

Fontenay-aux-Roses, le 31 juillet 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## Avis IRSN n° 2020-00128

Objet ...	Institut Laue-Langevin INB n° 67 - Réacteur à haut flux Modification des traversées des enceintes béton et métallique du bâtiment ILL5 pour les guides de neutrons H1-H2 et des portiques d'about des casemates des bâtiments ILL5 et ILL7.
Réf(s)...	Lettre ASN CODEP-LYO-2019-032670 du 19 juillet 2019.
Nbre de page(s) ..	7

Par la lettre citée en référence, l'autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la demande de modification du réacteur à haut flux (RHF) présentée en avril 2019 par l'Institut Laue-Langevin (ILL), exploitant de cette installation nucléaire de base (INB) située à Grenoble. La modification concerne les traversées, nécessaires au passage des guides de neutrons H1-H2, des enceintes béton et métallique du bâtiment réacteur ILL5 et les portiques d'about des casemates en béton situées de part et d'autre de ces traversées dans les bâtiments ILL5 et ILL7.

### 1 CONTEXTE

Le RHF est un réacteur de recherche dont la mission est de fournir des faisceaux intenses de neutrons à des fins d'expérimentation.

Les neutrons produits par le cœur du RHF, collectés par des équipements appelés doigts de gant (DDG), sont dirigés vers différentes aires expérimentales au travers de canaux. Chacun de ces canaux est composé d'une succession de tubes en verre boré, les guides de neutrons, disposés à l'intérieur de carters en acier étanches. Pour des raisons de radioprotection, les canaux sont situés dans des casemates en béton. Les onze canaux associés aux DDG H1-H2 traversent la troisième barrière de confinement du bâtiment ILL5, constituée de l'enceinte interne en béton et de l'enceinte externe métallique, pour rejoindre le bâtiment ILL7. Afin d'assurer l'étanchéité de la troisième barrière de confinement, les carters traversant ces enceintes sont dotés chacun d'une membrane en aluminium<sup>1</sup>, et, pour chaque enceinte, sont reliés à une plaque de fermeture munie d'un joint de manière à assurer l'étanchéité externe.

Adresse Courrier  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

Siège social  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses

Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre 8 440 546 018

<sup>1</sup> Ces membranes présentent une surface pleine. Étanches à l'air et à l'eau, elles permettent cependant le passage des flux de neutrons, qui sont peu atténués par la faible épaisseur de la membrane en aluminium.

Ces traversées font partie de la troisième barrière de confinement du réacteur et doivent donc satisfaire aux exigences assignées à cette structure constitutive du « noyau dur »<sup>2</sup> de l'installation, à savoir la stabilité et l'étanchéité relative pendant et après un séisme « noyau dur » (SND) et une inondation extrême (rupture des quatre barrages situés en amont sur le Drac), définies dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté réalisées après l'accident de Fukushima-Daïchi.

Les DDG étant exposés à une irradiation intense modifiant leurs caractéristiques mécaniques, ils sont soumis à une durée d'irradiation maximale à l'issue de laquelle ils doivent être remplacés. L'ILL souhaite profiter de l'arrêt au cours duquel ce remplacement sera effectué pour réaliser les modifications nécessaires au respect des exigences de sûreté « noyau dur » spécifiées pour les onze traversées d'enceintes associées aux canaux expérimentaux H1-H2.

Dans ce cadre, l'ILL a transmis, en avril 2019, une demande d'autorisation de mise en œuvre de ces modifications. En support à sa demande, il a transmis un dossier présentant les nouvelles traversées d'enceintes, les renforcements des portiques d'about des casemates des bâtiment ILL5 et ILL7 pouvant constituer des agresseurs de ces traversées en cas de SND, les études de dimensionnement correspondantes ainsi que l'analyse de risques associée à la phase de réalisation des travaux.

En réponse à la demande de l'ASN citée en référence, l'expertise de l'IRSN a notamment porté sur le respect des exigences assignées aux traversées d'enceintes, sur la solution de renforcement des portiques d'about des casemates des bâtiments ILL5 et ILL7 retenue par l'ILL afin de prévenir le risque d'agression de ces traversées, ainsi que sur le maintien du niveau de sûreté de l'installation lors de la phase de réalisation des travaux.

De l'évaluation du dossier transmis par l'ILL et complété par les éléments recueillis au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principales conclusions ci-dessous.

