

Fontenay-aux-Roses, le 10 février 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN N° 2016-00040

**Objet :** Institut Laue-Langevin  
Réacteur à haut flux (INB n° 67)  
Évaluation de la stabilité du bâtiment ILL4 et des dispositions de maîtrise des risques d'incendie et d'explosion internes à ce bâtiment en cas d'agressions externes retenues pour le « noyau dur ».

**Réf. :** 1. Saisine ASN CODEP-DRC-2015-020504 du 27 juillet 2014  
2. Décision ASN 2013-DC-0381 du 21 novembre 2013

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les justifications présentées par l'Institut Laue-Langevin (ILL), exploitant du réacteur à haut flux (RHF) situé à Grenoble, visant à démontrer la stabilité d'ensemble du bâtiment ILL4 et son accessibilité depuis le nouveau poste de contrôle de secours (PCS3) en cas d'agression externe « noyau dur ». L'ASN a également demandé l'avis de l'IRSN sur les dispositions prises par l'ILL pour prévenir les risques d'incendie ou d'explosion susceptibles d'être induits dans le bâtiment ILL4 à la suite d'une agression externe retenue pour le « noyau dur ».

Compte tenu de son implantation à proximité du bâtiment réacteur, le bâtiment ILL4 constitue un agresseur potentiel de celui-ci en cas d'agression extrême telle que le séisme « noyau dur ». En outre, le bâtiment ILL4 abritant la salle de commande principale du réacteur dans laquelle se trouve l'équipe de conduite est l'un des accès au bâtiment réacteur (BR) qu'il convient de préserver en cas d'agression extrême. L'ILL4 est par ailleurs prévu pour accueillir d'éventuels blessés lors d'une situation extrême.

Ces éléments ont conduit l'ASN à formuler la prescription [ILL-INB67-ND 03] de la décision citée en seconde référence :

*« Au plus tard le 30 décembre 2014, l'exploitant :*

- démontre la stabilité d'ensemble du bâtiment ILL4 et son accessibilité depuis le nouveau poste de contrôle de secours en cas d'agression externe retenue pour le noyau dur ;*
- présente les dispositions permettant de prévenir les risques d'incendie ou d'explosion dans ce bâtiment suite à une agression externe retenue pour le noyau dur ».*

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 B 440 546 018

\* \*  
\*

De l'examen des études et des dispositions présentées par l'ILL dans son dossier, complété par les éléments recueillis au cours de l'instruction technique, l'IRSN retient les points développés ci-après.

#### Comportement du bâtiment ILL en cas de séisme de niveau « noyau dur »

L'étude du comportement du bâtiment ILL4 en cas de séisme de niveau « noyau dur » (SND) présentée par l'ILL repose sur un calcul sismique non linéaire du bâtiment effectué selon la méthode dite « en poussée progressive » également appelée « *push over* ». Dans son principe, cette méthode consiste à considérer un chargement croissant appliqué au mode fondamental déterminé pour chaque direction et à réaliser un calcul statique non linéaire afin de définir le point de fonctionnement<sup>1</sup> du bâtiment associé à un niveau de séisme donné.

L'analyse réalisée par l'ILL selon la méthode « *push over* » consiste en particulier à définir, sur la base des modes fondamentaux du bâtiment ILL4, des champs d'accélération qui sont ensuite comparés avec les résultats issus d'une analyse modale spectrale (comparaison des champs d'accélération et des sollicitations résultantes). L'ILL en déduit alors un coefficient réducteur d'effort sismique associé à la prise en compte du comportement non linéaire du bâtiment.

À l'issue de son analyse, l'ILL conclut à :

- une fissuration généralisée dans les voiles transversaux du bloc sud et de la zone centrale du bâtiment ILL4 ;
- une étendue significative des zones d'armature plastifiées mais dont les déformations restent cependant limitées ;
- l'existence de plusieurs points faibles dans les fondations et structures du bâtiment pour lesquels il propose des renforcements.

