



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 23 juillet 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00116

Objet : Institut Laue-Langevin
INB n° 67 - Réacteur à haut flux (RHF)
Mise en place d'un système sprinklers au niveau C du bâtiment ILL5

Réf. : [1] Courrier ASN CODEP-DRC-2024-009558 du 19 mars 2024.
[2] Décision ASN 2022-DC-0738 du 28 juillet 2022.

Par la lettre citée en référence [1], l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier de demande d'autorisation de modification de l'installation nucléaire de base (INB) n° 67, dénommée « réacteur à haut flux » (RHF), relative à la mise en place d'un système d'aspersion fixe, de type système sprinklers, au niveau C¹ du bâtiment réacteur (BR) (aussi appelé bâtiment ILL5).

1. CONTEXTE

Le bâtiment réacteur de l'INB n° 67 est un ouvrage cylindrique, dont le confinement statique est assuré par une double enceinte comprenant une enceinte interne en béton armé et une enceinte externe constituée de béton armé pour sa partie enterrée et de tôle métallique pour la partie située au-dessus du niveau du sol. Cette double enceinte constitue la troisième barrière de confinement des substances radioactives contenues dans le BR.

Outre le réacteur, le BR abrite, au niveau C, un « hall expérimentateurs », comprenant notamment des casemates en béton qui renferment les canaux expérimentaux permettant d'extraire les faisceaux de neutrons issus du cœur du réacteur. Ce hall accueille également des aires expérimentales dans lesquelles sont implantés des équipements et matériels dont la nature évolue en fonction des expériences scientifiques mises en œuvre. Ainsi, la charge calorifique présente au niveau C est variable et peut être significative. Lors du dernier réexamen périodique du RHF, il a été mis en évidence qu'un incendie qui se déclarerait dans le « hall expérimentateurs » serait susceptible de mettre en cause la stabilité des éléments structuraux présents à ce niveau (poutres, poteaux, ...) et, par voie de conséquence, l'intégrité de la double enceinte du BR.

¹ Le BR comprend quatre niveaux principaux allant du niveau A situé en sous-sol (crypte du réacteur) au niveau D (niveau le plus élevé).

MEMBRE DE
ETSON

Par la décision citée en référence [2], l'ASN a ainsi prescrit à l'exploitant du RHF de transmettre, « *au plus tard le 31 décembre 2022, une demande de modification pour l'installation d'un système d'extinction permettant d'éteindre, ou au moins de contenir, un incendie survenant au niveau C du bâtiment réacteur (ILL5)* » et de mettre en service ce système au plus tard le 31 décembre 2024.

2. PRÉSENTATION DE LA MODIFICATION ET PÉRIMÈTRE DE L'EXPERTISE

Pour répondre à la prescription susmentionnée, l'ILL prévoit l'installation :

- d'un réseau de tuyauteries et d'ampoules sprinklers (appelé « réseau sprinklers d'ambiance ») en sous face de la dalle du niveau D du BR. Cette opération nécessite le percement des poutres principales, ainsi que de certaines des poutres secondaires² ;
- d'un « poste sprinklers », alimenté par une réserve d'eau située à l'extérieur du BR, *via* une traversée de l'enceinte au niveau C ;
- d'un dispositif d'isolement de l'enceinte du BR au niveau de la traversée précitée.

En fonctionnement normal, les tuyauteries du réseau sprinklers d'ambiance seront maintenues sous pression d'air afin d'éviter un déclenchement intempestif de l'aspersion du « hall expérimentateurs ». Leur mise en eau, commandée par le poste sprinklers, requiert notamment la rupture, sur atteinte d'une température prédéfinie, d'ampoules thermosensibles équipant le réseau, l'aspersion d'eau n'étant alors effective que dans la zone concernée par les ampoules ayant rupté.

Conformément à la demande de l'ASN [1], l'expertise de l'IRSN a porté sur les points suivants :

- l'absence de régression pour la sûreté de l'installation compte tenu de la mise en place d'une traversée de la troisième barrière de confinement et du percement de poutres situées sous le niveau D du bâtiment ILL5 ;
- les principes de dimensionnement du système sprinklers au regard des objectifs de maîtrise des risques liés à un incendie se déclarant au niveau C du bâtiment ILL5.

De l'évaluation du dossier, tenant compte des éléments transmis par l'ILL au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points développés ci-après.

