en compte la conception finalisée des absorbants et conforter la catégorisation en AGM ou AGE des scénarios d'éjection d'absorbant en fonction du temps d'envol *in fine* retenu.

2.2. TERME SOURCE ÉNERGÉTIQUE CŒUR

Pour l'évaluation du terme source énergétique résultant du transitoire de puissance initié par l'éjection d'un absorbant, le CEA s'appuie sur un outil de calcul scientifique (OCS) dont les modèles neutroniques et thermohydrauliques ont dû être adaptés afin de pouvoir modéliser un transitoire d'insertion de réactivité à cinétique rapide. Cet outil prédit une fusion significative du cœur pour le scénario étudié considérant un temps d'envol d'un

³ Jusqu'à l'instruction du DOS du RJH, une valeur forfaitaire de 135 MJ était considérée pour le dimensionnement des réacteurs nucléaires de recherche français à l'accident BORAX. Cette valeur a été définie sur la base des données issues de l'examen de l'accident du réacteur SL-1 aux États-Unis ainsi que des expériences BORAX et SPERT menées également aux États-Unis.

⁴ Les absorbants sont positionnés au centre des éléments combustibles du cœur du réacteur. Ils sont constitués d'un tube cylindrique métallique (« tube guide »), surmonté d'un diaphragme régulant le débit hydraulique dans l'absorbant, au sein duquel coulisse une tige métallique (« équipage mobile ») comportant une partie en hafnium jouant le rôle d'absorbant neutronique.

absorbant de 300 ms, fusion limitée par la chute des absorbants.

La Direction de l'expertise en sûreté estime que l'évaluation par le CEA du terme source énergétique cœur est entachée d'une forte incertitude, du fait de la multiplicité des phénomènes mis en jeu et du niveau de connaissance limité associé à certains d'entre eux. Par ailleurs, la Direction de l'expertise en sûreté considère que l'OCS utilisé ne permet pas d'évaluer le terme source énergétique cœur dès lors qu'une fusion significative des gaines intervient, dans la mesure où cette fusion est susceptible d'empêcher la chute des absorbants et la limitation du transitoire de puissance.

La Direction de l'expertise en sûreté considère que les verrous de modélisation identifiés dans le cadre de l'expertise ne peuvent pas être levés par des travaux de recherche à moyen terme. Le CEA présente, dans son dossier, une étude de sensibilité montrant l'effet favorable d'une augmentation du temps d'envol. À cet égard, la Direction de l'expertise en sûreté estime que la conception finale des absorbants doit permettre de maximiser le temps d'envol à retenir pour l'AGM BORAX. Par ailleurs, du fait de son importance, ce paramètre doit être déterminé avec un haut niveau de confiance. Pour atteindre cet objectif, la réalisation d'essais hydrauliques représentatifs des scénarios d'éjection d'un absorbant dans sa conception finale est à privilégier.

2.3. CHARGEMENT MÉCANIQUE

Pour évaluer le chargement mécanique de l'AGM BORAX, le CEA utilise une version d'un OCS spécifiquement développée pour évaluer le chargement en pression sur les parois de la piscine du réacteur RJH, résultant à la fois de l'explosion de vapeur due à l'interaction entre le combustible fondu et l'eau du circuit primaire, et de la réaction chimique entre l'eau du circuit primaire et le sodium issu de la destruction des dispositifs expérimentaux présents dans le cœur du réacteur RJH.

La Direction de l'expertise en sûreté souligne l'absence de validation de cette version de l'OCS pour la configuration de l'accident BORAX. En outre, l'exploitation d'essais réalisés postérieurement à l'étude du CEA montre que la modélisation des transferts thermiques mise en œuvre par le CEA n'est pas adaptée.

Par ailleurs, la Direction de l'expertise en sûreté estime que, en l'état des connaissances sur la réaction sodium-eau et compte tenu de la validation insuffisante de l'OCS utilisé, l'évaluation de l'impact de cette réaction sur le chargement en pression résultant d'un accident BORAX n'est pas justifiée.

Aussi, la Direction de l'expertise en sûreté estime que l'évaluation réalisée par le CEA du chargement mécanique induit par l'AGM BORAX sur les structures et équipements du réacteur RJH susceptibles d'être affectés n'est pas satisfaisante et ne permet pas de justifier que le chargement mécanique de référence est enveloppe.

