

**GROUPE PERMANENT D'EXPERTS
POUR LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES**

**Avis et recommandations
relatif au réexamen périodique du Réacteur à Haut
Flux (RHF - installation nucléaire de base (INB)
n°67) exploité par l'institut Laue-Langevin (ill)**

Réunion tenue à Montrouge les 17 et 23 novembre 2020

Secrétariat des Groupes Permanents d'Experts
ASN – 15 rue Louis Lejeune
CS 70013
92541 Montrouge Cedex
e-mail : asn.secretariatgpe@asn.fr

I

Conformément à la saisine de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), notifiée par la lettre ASN CODEP-DRC-2020-013851 du 18 mai 2020, le groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR) s'est réuni les 17 et 23 novembre 2020 pour examiner le dossier relatif au troisième réexamen périodique du réacteur à haut flux (RHF, INB n° 67), incluant notamment le plan d'action de mise en conformité et d'amélioration de la sûreté, transmis en novembre 2017 par l'Institut Laue-Langevin (ILL), exploitant du RHF.

Au cours de cette réunion, les membres du groupe permanent ont pris connaissance de l'expertise réalisée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la base du dossier transmis par l'ILL et des éléments complémentaires qu'il a recueillis au cours de l'expertise.

Dans le cadre de cette expertise, l'ILL a pris différents engagements auprès de l'ASN par le courrier DRe BD/nvt 2020-0783 du 29 juillet 2020. Ces engagements seront confirmés et complétés compte tenu des discussions qui ont eu lieu en séance.

Le groupe permanent a par ailleurs entendu les explications et commentaires présentés en séance par l'ILL.

II

Le groupe permanent a examiné la sûreté de l'INB n° 67 en tenant compte notamment de son état actuel, de l'expérience acquise au cours de son exploitation ainsi que de l'évolution des connaissances et des règles applicables aux réacteurs nucléaires, et ce dans le cadre d'une poursuite d'exploitation pour au moins dix ans prévue par l'exploitant. Le groupe permanent a plus particulièrement examiné :

- la conformité de l'installation au référentiel de sûreté actualisé présenté lors du réexamen, les dispositions de gestion du vieillissement, ainsi que le plan d'action défini par l'ILL à l'égard des non-conformités techniques ;
- la réévaluation de la maîtrise des risques liés à l'installation, et notamment :
 - la méthodologie appliquée, les scénarios accidentels retenus, les exigences de conception, de construction et de suivi en service des équipements importants pour la protection (EIP) nécessaires à la maîtrise des scénarios accidentels,
 - l'évaluation des conséquences radiologiques des scénarios accidentels,
 - les dispositions relatives au maintien du confinement des substances radioactives,
 - les dispositions relatives à la maîtrise des risques de criticité, de perte de refroidissement du combustible, d'incendie et d'explosion, ainsi que des risques liés à la manutention ;
- le comportement des bâtiments et équipements, notamment ceux qui appartiennent au « noyau dur », en cas d'agressions externes ;
- le dimensionnement des circuits « noyau dur » en vue de la prévention de la fusion du cœur.

III

Examen de conformité et maîtrise du vieillissement

Le groupe permanent ne fait pas de remarque quant à la démarche et au périmètre de l'examen de conformité réalisé par l'ILL. Il relève que des actions et des justifications complémentaires sont prévues concernant en particulier la stabilité au séisme « noyau dur » (SND) du circuit CEN d'eau de nappe et de l'enceinte métallique du bâtiment du réacteur, ainsi que la stabilité et l'étanchéité sous eau des traversées de câbles électriques.

L'ILL a transmis un premier plan de maîtrise du vieillissement de l'INB n° 67 qui concerne les deux enceintes de confinement du bâtiment du réacteur et le bloc-pile. Le groupe permanent estime que les dispositions retenues pour ces trois structures sont globalement satisfaisantes. Le plan de maîtrise du vieillissement est à compléter et devra également inclure les dispositions relatives aux systèmes, structures et composants (SSC) susceptibles d'aggraver les EIP « sûreté » (EIP-S), ce à quoi l'ILL s'est engagé. Le groupe permanent considère que ce plan doit être rapidement complété et mis à jour dans sa forme définitive.