3. EXIGENCES DE SÛRETÉ ASSIGNÉES AU RÉSEAU SPRINKLERS

L'objectif de sûreté défini par l'ILL pour le réseau sprinklers d'ambiance est de maîtriser la propagation d'un incendie se déclarant au niveau C et de limiter l'augmentation de température pouvant affecter les éléments de structure de la dalle du niveau D, ainsi que le pont roulant positionné en sous-face de ce niveau. **L'objectif défini par l'ILL n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Le système est dimensionné pour une durée de fonctionnement de 90 minutes à partir de son déclenchement, le temps que les équipes d'intervention externes à l'ILL puissent prendre le relai des équipes internes à l'exploitant. **La durée de fonctionnement retenue par l'ILL n'appelle pas de remarque.**

² Le niveau C du BR est séparé du niveau D par une dalle en béton supportée par une poutraison métallique, constituée d'un réseau de poutres principales radiales reliées entre elles par des poutres secondaires. Cette poutraison est en appui sur des poteaux situés en périphérie du BR et sur des éléments de génie civil situés au centre du BR.

S'agissant du dimensionnement mécanique du système, l'ILL retient, d'une part en cas de séisme majoré de sécurité (SMS)³ une exigence d'opérabilité, d'autre part en cas de séisme de niveau « noyau dur » (SND)⁴ une exigence de non-agression des équipements constitutifs du noyau dur mis en place dans le cadre du retour d'expérience de l'accident survenu sur la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi. De plus, une exigence d'étanchéité au SND est assignée au dispositif d'isolement installé au niveau de la traversée d'enceinte béton. **Ces exigences sont acceptables.**

Enfin, des exigences de tenue à la surpression en cas d'accident sur le réacteur sont assignées au dispositif d'isolement (voir paragraphe suivant).

4. ABSENCE DE RÉGRESSION POUR LA SÛRETE LIÉE À LA MISE EN PLACE DE LA TRAVERSÉE D'ENCEINTE

Le réseau sprinklers d'ambiance sera alimenté en eau, depuis une réserve extérieure au BR, *via* le poste sprinklers. Ce dernier est raccordé, par l'intermédiaire d'une traversée de l'enceinte béton située au niveau C, à une colonne incendie circulant dans l'espace annulaire de la double enceinte du BR. À l'intérieur du BR, le circuit est équipé d'un dispositif d'isolement, constitué d'une garde hydraulique et d'un clapet anti-retour. **Ceci est acceptable.** Ce dispositif étant rattaché à l'EIP « enceinte de confinement du BR », il dispose, comme indiqué *supra*, d'une exigence d'étanchéité jusqu'au SND, **ce qui est satisfaisant.**

La garde hydraulique est maintenue en eau en fonctionnement normal. Elle a comme exigence fonctionnelle de conserver l'étanchéité de l'enceinte en cas de surpression accidentelle de 100 mbar. Dans le cas d'une telle surpression et en considérant le circuit ouvert en amont et en aval de la traversée, la surpression accidentelle viendrait alors chasser une partie de l'eau présente dans la garde, mais sans la vider entièrement, permettant de maintenir l'étanchéité de l'enceinte.

Ainsi, concernant l'occurrence d'une éventuelle surpression dans le BR en cas d'accident affectant le cœur du réacteur, l'ILL retient une valeur de surpression de dimensionnement de 100 mbar, inférieure à l'exigence de tenue assignée à l'enceinte de confinement béton du BR (150 mbar) **ce qui, sur le plan des principes, n'est pas satisfaisant.** Sur ce sujet, l'ILL considère que la valeur de 100 mbar retenue est suffisante au regard de la valeur maximale de surpression (83 mbar) qu'il a réévaluée dans le cadre du dernier réexamen périodique de l'installation. Par ailleurs, l'IRSN relève que le pilotage du confinement dynamique du BR permet de contrôler la valeur maximale de surpression interne de l'enceinte du BR en situation accidentelle. Enfin, la garde hydraulique d'un autre circuit existant et appartenant au noyau dur de l'installation est également dimensionnée à 100 mbar. **Aussi, dans le cadre de la demande de modification objet de la présente expertise, la valeur de 100 mbar retenue pour le dimensionnement de la garde hydraulique associée au système sprinklers est acceptable.**

5. ABSENCE DE RÉGRESSION POUR LA SÛRETÉ LIÉE AU PERCEMENT DES POUTRES SOUS LA DALLE DU NIVEAU D

Le réseau sprinklers d'ambiance est principalement fixé sur la poutraison supportant la dalle du niveau D du BR. Son installation nécessite le percement de poutres principales et secondaires. Les tuyauteries du réseau

³ Le SMS est le niveau d'aléa sismique retenu pour la démonstration de sûreté des INB. Il est établi à partir du « séisme maximal historiquement vraisemblable » (SMHV) pour le site considéré, qui correspond au séisme le plus pénalisant susceptible de se produire sur une durée d'environ 1000 ans, évalué sur la base des séismes historiquement connus, en majorant l'intensité du SMHV de 1 et la magnitude de 0,5.