2.4. CONSÉQUENCES DU CHARGEMENT MÉCANIQUE DE RÉFÉRENCE SUR LA TENUE DES STRUCTURES DE GÉNIE CIVIL ET DES ÉQUIPEMENTS MÉCANIQUES

Le CEA a évalué les conséquences du chargement mécanique de référence sur la tenue des structures de génie civil et des équipements mécaniques sur la base du terme source énergétique de 95 MJ.

L'expertise présentée ci-dessous a été réalisée indépendamment des réserves notables quant à l'évaluation du chargement mécanique de référence.

S'agissant du génie civil de la piscine réacteur, l'IRSN s'est déjà favorablement positionné sur le dimensionnement des armatures en acier retenues pour le ferrailage et les dispositions constructives associées au regard du chargement mécanique de référence.

En outre, la démonstration de l'intégrité de la piscine intermédiaire d'entreposage pour ce chargement n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.

Enfin, pour ce qui concerne les équipements mécaniques des piscines du bâtiment réacteur ayant des exigences de comportement au regard de l'AGM BORAX, la Direction de l'expertise en sûreté n'a pas de remarque sur les démarches mises en œuvre par le CEA pour vérifier leur dimensionnement au chargement mécanique de référence. Toutefois, la Direction de l'expertise en sûreté souligne qu'une partie de ces équipements ne présente aucune marge dans leur dimensionnement. Pour certains de ces équipements, le CEA valorise en outre de faibles zones de plastification, ce qui est acceptable compte tenu du classement en tant qu'AGM de cet accident.

2.5. CONCLUSION DE L'EXPERTISE DE L'ÉTUDE DE L'ACCIDENT BORAX

La Direction de l'expertise en sûreté estime que les modélisations retenues par le CEA pour la détermination du chargement mécanique résultant du scénario de l'AGM BORAX considérant un temps d'envol de 300 ms d'un absorbant ne sont pas validées et ne permettent pas de se prononcer de façon favorable sur la tenue des structures de génie civil et des équipements mécaniques des piscines du bâtiment réacteur.

En effet, outre le fait que l'évaluation du temps d'envol associé à l'éjection d'un absorbant ne prend pas en compte sa conception finalisée, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la démarche mise en œuvre par le CEA ne permet pas d'évaluer avec confiance le terme source énergétique cœur ainsi que les conséquences de la réaction chimique entre l'eau du circuit primaire et le sodium.

À l'issue de l'expertise, le CEA s'est engagé à démontrer que l'éjection d'un absorbant ne conduit pas à un niveau de fusion significatif du cœur, en se basant notamment sur une réévaluation robuste du temps d'envol d'un absorbant dans sa conception finalisée. Ceci est satisfaisant sur le principe. La Direction de l'expertise en sûreté souligne à cet égard que le temps d'envol doit être maximisé dans la conception finale des absorbants et déterminé avec un haut niveau de confiance. Pour atteindre cet objectif, la réalisation d'essais hydrauliques représentatifs des scénarios d'éjection d'un absorbant dans sa conception finale est à privilégier.

Par ailleurs, dans le cadre de la mise à jour de son dossier, le CEA devra conforter l'exclusion des scénarios d'éjection d'absorbant menant à des temps d'envol plus faibles que celui retenu pour le scénario considéré au titre de l'AGM BORAX. Il devra en outre justifier la validité du calcul du terme source énergétique cœur obtenu *in fine*, si la fusion des éléments combustibles ne peut pas être totalement exclue. Cette mise à jour devra également inclure une évaluation du chargement mécanique induit par la réaction entre le sodium présent dans les dispositifs expérimentaux qui en contiennent et l'eau du circuit primaire, en s'appuyant sur des essais représentatifs au regard des spécificités du RJH.

Il appartiendra également au CEA de reprendre l'analyse des AGM en reconsidérant les accidents d'insertion de réactivité et de rupture de dispositifs expérimentaux en cœur qui n'avaient pas été étudiés précédemment du fait du caractère enveloppe des conséquences de l'AGM BORAX par éjection d'un absorbant.

3. QUALIFICATION DES PLAQUES COMBUSTIBLES

Les éléments combustibles (EC) du RJH sont constitués de plaques combustibles cintrées et assemblées formant des cylindres concentriques. Ces plaques sont constituées d'une âme combustible à base de particules de siliciure d'uranium (U_3Si_2) dispersées dans une matrice en aluminium, et d'une gaine en alliage d'aluminium constituant la première barrière de confinement. Elles comportent à leur extrémité supérieure un insert boré assurant un rôle d'absorbant neutronique.