Par ailleurs, l'ILL a vérifié le bon comportement, sous SND, du plancher-terrasse et des poutres de toiture de l'ILL4 situées entre la salle des électrodes sismiques (SES)<sup>2</sup> et le BR.

Enfin, l'ILL a évalué le risque d'interaction entre le BR et l'ILL4. À cet égard, l'ILL a d'ores et déjà réalisé des travaux de découpe des dalles de l'extrémité du bâtiment ILL4 située en vis-à-vis de l'enceinte, en tenant compte de l'évaluation des déplacements des deux bâtiments en cas de SND auxquels il a ajouté une marge forfaitaire de 50 mm.

Compte tenu des analyses menées et des dispositions de renforcements du bâtiment envisagées, l'ILL conclut à la démonstration de la stabilité de l'ILL4 en cas de SND.

\*

L'application de la méthode « *push-over* » nécessite une bonne confiance, d'une part dans les données d'entrée relatives au bâtiment utilisées dans le calcul (telles que figurant dans les plans de ferrailage), d'autre part dans la représentativité des chargements sismiques concomitants appliqués à la structure. A cet égard, l'application de la méthode « *push-over* » au cas particulier du bâtiment ILL4 impose la sélection d'un mode prépondérant unique pour définir, par direction de séisme

<sup>1</sup> Le point de fonctionnement d'une structure correspond à la réponse maximale en déplacement pour un spectre de chargement, sachant que la ruine de la structure est obtenue pour un déplacement supérieur au déplacement atteint pour ce point.

<sup>2</sup> Ce local situé sur le toit de l'ILL4 abrite notamment l'électronique des systèmes de surveillance « noyau dur » implantés dans le BR dont les informations doivent remonter jusqu'au PCS3. Une exigence de supportage est donc assignée au plancher-terrasse de l'ILL4.

horizontal, le chargement sismique représentatif du mouvement de l'ensemble des deux blocs du bâtiment et du comportement de leur liaisonnement. L'IRSN considère que cette démarche n'est pas pertinente car, d'une part la décomposition modale du comportement sismique du bâtiment ILL4 fait apparaître dans chaque direction de séisme plusieurs modes significatifs, d'autre part les mouvements de balancement ou de pompage d'ensemble du bâtiment, ainsi que le couplage des mouvements de torsion et de translation ne sont pas considérés. Ceci conduit à des différences sensibles entre les champs d'accélération sismiques associés au mode retenu par direction horizontale pour le calcul « *push over* » et ceux issus d'un calcul sismique modal spectral, ce qui illustre le caractère partiellement représentatif du chargement sismique mono-modal retenu pour étudier le comportement de l'ILL4 en cas de SND, en comparaison des champs d'accélération issus de la méthode modale spectrale de référence. Par ailleurs, en application de la méthode « *push-over* », l'absence de prise en compte des chargements sismiques concomitants appliqués dans les trois composantes du séisme ne constitue pas une démarche satisfaisante.

Ce qui précède conduit l'IRSN à considérer que les justifications présentées par l'ILL ne s'inscrivent pas dans une démonstration robuste et fiable du comportement sismique de l'ILL4. Il convient également de rappeler que le cumul des effets des directions de séisme n'est pas pris en compte dans la démonstration de l'ILL.

Compte tenu de la conception particulière du bâtiment ILL4, l'IRSN estime que l'application de la méthode « *push-over* » n'est pas adaptée à l'analyse du comportement sismique de ce bâtiment.

Aussi, afin d'apprécier le comportement du bâtiment ILL4 en cas de SND, l'IRSN estime nécessaire que l'ILL complète sa démonstration par une analyse mettant en œuvre une méthode qui, d'une part conserve le caractère enveloppe des chargements sismiques sollicitant les différentes zones de structure, d'autre part prend en compte les effets des directions de séisme. À cet égard, le recours à une analyse modale spectrale complétée par une analyse statique non-linéaire tridimensionnelle tenant compte de l'endommagement attendu des structures du bâtiment apparaît plus approprié à la démonstration attendue. Il convient en effet que cette démonstration présente un niveau de confiance suffisant pour apprécier le respect de l'exigence de stabilité du bâtiment ILL4 en cas notamment de répliques sismiques faisant suite à un SND. *Ceci fait l'objet de la recommandation formulée en annexe au présent avis.*