⁴ Le SND est le niveau d'aléa sismique retenu pour le dimensionnement ou la vérification des éléments du noyau dur de l'installation. Il est constitué par l'enveloppe du SMS, majoré de 50%, et des spectres définis de manière probabiliste avec une période de retour de l'ordre de 20 000 ans. Sa définition prend par ailleurs en compte les effets de site de particuliers et notamment la nature des sols.

chemineront à l'intérieur de fourreaux positionnés dans les percements effectués. Ces fourreaux ont en outre une fonction de renfort à l'égard de la résistance des poutres ayant été percées.

5.1. CAS DES POUTRES PRINCIPALES

Pour la vérification des contraintes subies par les poutres principales après leur percement et l'installation des fourreaux, l'ILL étudie, pour un tronçon de poutre, différentes configurations de percement représentatives des modifications nécessaires à l'installation du réseau sprinklers d'ambiance. Pour chacune de ces configurations, il compare les contraintes dans les poutres avant percement avec celles obtenues après percement et mise en place des fourreaux, sous les effets d'un même effort unitaire (de flexion ou de cisaillement). Il en déduit sur cette base un coefficient d'amplification de contraintes, qu'il applique ensuite aux contraintes actuelles subies en situation normale d'exploitation par les poutres principales à l'emplacement des percements prévus. L'ILL conclut que la résistance des poutres principales n'est pas mise en cause par les percements lorsque ceux-ci sont compensés par la mise en place des fourreaux de renfort. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Toutefois, la tenue des poutres principales n'est pas démontrée dans l'intervalle de temps qui sépare le percement de la mise en place d'un fourreau de renfort, en particulier en situation normale d'exploitation. Pour cette situation, l'IRSN note en outre que les travaux d'installation du système sprinklers, dont le percement des poutres principales, se dérouleront en parallèle des travaux de modification concernant le pont polaire du niveau D qui pourraient dès lors entraîner une augmentation locale de la charge d'exploitation sur la dalle de ce niveau. **Ceci amène l'IRSN à formuler la recommandation présentée en annexe au présent avis.**

Enfin, l'IRSN considère que l'absence de prise en compte du séisme lorsque les poutres sont percées mais non encore équipées de leur fourreau est acceptable compte tenu du caractère transitoire de cette phase. **Il appartient à l'ILL de prendre toutes les dispositions pour faire en sorte que cette phase soit aussi courte que possible.**

5.2. CAS DES POUTRES SECONDAIRES

Pour la vérification des contraintes s'appliquant aux poutres secondaires, l'ILL a déterminé, autour de chaque percement, les contraintes liées au chargement statique (considérant le cumul des charges permanentes (poids des structures) et de la charge d'exploitation maximale) et aux efforts dus au séisme de niveau SND. L'ILL en conclut que la résistance des poutres secondaires est acquise, après la mise en place des fourreaux, en statique et en cas de SND. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Néanmoins, l'IRSN note que, pour quatre des poutres secondaires pour lesquelles un percement est prévu pour l'installation du système, la résistance en cas de séisme n'est pas garantie tant que les fourreaux de renfort ne sont pas installés. L'ILL ayant indiqué lors de l'expertise que la durée des opérations pour chaque poutre secondaire (percement et installation du fourreau associé) serait au maximum de trois jours, **l'absence de prise en compte du séisme pour cette phase transitoire est acceptable.**

Par ailleurs, l'ILL n'a pas présenté de calculs montrant la tenue des quatre poutres secondaires précitées en situation normale d'exploitation, lorsque celles-ci sont percées et non munies de leur fourreau. Il a uniquement évoqué, de manière qualitative, l'existence de marges liées aux hypothèses retenues pour l'étude de tenue des poutres secondaires en cas de SND, les masses réellement entreposées sur le plancher D étant plus faibles que les charges retenues dans l'étude.

Sur la base des données présentées par l'ILL, l'IRSN a vérifié que la résistance des poutres secondaires percées, non munies de leur fourreau de renfort, est assurée en situation normale d'exploitation, à l'exception de l'une d'entre elles. Pour cette dernière, l'ILL a mis en avant le fait que les charges maximales d'exploitation autorisées dans la zone du plancher située au-dessus de cette poutre sont très inférieures aux charges retenues dans l'étude. L'IRSN ayant toutefois fait remarquer que les travaux d'installation du système sprinklers se dérouleront en parallèle des travaux de modification concernant le pont polaire du niveau D qui pourraient entraîner une augmentation locale de la charge d'exploitation, l'ILL s'est *in fine* engagé, pour les 4 poutres les plus pénalisantes,

à vérifier avant leur percement que le chargement sur la zone du plancher du niveau D les sollicitant est bien conforme aux charges maximales autorisées en exploitation. **L'IRSN considère que cet engagement est satisfaisant.**

