



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 27 octobre 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00172

Objet : Institut Laue-Langevin - INB n° 67 - Réacteur à haut flux
Modification de la prise d'air frais du bâtiment réacteur

Réf. : Lettre ASN - CODEP-DRC-2021-023064 du 9 juillet 2021.

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 le dossier de demande d'autorisation de modification du « bâtiment prise d'air frais » (PAF) de l'installation nucléaire de base (INB) n° 67 transmis par son exploitant, l'Institut Laue-Langevin (ILL).

1. CONTEXTE

L'INB n° 67, située à Grenoble, est un réacteur de recherche appelé « réacteur à haut flux » (RHF) qui a pour mission de fournir des faisceaux intenses de neutrons à des fins d'expérimentation.

Le confinement du bâtiment réacteur (BR) du RHF est assuré par une double enceinte comprenant une enceinte interne en béton armé et une enceinte externe en béton armé dans sa partie enterrée et métallique au-dessus du niveau du sol. La PAF, qui est accolée au BR, abrite notamment le circuit de prise d'air et de conditionnement de l'air de soufflage des circuits de ventilation normale du BR. Le fonctionnement de ces circuits n'est soumis à aucune exigence de sûreté, des circuits de sauvegarde les suppléant en situation accidentelle.

Toutefois, la PAF, du fait de sa forme relativement élancée et de sa forte masse située en partie supérieure, se révèle particulièrement vulnérable en cas de séisme. Or, compte tenu de son implantation, ce bâtiment constitue un agresseur potentiel de l'enceinte de confinement du BR. Aussi, dans le cadre du retour d'expérience de l'accident survenu en 2011 à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, l'ILL a identifié le besoin de renforcer la PAF, afin d'assurer la robustesse de l'enceinte de confinement du BR à l'égard des agressions extrêmes, notamment du séisme extrême dit séisme « noyau dur »¹ (SND). L'ILL souhaite réaliser cette modification durant le grand arrêt du RHF programmé en 2021-2022.

¹ Les situations dites « noyau dur » ont été postulées au titre de l'évaluation complémentaire de sûreté (ECS) en vue de la constitution d'un ensemble de structures, systèmes et composants (SSC), appelé « noyau dur », renforcé à l'égard de ces situations.

MEMBRE DE
ETSON

Dans ce cadre, l'ILL a transmis, en 2019, un premier dossier de demande d'autorisation de modification qu'il a dû reprendre pour répondre à la demande de l'IRSN d'apporter des compléments d'analyse du comportement de la structure de la PAF.

En réponse à la demande de l'ASN citée en référence, l'IRSN a examiné le nouveau dossier transmis en avril 2021, afin de statuer sur les points suivants :

- l'absence d'agression par la PAF, en cas de situations extrêmes « noyau dur », de l'enceinte du BR et de ses traversées ;
- l'analyse de risques de la phase des travaux de modification de la PAF.

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

2. DESCRIPTION DES MODIFICATIONS DE LA PAF

Le principe de la modification consiste essentiellement à alléger la partie de la PAF située au-dessus du niveau du sol, appelée superstructure, pour assurer sa stabilité en cas de SND, tout en la renforçant pour la protéger de l'impact des éléments que pourrait charrier une inondation extrême « noyau dur ».

À cette fin, l'ILL prévoit de déconstruire la structure en béton abritant actuellement le système d'admission d'air, située au dernier étage de la PAF. La charpente métallique supportant cette structure subira des modifications d'adaptation en conséquence et sera équipée de pare-chocs, et renforcée, notamment au niveau de ses ancrages sur la structure enterrée de la PAF (en béton) appelée infrastructure.

En remplacement de celle déconstruite, une nouvelle centrale d'admission et de filtration d'air frais sera installée au sol à proximité de la PAF, ce qui nécessitera de remplacer la gaine acheminant l'air frais jusqu'aux circuits de ventilation normale du BR. La nouvelle « gaine d'air frais » cheminera depuis cette centrale jusqu'à traverser l'enceinte métallique externe et se raccorder sur l'enceinte interne. Elle sera constituée de plusieurs tronçons assemblés par des raccords flexibles compensateurs qui permettent d'accommoder les mouvements différentiels des structures qui la supportent.

En outre, l'ILL intègre à ces travaux le remplacement de la liaison de la PAF avec la coursive existante aménagée en périphérie de l'enceinte du BR. Cette nouvelle liaison, composée d'une porte d'accès, d'un palier et d'un escalier, sera fixée sur l'enceinte métallique du BR.