Le dossier de qualification des plaques combustibles vise à démontrer leur bon comportement en conditions de fonctionnement normal, incidentel et accidentel. Ce dossier intègre les résultats de plusieurs programmes expérimentaux, notamment des essais EVITA réalisés dans le réacteur belge BR2 (Belgian Reactor 2) sur des EC représentatifs de ceux du RJH, ainsi que des calculs thermomécaniques visant à démontrer le respect des exigences assignées aux plaques combustibles.

À l'issue des essais EVITA, au cours desquels les EC testés ont conservé leur intégrité, le CEA a conclu à la qualification des plaques combustibles pour le fonctionnement normal. Ceci n'appelle pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté, qui considère les conditions expérimentales retenues lors de ces essais représentatives des conditions de fonctionnement normal du RJH, notamment en termes de puissance, de température et de taux de combustion. En outre, le CEA a indiqué, au cours de l'expertise, étudier la mise en œuvre d'un programme de surveillance des EC du RJH afin de disposer de données complémentaires. Ceci est satisfaisant sur le principe.

Au cours de l'expertise, le CEA a défini un ensemble d'exigences et de critères associés visant à garantir la tenue de la gaine dans les différentes conditions de fonctionnement. L'analyse de ces éléments conduit la Direction de l'expertise en sûreté à retenir les points suivants.

Afin de prévenir le risque d'oxydation à haute température de la gaine en fonctionnement normal, le CEA a défini

un critère d'épaisseur d'oxyde ainsi qu'un critère de température à respecter à l'interface entre la gaine et l'eau du circuit primaire. Néanmoins, la Direction de l'expertise en sûreté estime que la compréhension de ce phénomène demeure incomplète et ne permet pas, à ce stade, de se prononcer sur la pertinence de ces critères. **Sur ce point, le CEA s'est engagé à apporter des éléments complémentaires relatifs à la compréhension du phénomène d'oxydation à haute température pour le gainage en alliage d'aluminium afin de justifier la pertinence des critères retenus.**

Afin de prévenir le risque de formation de *blisters*⁵ en situations incidentelles et accidentelles, le CEA a défini un critère relatif à la température de l'âme combustible. La Direction de l'expertise en sûreté estime conservatrice la démarche retenue pour établir ce critère. Toutefois, aucun critère spécifique n'a été défini pour prévenir la formation de *blisters* en bordures supérieure et inférieure de l'insert boré des plaques combustibles, alors que ce phénomène a été observé lors des premiers essais EVITA et avait conduit le CEA à modifier la composition des inserts borés des plaques combustibles du RJH. **Sur ce point, le CEA s'est engagé à apporter des éléments complémentaires afin de justifier l'absence de phénomène de *blistering* au niveau de l'insert boré des plaques combustibles du RJH en situations incidentelles et accidentelles.**

Pour la qualification des plaques combustibles en situations incidentelles et accidentelles, le CEA a retenu des approches différentes selon la nature des dommages redoutés. Concernant le risque de flambage thermique de la gaine ainsi que sa fissuration à la suite d'un assèchement local, des analyses spécifiques ont été produites. Ces éléments n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté. Concernant les autres dommages, dont les déformations de la gaine et son comportement en fatigue, le CEA a appliqué une démarche issue du code RCC-MX⁶, bien que celui-ci n'ait pas été développé pour l'étude du comportement des plaques combustibles. La Direction de l'expertise en sûreté considère que les compléments apportés par le CEA au cours de l'expertise, portant sur les coefficients de sécurité, les propriétés mécaniques de la gaine et le respect des limites admissibles en irradiation, permettent de justifier l'utilisation de ce code. En outre, **le CEA s'est engagé à vérifier que les phénomènes de déformation progressive et de fatigue en fluage n'ont pas d'impact sur l'intégrité mécanique et géométrique des plaques combustibles du RJH en situations incidentelles.**

S'agissant de la qualification des outils de calcul scientifique utilisés dans l'étude du comportement des plaques combustibles en situations incidentelles et accidentelles, la Direction de l'expertise en sûreté considère que le dossier associé ne répond pas à l'ensemble des préconisations du guide n° 28 de l'ASN. À cet égard, le CEA a indiqué au cours de l'expertise qu'il prévoit d'apporter des compléments à ce sujet, ce qui est satisfaisant dans le principe.