6. DIMENSIONNEMENT DU SYSTÈME À L'ÉGARD DE LA MAÎTRISE DES RISQUES D'INCENDIE AU NIVEAU C

Les spécifications techniques établies par l'ILL pour le réseau sprinklers du niveau C s'appuient en majeure partie sur la règle APSAD R1⁵. En particulier, le dimensionnement hydraulique du système (débit d'aspersion maximal et surface maximale pouvant bénéficier de ce débit) est établi en considérant un niveau de risque correspondant à une présence importante de matières inflammables (plastiques, ...) dans le « hall expérimentateurs » du niveau C. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

En fonctionnement normal, les tuyauteries du réseau sprinklers sont maintenues sous pression d'air. Le déclenchement automatique de l'aspersion d'eau requiert la rupture, sur atteinte d'une température prédéfinie, d'au moins une des ampoules thermiques alors qu'un signal de détection d'incendie au niveau C est présent (c'est aussi le cas lorsque la détection incendie au niveau C est indisponible, en cas de perte de l'alimentation électrique du système de contrôle-commande du réseau sprinklers d'ambiance ou en cas de séisme sur atteinte d'un seuil fixé à 0,01g). La mise en eau du système peut également être déclenchée de façon manuelle. L'aspersion d'eau au niveau C n'est effective que dans la zone concernée par la rupture effective des ampoules thermiques.

Au cours de l'expertise, l'ILL a augmenté la température minimale de déclenchement de la majorité des ampoules sprinklers, afin notamment d'éviter la rupture d'ampoules trop éloignées du foyer qui seraient sollicitées du fait de la répartition horizontale des gaz chauds, ce qui aurait pour conséquence de diminuer l'efficacité de l'aspersion sur la zone de départ de feu. **Les conditions de mise en eau du réseau sprinklers d'ambiance définies par l'ILL n'appellent pas de remarque.**

Le débit d'eau au niveau du poste sprinklers est dimensionné pour pouvoir alimenter le système sprinklers en eau pendant une durée de 90 minutes, en assurant le débit d'aspersion minimal nécessaire dans les zones les plus « défavorisées », c'est-à-dire les plus éloignées de la source d'eau ou présentant un décentrement par rapport au collecteur (dû à des questions d'encombrement de la zone). **Ceci est satisfaisant.**

L'ILL a retenu de positionner le poste sprinklers déclenchant la mise en eau du système au centre de la zone à protéger, à savoir le « hall expérimentateurs » du niveau C.

Pour l'IRSN, ce positionnement n'est, dans le principe, pas satisfaisant, car il est susceptible de mettre en cause la fonctionnalité du poste sprinklers en cas d'incendie au niveau C. L'ILL a alors précisé au cours de l'expertise les dispositions de protection du poste sprinklers et apporté des éléments permettant de justifier la fonctionnalité, en cas d'incendie, des différents éléments qui le constituent, **qui sont jugés satisfaisants.** L'ILL a en outre confirmé la possibilité d'un déclenchement manuel du réseau sprinklers d'ambiance à partir du niveau D en cas de défaillance du déclenchement automatique, **ce qui est satisfaisant.** **Il appartiendra à l'ILL, préalablement à la mise en service effective du système, de préciser dans le référentiel de sûreté de l'installation les conditions de mise en eau manuelle du réseau en cas d'incendie et d'établir la procédure associée.**

⁵ Assemblée plénière de sociétés d'assurances dommages (APSAD) : organisme établissant des normes et des certifications relatives à la qualité de systèmes de sécurité, notamment en lien avec l'incendie.

7. CONCLUSION

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que la mise en place d'un système sprinklers au niveau C du bâtiment réacteur n'entraîne pas de régression pour la sûreté de l'installation, sous réserve de la prise en compte de la recommandation relative à la vérification de la résistance, en situation normale d'exploitation, des poutres principales soutenant le plancher du niveau D lorsque celles-ci sont percées et non encore équipées de leur fourreau de renforcement.

L'IRSN estime en outre que le dimensionnement du système sprinklers à l'égard des objectifs de maîtrise des risques liés à un incendie qui se déclarerait au niveau C est satisfaisant.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2024-00116 DU 23 JUILLET 2024

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande que l'ILL s'assure, préalablement au percement des poutres principales prévu dans le cadre de la mise en place du système sprinklers, de la tenue mécanique de ces poutres en situation normale d'exploitation lorsqu'elles sont percées et non encore équipées de leur fourreau de renfort. Cette vérification devra tenir compte le cas échéant des charges supplémentaires présentes sur la dalle du niveau D dues aux travaux de rénovation du pont polaire.