Démarche de réévaluation de sûreté et EIP

Dans le cadre du réexamen de sûreté, l'ILL a mis en œuvre une démarche générale d'analyse de sûreté s'appuyant sur une approche par conditions de fonctionnement, à l'issue de laquelle des améliorations significatives de la sûreté de l'installation ont été définies et intégrées au plan d'action issu du réexamen périodique. Le groupe permanent considère que les actions d'amélioration ainsi définies sont satisfaisantes.

Cette démarche d'analyse l'a également conduit à définir la liste des EIP et des activités importantes pour la protection (AIP) de l'installation, que le groupe permanent estime globalement acceptable pour ce qui concerne la sûreté, compte tenu des engagements pris par l'ILL concernant notamment le classement en tant qu'EIP-S des alimentations électriques nécessaires à la réalisation des fonctions de sûreté des EIP-S.

Sûreté de fonctionnement du réacteur et conséquences radiologiques des scénarios accidentels postulés

L'ILL a mis à jour les études neutroniques et thermohydrauliques du réacteur afin de justifier la maîtrise de la réactivité et du refroidissement du cœur en fonctionnement normal, incidentel et accidentel, ainsi que pour les situations de défaillances multiples et les situations d'agression extrême.

Le groupe permanent ne fait pas de remarque sur les conclusions des études neutroniques, pour lesquelles il souligne notamment l'amélioration des moyens de simulation numérique utilisés par l'ILL.

S'agissant des études thermohydrauliques, le groupe permanent estime que la démonstration de sûreté associée aux scénarios de brèche du circuit primaire doit être complétée. Il formule à cet égard la recommandation n°1 en annexe au présent avis.

En vue de justifier le caractère suffisant des dispositions retenues pour assurer la sûreté du RHF, l'ILL a notamment défini des objectifs généraux de sûreté dosimétriques pour les différentes conditions de fonctionnement et les accidents postulés de fusion d'élément combustible (EC), dits accidents graves maîtrisés (AGM). Le groupe permanent rappelle que de tels objectifs ne peuvent pas être utilisés à eux seuls pour justifier le caractère suffisant des dispositions prises, les conséquences des situations postulées devant être limitées autant que raisonnablement possible.

Sous ces réserves, le groupe permanent ne fait pas de remarque sur la dernière version de l'évaluation des conséquences radiologiques des AGM transmise par l'ILL. Il en est de même pour l'évaluation présentée par l'ILL pour les conditions de fonctionnement hors AGM, qui présente des marges et des conservatismes.

Maîtrise du confinement des substances radioactives

Concernant la gestion des substances radioactives présentes dans le bâtiment du réacteur, ainsi que dans l'entreposage de bouteilles de deutérium tritié, le groupe permanent estime que les dispositions de confinement prises par l'ILL sont globalement satisfaisantes.

En revanche, le bâtiment de détritiation demeure un sujet de préoccupation vu les conséquences potentielles en cas de séisme. Le groupe permanent note que l'ILL a prévu d'évacuer le deutérium tritié présent dans ce bâtiment ainsi que les bouteilles de deutérium tritié précitées ; les dispositions correspondantes font l'objet d'une instruction dédiée.

Maîtrise des risques de criticité et de perte du refroidissement du combustible

L'ILL a réévalué les risques de criticité liés aux entreposages d'éléments combustibles neufs ou irradiés dans l'installation, ainsi qu'aux opérations de manutention, de chargement et de déchargement du cœur.