3. RISQUE D'AGRESSION DE L'ENCEINTE DU BR ET DE SES TRAVERSÉES PAR LA STRUCTURE DE LA PRISE D'AIR FRAIS

3.1. RISQUE D'AGRESSION EN CAS DE SÉISME « NOYAU DUR »

L'ILL a étudié le comportement de la superstructure de la PAF en cas de SND en retenant des exigences d'absence d'agression des enceintes externe et interne du BR et de leurs traversées.

L'ILL a tout d'abord présenté un diagnostic initial du comportement de la superstructure de la PAF. Puis, en réponse aux remarques de l'IRSN, il a complété ce diagnostic par une nouvelle étude sismique intégrant la modélisation et l'analyse du comportement de l'infrastructure. Les calculs ainsi réalisés mettent en évidence que la sollicitation sismique tend à faire glisser la PAF et se révèlent non représentatifs du fait des limites de la méthode linéaire utilisée pour évaluer le possible décollement des fondations de celle-ci. Pour éviter alors un risque d'entrechoquement entre la PAF et le BR, l'ILL prévoit de mettre en place un dispositif de blocage de manière que, en cas de séisme, l'infrastructure de la PAF prenne appui sur une surface significative de sa face verticale en vis-à-vis de l'infrastructure du BR, sans l'agresser. L'ILL a de plus présenté deux calculs complémentaires :

- le premier calcul, dit de « rebouclage », pour démontrer la stabilité de la PAF vis-à-vis du risque de glissement pour les autres directions de sollicitation en considérant la butée du sol représentée par une distribution de pression en « triangle inversé » (pointe en bas) ;
- le second calcul, selon une méthode non linéaire statique, pour démontrer la stabilité des fondations de l'infrastructure vis-à-vis du risque de décollement en prenant en compte cette même butée du sol.

Enfin, à partir des études ainsi réalisées, l'ILL a présenté des calculs vérifiant la stabilité des voiles et des planchers de l'infrastructure, la résistance des ancrages des quatre poteaux de soutien de la superstructure sur l'infrastructure et l'absence d'entrechoquement entre la PAF, la coursière, l'enceinte métallique du BR et ses traversées. Les résultats de ces calculs amènent l'ILL à prévoir le renforcement de l'ancrage de deux poteaux de soutien de la superstructure.

En premier lieu, l'IRSN estime que des vérifications complémentaires restent encore à produire, concernant la stabilité de certaines diagonales de contreventement de la superstructure vis-à-vis du risque de flambement et l'impact de la signature des efforts sismiques en cumul avec les autres actions concomitantes. **L'ILL s'est engagé sur ces points (cf. ANNEXE 2), ce qui est satisfaisant.**

En second lieu, l'IRSN note que les justifications relatives à l'infrastructure sont conditionnées par la mise en butée de la PAF sur le sol environnant et relève à cet égard un manque de conservatisme dans la méthode retenue par l'ILL pour définir cette butée. L'IRSN estime en effet que la butée mobilisable ainsi obtenue a pour effet de stabiliser l'infrastructure et de bloquer sa déformation de manière peu réaliste et que, de ce fait, la stabilité de l'infrastructure et des fondations de la PAF n'est pas démontrée. **L'IRSN estime donc nécessaire que l'ILL justifie par une méthode adaptée la stabilité sous SND de l'infrastructure en béton et des fondations de la PAF et réévalue, le cas échéant, les déplacements de celle-ci ainsi que les conséquences vis-à-vis des exigences de sûreté. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 1 formulée en ANNEXE 1.**

3.2. RISQUE D'AGRESSION EN CAS D'IMPACT D'UN CAMION DE 20 TONNES

Les pare-chocs que l'ILL prévoit d'installer pour protéger la PAF de l'agression par les débris charriés en cas d'inondation extrême couvriront les trois faces extérieures de la superstructure et seront fixés sur les poteaux de soutien de la superstructure par l'intermédiaire de consoles rigides. L'étude transmise par l'ILL pour justifier la stabilité de la superstructure de la PAF à cette agression considère le choc d'un camion de 20 tonnes à des hauteurs et directions d'impact issues d'une étude de simulation précédemment produite de ce scénario d'inondation extrême.