L'approche retenue par l'ILL pour évaluer la largeur nécessaire des joints dans la direction longitudinale du bâtiment ILL4, c'est-à-dire dans la direction radiale du bâtiment du réacteur, n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. En particulier, la prise en compte d'une marge de 50 mm retenue par l'ILL est satisfaisante en regard de l'incertitude relative à l'évaluation du comportement du BR en cas de SND.

Pour l'évaluation des jeux à considérer dans la direction transversale de l'ILL4, c'est-à-dire tangentiellement au BR, l'IRSN souligne la particularité de la constitution des structures à l'interface entre ces deux bâtiments, notamment au niveau du sas d'accès au BR et du hublot situé à proximité de la salle de commande. Sur ce point, l'instruction relative au comportement des SAS d'accès au BR en cas d'agression extrême est en cours.

#### Comportement du bâtiment ILL4 en cas d'inondation externe « noyau dur »

L'étude du comportement du bâtiment ILL4 en cas d'inondation extrême présentée par l'ILL conclut à des efforts globaux maximaux d'ensemble sur la structure dix fois inférieurs à ceux calculés pour le SND.

S'agissant du comportement local à l'égard de l'impact d'objets charriés par l'inondation, la propagation de l'onde d'écoulement implique que l'impact de tels objets ne pourrait se produire que sur les poteaux de la façade est du bâtiment ILL4. Il ressort des calculs de l'ILL que ces poteaux résisteraient à l'impact d'un véhicule léger mais pas à celui d'un camion de 3,5 t également supposé pouvant être charrié lors d'une inondation extrême. L'ILL présente une analyse du comportement de l'ILL4 en cas d'effondrement d'un poteau situé sur la façade est du bâtiment et conclut à l'absence de risque de propagation des désordres structurels par effondrement des planchers de l'ILL4 à la suite de la rupture d'un poteau de façade.

\*

Compte tenu des résultats issus de l'analyse du comportement d'ensemble de l'ILL4 réalisée par l'ILL, l'IRSN considère que la stabilité d'ensemble de l'ILL4 est assurée en cas d'inondation extrême.

S'agissant du comportement local à l'égard de l'impact d'objets charriés par l'inondation, l'IRSN relève que l'étude de l'ILL suppose l'absence de redistributions d'efforts entre les étages du bâtiment à la suite de la rupture du poteau de façade. Or une telle rupture serait suivie du développement instantané de redistributions et de reports des charges (en plan et en altitude) vers les éléments porteurs intacts, ceci préalablement à l'atteinte d'un nouvel état statique stabilisé du bâtiment. L'IRSN estime que ces phénomènes pourraient conduire à des sollicitations de nature différente et s'appliquer à des éléments de structures autres que ceux considérés par l'ILL, ce qui pourrait entraîner des désordres aux différents niveaux du bâtiment dans la zone du poteau perdu. Dès lors, l'IRSN considère que la justification de la capacité de résistance des structures du bâtiment ILL4 en cas de rupture d'un poteau de façade mériterait d'être confortée. *Ceci fait l'objet de l'observation formulée en annexe au présent avis.*

#### Comportement du bâtiment ILL4 en cas d'explosion externe « noyau dur »

Pour évaluer la stabilité du bâtiment ILL4 en cas d'explosion extrême susceptible d'être induite par les situations « noyau dur », l'ILL retient l'explosion d'un camion-citerne de GPL roulant sur l'autoroute A480 générant une pression statique de 20 kPa sur le bâtiment. L'étude de l'ILL montre que les sollicitations globales résultantes sont significativement plus faibles que celles qui résultent du SND. Aussi, l'ILL conclut que la stabilité du bâtiment ILL4 en cas d'explosion extrême externe induite est garantie.