## 2 DIMENSIONNEMENT DES TRAVERSEES D'ENCEINTES

La modification des traversées d'enceintes consiste à remplacer, pour chaque canal expérimental, les carters situés au niveau de l'enceinte béton et de l'enceinte métallique de manière à n'avoir qu'un seul carter traversant ces deux enceintes. Ce carter se présente sous la forme d'un tube en acier de section rectangulaire, équipé des mêmes systèmes d'étanchéités interne et externe qu'actuellement.

Les études de dimensionnement portent sur le carter et sur son système d'étanchéité externe au niveau de l'enceinte béton, auxquels s'appliquent des exigences de stabilité et d'étanchéité relative en cas de SND et d'inondation extrême.

S'agissant du carter, l'ILL identifie tout d'abord, au moyen d'un calcul simplifié, celui qui est le plus sollicité parmi l'ensemble des onze carters des traversées H1-H2, puis, pour ce carter dimensionnant, réalise un calcul par éléments finis en retenant notamment comme chargement le SND<sup>3</sup> ainsi que l'interaction avec les carters se situant en amont et en aval. S'agissant de la plaque de fermeture, l'ILL réalise également un calcul par éléments finis en retenant notamment comme chargement l'inondation extrême. Enfin, l'ILL vérifie analytiquement la résistance du joint

---

<sup>2</sup> Le « noyau dur » de l'installation est un ensemble de moyens matériels et organisationnels permettant, lors de situations extrêmes définies après l'accident de Fukushima-Daïchi, de :

- prévenir les accidents graves et en limiter la progression ;
- limiter les rejets radioactifs massifs ;
- permettre à l'exploitant d'assurer les missions qui lui incombent dans la gestion d'une crise.

<sup>3</sup> L'inondation extrême n'est pas retenue dans les chargements, celle-ci ayant un effet favorable, d'après l'ILL, compte tenu du fait que la poussée d'Archimède compense une partie du poids propre des carters.

effectuant l'étanchéité entre la plaque de fermeture et le carter aux effets de la pression de l'eau et des déformations relatives. Les critères retenus sont respectivement la limite d'élasticité associée à l'acier constituant le corps du carter et la plaque de fermeture et les critères du paragraphe 3.6.1 de l'Eurocode 3 pour la boulonnerie.

L'ILL conclut au respect des exigences « noyau dur » pour les carters et leur système d'étanchéité externe. Il relève d'importantes marges pour le système d'étanchéité externe et des dépassements localisés de la limite élastique pour le carter qu'il explique notamment par des conservatismes dus à sa modélisation.

S'agissant des critères, l'ILL n'a pas retenu de code de construction pour le dimensionnement des carters et des plaques de fermeture, contrairement à ce que préconise la méthodologie retenue par l'ILL dans le cadre du réexamen de sûreté en cours pour le dimensionnement des éléments participant à l'une des barrières de confinement ou faisant partie du « noyau dur ». **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1 formulée en annexe 2 du présent avis.**

L'IRSN estime toutefois que, compte tenu des marges vis-à-vis des critères fixés, les conclusions de l'ILL relatives au dimensionnement des plaques de fermeture n'appellent pas d'autre remarque.

S'agissant du carter, l'ILL n'a pas étudié le comportement de la membrane en aluminium effectuant l'étanchéité interne de la traversée, ayant indiqué au cours de l'expertise que cette membrane est identique à celles équipant les carters actuels. Or, le dimensionnement de ces dernières a été réalisé pour répondre à des exigences de stabilité et d'étanchéité relative en cas de séisme majoré de sécurité (et non de SND). Par ailleurs, l'IRSN estime qu'une collision, consécutive au SND, du carter situé en amont avec la membrane en aluminium constitue un scénario à étudier dans le cadre de son dimensionnement. **Ces éléments amènent l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe 1 du présent avis.**

Par ailleurs, afin de pallier l'absence d'application d'un code de construction et compte tenu des dépassements localisés de la limite élastique constatés, l'IRSN estime que l'ILL devrait évaluer précisément les marges à la limite élastique pour le corps des carters. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 2 formulée en annexe 2 du présent avis.**

S'agissant du joint en caoutchouc participant à l'étanchéité externe des traversées, l'IRSN estime que l'ILL devrait spécifier une durée de vie maximale. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 3 formulée en annexe 2 du présent avis.**

Enfin, l'ILL justifie l'absence de régression de la sûreté de l'installation associée à la modification des traversées d'enceintes par la reconduction des dispositions de conception des traversées actuelles. Ceci n'appelle pas de remarque.