Enfin, en complément du dossier de qualification des plaques combustibles, le CEA a présenté des calculs de neutronique et d'évolution sous irradiation visant à déterminer, à partir des mesures réalisées sur des plaques combustibles utilisées lors des essais EVITA, le taux de combustion maximal à retenir pour l'exploitation des EC du RJH. La Direction de l'expertise en sûreté estime que la méthodologie retenue par le CEA est satisfaisante. Le dossier de qualification de l'OCS utilisé pour ces calculs fera ultérieurement l'objet d'une instruction.

4. SÛRETÉ-CRITICITÉ

L'analyse de sûreté-criticité vise à démontrer la maîtrise du risque de criticité pour l'ensemble des opérations effectuées avec les différentes matières fissiles présentes dans le RJH (EC, cibles de molybdène de fission (MOLFI), échantillons et déchets) dans l'ensemble des unités de criticité (UC) de l'installation. Cette analyse décrit notamment les milieux fissiles de référence (MFR), utilisés dans les études de criticité pour modéliser les différentes matières fissiles, les modes de contrôle de la criticité des différentes UC (paramètres garantissant la sous-criticité tels que la masse de matières fissile, la géométrie...), les hypothèses retenues dans les calculs de criticité réalisés et les critères d'admissibilité associés. Le CEA conclut que la prévention du risque de criticité est assurée moyennant la mise en place de dispositions matérielles et organisationnelles.

⁵ La formation de *blisters* correspond à la diffusion et à l'agglomération de produits de fission gazeux à l'interface entre l'âme combustible et la gaine, ce qui cause une décohésion entre l'âme et la gaine et conduit à une perte d'intégrité de la plaque combustible et *in fine* de la gaine, ainsi qu'à un relâchement de produits de fission gazeux dans l'environnement.

⁶ Règles de conception et de construction des matériels mécaniques des réacteurs d'expérimentation.

La Direction de l'expertise en sûreté relève que plusieurs hypothèses retenues par le CEA dans l'analyse de sûreté-criticité restent à valider. En particulier, le CEA devra vérifier que, en cas d'incendie, les potentiels déplacements et déformations des structures d'entreposage des cibles MOLFI et des échantillons ne mettent pas en cause la sous-criticité dans ces entreposages. En outre, si, dans les cellules blindées dites « chaudes », le cumul de la chute d'un dispositif expérimental ou de cibles MOLFI et d'un apport incidentel d'eau ne pouvait pas être exclu, notamment en cas d'inondation ou d'utilisation d'eau en situation d'incendie, il appartiendrait au CEA de compléter son analyse de sûreté-criticité pour étudier ce scénario.

Les critères d'admissibilité en situations normale, incidentelles et accidentelles ainsi que l'analyse de la qualification des schémas de calcul utilisés n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté.

Les MFR retenus par le CEA pour les EC intègres et endommagés n'appellent pas de remarque de la Direction de l'expertise en sûreté, bien que le comportement des EC en cas de chute reste à valider. Sur ce point, la Direction de l'expertise en sûreté considère que la méthodologie présentée par le CEA, reposant sur des essais de chute à des hauteurs représentatives des configurations susceptibles d'être rencontrées dans l'installation et des calculs numériques pour prendre en compte l'évolution sous irradiation des propriétés mécaniques des matériaux des EC, est satisfaisante. En revanche, la définition du MFR relatif aux cibles MOLFI n'intègre pas toutes les tolérances de fabrication. En outre, l'unique MFR défini par le CEA pour l'ensemble des échantillons et des déchets n'apparaît pas cohérent avec la démonstration de sûreté-criticité qui considère, pour chaque UC concernée, un MFR spécifique et des hypothèses adaptées. **Le CEA s'est à cet égard engagé à redéfinir des MFR pour les cibles MOLFI, les échantillons et les déchets en conformité avec les milieux retenus dans les calculs de criticité.**

5. CONCLUSION

La Direction de l'expertise en sûreté considère que les éléments présentés par le CEA concernant le contrôle-commande, les plaques combustibles et le risque de criticité sont satisfaisants sous réserve des engagements pris à l'issue de l'expertise. Elle note toutefois que, pour certains éléments, la conception n'est pas finalisée et que des analyses restent à conforter.

Pour ce qui concerne l'AGM BORAX, le CEA s'est engagé à démontrer que l'éjection d'un absorbant ne conduit pas à un niveau de fusion significatif du cœur, ce qui est satisfaisant dans le principe. À cet égard, un certain nombre de justifications sont encore attendues en support à cette démonstration.

Pour le Directeur de l'expertise en sûreté

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise en sûreté