\*

S'agissant de la stabilité du bâtiment ILL4 en cas d'explosion externe, l'IRSN estime que, par conception, ce bâtiment est peu sensible à une onde de surpression susceptible d'être induite en situation « noyau dur ». Aussi, la démonstration apportée par l'ILL n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. Il convient toutefois de rappeler que l'onde de surpression pouvant être induite par un

accident survenant dans l'environnement industriel ou sur les voies de communications situées à proximité du RHF en cas d'agressions « noyau dur » est actuellement en cours d'instruction par l'IRSN.

Accessibilité de l'ILL4 depuis le nouveau poste de contrôle et de secours (PCS3)

Le dossier initial de l'ILL ne présente que des principes généraux de conception des dispositions d'accès à l'ILL4 depuis le PCS3, les éléments détaillés relatifs à la justification de l'accessibilité du bâtiment ILL4 depuis le PCS3 en cas d'agression externe « noyau dur » ayant été transmis par l'ILL fin décembre 2015. **Ces éléments n'ont pas été examinés par l'IRSN dans le cadre de la présente instruction.**

Prévention des risques d'incendie et d'explosion internes induits

Conformément à la prescription [ILL-INB67-ND 03], l'ILL a également réévalué les risques d'incendie et d'explosion dans les locaux de l'ILL4 susceptibles d'être induits à la suite d'une agression « noyau dur ». Cette réévaluation a notamment conduit l'ILL à mettre en place un dispositif de coupure automatique de toutes les sources électriques non sismiques du bâtiment ILL4 et à réévaluer le dimensionnement du réseau d'extinction d'incendie de ce bâtiment.

L'IRSN considère que les dispositions prévues par l'ILL pour prévenir les risques d'incendie et d'explosion induites par une agression extrêmes sont acceptables. La suffisance du système de coupure des alimentations électriques non sismiques fait actuellement l'objet d'une évaluation par l'IRSN.

En conclusion, l'IRSN estime que les éléments transmis par l'ILL en réponse à la prescription [ILL-INB67-ND 03] de la décision citée seconde référence ne permettent pas de démontrer la stabilité d'ensemble du bâtiment ILL4. **Aussi, l'IRSN considère que l'ILL doit compléter sa démonstration relative au premier volet de la prescription précitée conformément à la recommandation formulée en annexe au présent avis.**

Compte tenu de la date de transmission du dossier associé, les dispositions prises par l'ILL pour l'accessibilité du bâtiment ILL4 depuis le PCS3 en cas d'agression « noyau dur » n'ont pas été examinées par l'IRSN dans le cadre de la présente instruction.

Enfin, l'IRSN considère que les dispositions présentées par l'ILL relatives au deuxième volet de la prescription [ILL-INB67-ND 03] sont satisfaisantes à ce stade, l'évaluation par l'IRSN du dispositif de coupure des alimentations électriques non sismiques du bâtiment ILL4 étant actuellement en cours.

Pour le Directeur général, par ordre,

Franck BIGOT

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe à l'avis IRSN/2016-00040 du 10 février 2016

**Recommandation**

L'IRSN recommande que l'ILL complète sa démonstration par une analyse mettant en œuvre une méthode qui, d'une part conserve le caractère enveloppe des chargements sismiques sollicitant les différentes zones de structure, d'autre part prend en compte les effets des directions de séisme. À cet égard, le recours à une analyse modale spectrale complétée par une analyse statique non-linéaire tridimensionnelle tenant compte de l'endommagement attendu des structures du bâtiment apparaît plus approprié à la démonstration attendue. Il convient en effet que cette démonstration présente un niveau de confiance suffisant pour apprécier le respect de l'exigence de stabilité du bâtiment ILL4 en cas notamment de répliques sismiques faisant suite à un SND.

**Observation**

L'ILL devrait compléter l'étude du comportement du bâtiment ILL4 en cas d'inondation externe extrême par une analyse prenant en compte les phénomènes de redistribution et de reports de charges consécutifs à la rupture d'un poteau de façade induite par un objet charrié.