### **3 DIMENSIONNEMENT DES RENFORCEMENTS DES PORTIQUES DES CASEMATES D'ABOUT ILL5 ET ILL7**

Afin de garantir la stabilité au SND des éléments des casemates de l'ILL5 et de l'ILL7 susceptibles d'agresser les traversées d'enceintes des canaux expérimentaux H1-H2 et donc de dégrader leur étanchéité au niveau de l'enceinte interne en béton de l'ILL5, l'ILL prévoit de renforcer les portiques d'about de ces casemates.

Ce renforcement consiste :

- côté ILL5, en un liaisonnement par chevilles dites à scellement chimique du linteau du portique d'about à l'enceinte en béton ;
- côté ILL7, en l'adjonction d'un semi-portique métallique solidaire du linteau du portique d'about. Ce dispositif est complété par des butons visant à éviter de solliciter l'enceinte métallique en transférant les efforts radiaux éventuels sur l'enceinte en béton.

Le dimensionnement de ces renforcements est calculé en retenant les chargements du poids propre du portique d'about considéré et du SND.

Ce dimensionnement repose sur l'hypothèse que les autres éléments des casemates n'interagissent pas avec leur portique d'about. Pour l'IRSN, ni la conception des casemates existantes, ni le projet de renforcement des portiques d'about présenté à ce stade ne permettent de justifier cette hypothèse. Dès lors, des scénarios d'interaction peuvent être envisagés mettant en avant une mobilisation de masses potentiellement plus importantes que la masse des portiques renforcés. Les calculs de l'ILL considérant, pour le chargement retenu pour le dimensionnement des renforcements, les masses, sans marges, de ces portiques, l'IRSN estime que leur dimensionnement ainsi que les dispositions constructives associées ne permettent pas d'apporter la garantie du respect de l'exigence de stabilité visée.

Par ailleurs, l'ILL n'a pas encore réalisé l'étude du comportement sous séisme des enceintes de l'ILL5 pour prendre en compte ces renforcements qui ont notamment pour effet de transmettre des efforts supplémentaires à l'enceinte interne en béton.

En conséquence, l'IRSN estime à ce stade que le caractère suffisant des solutions de renforcement proposées par l'ILL n'est pas acquis et que l'ILL doit reprendre ses études de renforcement. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2 formulée en annexe 1 du présent avis.**

Enfin, au regard des éléments susmentionnés et notamment de l'absence d'étude permettant de vérifier l'absence d'endommagement des deux enceintes de l'ILL5 par les portiques d'about renforcés, l'IRSN n'est pas en mesure de statuer sur l'absence de régression de la sûreté de l'installation liée à la modification de ces portiques.

## **4 SURETE DE L'INSTALLATION PENDANT LA REALISATION DES TRAVAUX**

Les travaux qui seront réalisés dans le cadre de la mise en œuvre de la modification concerneront à la fois l'enceinte en béton et l'enceinte métallique. Ils vont notamment entraîner la rupture du confinement statique du bâtiment ILL5 et l'arrêt de la ventilation nucléaire.

L'ILL précise que le remplacement des carters aura lieu réacteur à l'arrêt, après l'entreposage sous eau du dernier élément combustible déchargé, et qu'aucun élément combustible ne sera présent dans le bloc pile. Conformément à ses règles générales d'exploitation (RGE), l'ILL conclut donc qu'aucune restriction ne s'applique durant la durée des travaux dans l'espace inter-enceintes, concernant notamment l'ouverture des deux enceintes. L'ILL indique qu'opérationnellement la ventilation nucléaire ne sera toutefois coupée qu'en journée lors de la phase d'alignement des carters avec les guides de neutron et qu'elle sera remise en service chaque soir. Les traversées d'enceintes seront ouvertes tous les jours et refermées chaque soir avec des tapes pour l'étanchéité.