La méthodologie retenue pour en évaluer l'impact sur les pare-chocs et la superstructure, ainsi que la justification du comportement de ces pare-chocs, n'appellent pas de commentaires. Cependant, l'ILL n'a pas étudié la configuration dans laquelle l'impact du camion serait localisé au droit des consoles et pour laquelle l'énergie du choc serait alors en totalité transmise à la superstructure de la PAF. Or l'IRSN considère qu'une telle configuration, plus pénalisante pour la superstructure, ne peut être exclue. L'ILL a convenu que la conception de ces pare-chocs peut être améliorée et s'est engagé à étudier un assouplissement des consoles d'appui afin que celles-ci contribuent à l'absorption d'une partie de l'énergie du choc et à la limitation des efforts transmis à la PAF. **L'IRSN estime que cet engagement est insuffisant et considère que la justification de la stabilité de la PAF à l'impact du camion de 20 tonnes reste encore à apporter, le cas échéant, en tenant compte d'une modification des consoles. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 2 formulée en ANNEXE 1.**

Par ailleurs, l'étude en cas d'inondation amène l'ILL à prévoir le renforcement des ancrages du poteau métallique Sud de la superstructure sur l'infrastructure en béton armé, soit uniquement celui qui est directement exposé à l'écoulement général associé à l'inondation extrême telle que définie dans l'étude de simulation de cette agression. Compte tenu de l'ampleur du phénomène de vague, des risques d'affouillement induits et des incertitudes pesant sur le comportement des bâtiments annexes voisins de la PAF, l'IRSN estime que les résultats des simulations d'écoulement doivent être utilisés avec prudence en ce qui concerne l'échelle locale, notamment au voisinage de la PAF. **En conséquence, l'IRSN considère que l'ILL doit également renforcer les**

ancrages du poteau Ouest de la superstructure de la PAF. Ceci fait l'objet de la recommandation n° 3 formulée en ANNEXE 1.

3.3. DIMENSIONNEMENT DES ÉQUIPEMENTS FIXÉS SUR L'ENCEINTE EXTERNE

L'ILL a présenté la justification du dimensionnement de la liaison à la courive, de la gaine d'air frais et de leurs supports. Ces structures sont fixées en encorbellement sur l'enceinte externe. **L'IRSN estime que leur dimensionnement est acceptable, sous réserve de la prise en compte de la recommandation n° 1 formulée en ANNEXE 1, notamment pour ce qui concerne la prise en compte des déplacements différentiels dus au mouvement de l'infrastructure et des efforts induits sur les supports.** L'IRSN estime par ailleurs que l'ILL devrait consolider les valeurs retenues pour les cumuls des déplacements admissibles des compensateurs de la gaine d'air frais. Ceci fait l'objet de l'observation n° 1, formulée en ANNEXE 3.

Néanmoins, l'IRSN relève que l'ILL aurait, en toute rigueur, également dû produire la justification de la stabilité et l'étanchéité de la traversée du circuit d'air frais dans l'enceinte en béton. **L'ILL s'est engagé au cours de l'expertise à produire une telle démonstration, ce qui est satisfaisant.**

4. ANALYSE DES RISQUES LIÉS AUX TRAVAUX

4.1. MAÎTRISE DU CONFINEMENT PENDANT LA RÉALISATION DES TRAVAUX

L'ILL prévoit de réaliser les travaux réacteur à l'arrêt, cœur déchargé. Il programme également la plupart des opérations à risque d'agression soit après la dépose du dernier élément combustible irradié dans le canal de refroidissement dans le BR, soit encore lorsque la troisième barrière de confinement statique n'est pas requise.

Les activités d'exploitation du RHF sont par ailleurs régies par les règles générales d'exploitation. À ce titre, la mise en place d'une prise d'air frais provisoire permettra de maintenir le confinement dynamique du BR pendant la majeure partie des travaux. Pour les deux phases des travaux pour lesquelles celle-ci ne pourra pas être fonctionnelle, l'ILL prévoit la possibilité de maintenir en fonctionnement la ventilation normale dédiée aux effluents gazeux à l'aide d'une entrée d'air passive, créée à travers une traversée d'enceinte provisoire, équipée de deux vannes manuelles.

Ces dispositions sont, notamment à l'égard du risque encouru en cas d'agression de l'enceinte de confinement du BR, satisfaisantes.

4.2. MAÎTRISE DES RISQUES D'AGRESSION LIÉS AUX TRAVAUX

En complément de la prise en compte des risques liés au travail en hauteur, au travail par point chaud ou à la manutention dans les plans de prévention qui seront établis au cas par cas et au regard des risques d'agression de l'enceinte du BR et de ses traversées, l'ILL prévoit d'installer la grue nécessaire au chantier lorsque le combustible du RHF sera déchargé. Cette grue sera par ailleurs équipée d'un système de sécurité bloquant tout mouvement amenant sa flèche à proximité de l'enceinte afin d'éviter tout impact sur celle-ci.