S'agissant des dispositions de maîtrise du confinement du bâtiment ILL5 pendant les travaux, l'IRSN considère que l'ouverture de la double enceinte en journée conduit à la perte du confinement statique du bâtiment et de fait à la dégradation du confinement dynamique. Dès lors, l'IRSN estime que la réalisation de travaux à risque de contamination dans le bâtiment ILL5 pendant les travaux de modification des traversées d'enceinte, qui n'est pas exclue par l'ILL dans son dossier, n'est sur le principe pas acceptable.

Par ailleurs, l'IRSN estime que, dans le principe, la limite de la durée d'indisponibilité des équipements fixée à une journée dans les RGE n'a pas vocation à être utilisée de façon répétée sur plusieurs jours consécutifs.

**Ces éléments amènent l'IRSN à formuler la recommandation n° 3 formulée en annexe 1 du présent avis.**

S'agissant des autres principaux risques que l'ILL associe à la phase travaux : la manutention, le travail par point chaud (soudage), l'exposition aux rayonnements ionisants et la gestion de la sous-traitance, les dispositions mises en œuvre en vue de leur prévention n'appellent pas de remarque.

Enfin, la qualification réalisée à l'issue des travaux et qui concernera l'étanchéité des traversées d'enceintes, puis plus globalement de la troisième barrière de confinement, n'appelle également pas de remarque.

## **5 CONCLUSION**

L'IRSN considère que les études transmises par l'ILL pour le dimensionnement des modifications des traversées des enceintes béton et métallique du bâtiment ILL5 pour les canaux expérimentaux H1-H2 et des portiques d'about des casemates associées dans les bâtiments ILL5 et ILL7 ne démontrent pas le respect des nouvelles exigences de sûreté assignées à ces équipements et éléments structuraux dans le cadre des évaluations complémentaires de sûreté post-Fukushima. Il formule à cet égard deux recommandations.

L'analyse de sûreté associée à la phase de réalisation de travaux doit en outre être révisée vis-à-vis des risques associés à la rupture du confinement statique du bâtiment ILL5 et à l'arrêt de la ventilation nucléaire, ce qui fait également l'objet d'une recommandation.

Pour le Directeur général et par délégation,  
Frédérique PICHEREAU  
Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

## Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2020-00128 du 31 juillet 2020

### Recommandations de l'IRSN

#### *Recommandation n° 1*

L'IRSN recommande que l'ILL démontre la stabilité et l'étanchéité relative au séisme noyau dur de la membrane en aluminium assurant l'étanchéité interne des traversées d'enceintes des guides de neutrons du canal expérimental H1-H2. Cette démonstration devra inclure la prise en compte de l'agression potentielle de cette membrane par le carter amont.

#### *Recommandation n° 2*

L'IRSN recommande que l'ILL reprenne les études de conception des renforcements des casemates ILL5 et ILL7 de manière à ce que ceux-ci garantissent en cas de séisme noyau dur :

- l'absence d'agression des traversées des guides de neutrons du canal expérimental H1-H2 de l'enceinte interne en béton de l'ILL5 ;
- l'absence d'endommagement des deux enceintes de l'ILL5.

Ces études devront notamment prendre en compte les interactions possibles entre les différents éléments de casemate.

#### *Recommandation n° 3*

L'IRSN recommande que l'ILL réévalue les risques associés à la rupture du confinement statique du bâtiment ILL5 et à l'arrêt de la ventilation nucléaire pendant les travaux de modification des traversées d'enceintes des guides de neutrons du canal expérimental H1-H2.

## Annexe 2 à l'avis IRSN n°2020-00128 du 31 juillet 2020

### Observations de l'IRSN

#### *Observation n° 1*

L'IRSN estime que l'ILL devrait retenir un code de construction et justifier les critères utilisés pour la conception et la réalisation des carters des traversées d'enceintes des guides de neutrons du canal expérimental H1-H2 et des éléments réalisant les étanchéités interne et externe de ces traversées.

#### *Observation n° 2*

L'IRSN estime que l'ILL devrait évaluer précisément les marges vis-à-vis des critères retenus pour le dimensionnement du corps des carters des traversées d'enceintes des guides de neutrons du canal expérimental H1-H2 afin de justifier le respect des exigences qui leur sont assignées.

#### *Observation n° 3*

L'IRSN estime que l'ILL devrait spécifier une durée de vie maximale associée aux joints consommables en caoutchouc participant à l'étanchéité externe des traversées des guides de neutrons du canal expérimental H1-H2.