Par ailleurs, l'ILL a examiné les risques spécifiques liés à la mise en place d'un échafaudage fixé par soudage sur l'enceinte métallique du BR et aux travaux de modification de la charpente métallique et de déconstruction du dernier étage de la PAF. Il prévoit notamment un renforcement des poteaux de soutien destiné à garantir l'absence de risque d'effondrement de la superstructure lors de ces travaux.

Ces dispositions n'appellent pas de remarque.

5. MISE À JOUR DU RÉFÉRENTIEL DE SÛRETÉ

La mise à jour du référentiel de sûreté du RHF transmise par l'ILL est globalement satisfaisante. Comme précédemment indiqué, l'ILL s'est par ailleurs engagé, au cours de l'expertise, à produire une démonstration

relative à la « traversée du circuit d'air frais » qu'il conviendra de référencer dans le rapport de sûreté de l'INB n° 67. Plus généralement, l'IRSN estime que les démonstrations relatives à l'ensemble des traversées de l'enceinte de confinement du BR font partie de la démonstration de sûreté et doivent, à ce titre, être référencées dans le rapport de sûreté de l'INB n° 67. Ceci fait l'objet de l'observation n° 2 en ANNEXE 3.

6. CONCLUSION

L'IRSN considère que la modification de la prise d'air frais constitue une amélioration de la sûreté pour le RHF. En particulier, l'IRSN relève l'allègement significatif de la structure de la PAF et le renforcement de deux de ses poteaux de soutien, qui amélioreront significativement son comportement en cas de SND, ainsi que la mise en place de pare-chocs pour la protéger de l'impact des éléments charriés en cas d'inondation.

Toutefois, l'IRSN considère que l'ILL doit compléter les éléments de justification et mettre en œuvre certaines adaptations à cette modification pour assurer le respect des exigences assignées à la PAF en ce qui concerne l'absence d'agression de l'enceinte de confinement du BR et de ses traversées en cas d'agressions extrêmes. Ceci fait l'objet des recommandations présentées en ANNEXE 1.

Enfin, des observations utiles pour consolider la démonstration de sûreté sont formulées en ANNEXE 3.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2021-00172 DU 27 OCTOBRE 2021

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que l'ILL justifie par une méthode adaptée, notamment en considérant une modélisation réaliste de la butée du sol, la stabilité sous séisme de niveau « noyau dur » de l'infrastructure en béton et des fondations (radier et micropieux) du bâtiment de la prise d'air frais du RHF. Le cas échéant, les déplacements transitoires et permanents au niveau de la superstructure, incluant les effets du décollement, du glissement, voire s'il y a lieu du tassement des fondations, devront être évalués et leurs conséquences appréhendées pour la démonstration du respect des exigences de sûreté.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que l'ILL justifie la stabilité du bâtiment de la prise d'air frais du RHF, y compris la tenue des assemblages de l'ossature du bâtiment en considérant l'impact d'un camion se produisant au droit de l'une des consoles d'appui des pare-chocs de la superstructure de la prise d'air frais lors d'une inondation extrême.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande que l'ILL réalise, en sus du renforcement de l'ancrage du poteau Sud vis-à-vis d'un éventuel impact de camion en cas d'inondation, le renforcement de l'ancrage du poteau Ouest de la superstructure du bâtiment de la prise d'air frais du RHF, ceci pour pallier toute incertitude concernant les trajectoires d'impact possibles.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2021-00172 DU 27 OCTOBRE 2021

Engagement de l'exploitant

L'ILL s'engage pour le 31 janvier 2022 à compléter l'analyse sismique de la superstructure pour prendre en compte la signature des efforts spectraux et ajouter la vérification de la tenue au flambement des diagonales de contreventement conservées au deuxième niveau de la superstructure.

ANNEXE 3 À L'AVIS IRSN N° 2021-00172 DU 27 OCTOBRE 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN considère que l'ILL devrait consolider les valeurs retenues pour les cumuls des déplacements admissibles des compensateurs de la gaine d'air frais du bâtiment réacteur du RHF.

Observation n° 2

L'IRSN estime que l'ILL devrait compléter le rapport de sûreté pour référencer les notes techniques démontrant le respect des exigences assignées aux traversées d'enceinte en cas de séisme « noyau dur ».