Le groupe permanent souligne la qualité de la réévaluation réalisée et estime que la sous-criticité est démontrée pour l'ensemble des configurations étudiées, hormis pour les scénarios de chute de charge lourde manutentionnée au-dessus du canal n° 2 et des opérations de manutention de l'EC dans la cheminée du bloc-pile. L'ILL s'est engagé à apporter des compléments de démonstration pour ces situations, ce que le groupe permanent estime satisfaisant.

Concernant la maîtrise du refroidissement de l'EC irradié placé dans une hotte dite « de manutention », le groupe permanent relève que l'ILL a prévu de mettre en place un dispositif automatique de mise en sécurité de l'EC, intégré au « noyau dur » du RHF, qui permettra d'assurer le retrait de l'EC de la hotte de manutention et son positionnement au fond du canal n° 2 dans les situations qui présentent un risque de découverture de l'EC ou de la hotte. Le groupe permanent considère que cette disposition est satisfaisante.

Par ailleurs, le groupe permanent considère que l'étanchéité de la partie inférieure du canal n° 2 en cas de situations d'agression extrême doit être justifiée, ce à quoi l'ILL s'est engagé.

Maîtrise des risques liés à l'incendie et à l'explosion d'origine interne

Le groupe permanent considère que la démarche générale d'analyse mise en œuvre par l'ILL et les dispositions opérationnelles retenues en matière de détection et d'intervention en cas d'incendie sont globalement satisfaisantes.

Pour ce qui concerne les risques d'incendie dans le bâtiment « bureaux-laboratoires », le groupe permanent relève que ce bâtiment supporte des équipements du « noyau dur » de l'installation et ne doit pas constituer un agresseur du bâtiment du réacteur. Le groupe permanent considère que l'étude de stabilité au feu réalisée par l'ILL appelle des compléments concernant la justification de la stabilité au feu d'éléments structuraux ; l'ILL s'est engagé en ce sens en séance.

Pour ce qui concerne le bâtiment du réacteur, le groupe permanent considère que, dans la situation actuelle, un incendie qui se développerait au niveau C du bâtiment, dans le hall circulaire des expérimentateurs, centré autour de la piscine du réacteur, serait susceptible de compromettre la stabilité des éléments structuraux présents à ce niveau et, par là-même, l'intégrité de la double enceinte de confinement du bâtiment du réacteur. A cet égard, le groupe permanent a pris note des engagements pris par l'ILL concernant la mise en place :

- de dispositions de limitation des charges calorifiques et de protections thermiques dans les zones expérimentales ;
- d'un système de type « sprinkler » dans l'ensemble du niveau C afin de garantir, en cas d'incendie, la stabilité au feu des éléments structuraux et du pont roulant situé à ce niveau.

Par ailleurs, les risques liés à l'explosion interne dans le bâtiment du réacteur sont associés à la présence de circuits de deutérium alimentant deux « sources froides » de neutrons de basse énergie.

Dans l'étude de ces risques menée par l'ILL, le groupe permanent note, d'une part l'absence de dimensionnement au séisme d'une partie des circuits de deutérium, d'autre part les valeurs potentiellement importantes de pression aux niveaux C et D du bâtiment du réacteur que provoquerait une explosion par détonation du deutérium issu d'une fuite survenant à l'un de ces niveaux. Le groupe permanent considère nécessaire que les risques et les conséquences d'une telle agression, sur les ouvrages de génie civil et les équipements EIP-S présents à ces deux niveaux, soient étudiés. L'ILL s'est engagé à réaliser une telle étude pour le niveau C du bâtiment du réacteur. Pour le niveau D, le groupe permanent formule la recommandation n° 2 en annexe au présent avis.

Maîtrise des risques liés aux manutentions

L'ILL a réévalué les risques liés aux opérations de manutention de charges dans l'installation.

Il a notamment réalisé, pour le niveau D du bâtiment du réacteur :

- une étude du comportement du plancher aux charges qui y sont entreposées ;
- une analyse des risques liés à la chute des charges manutentionnées ;
- une analyse de la fiabilité du pont polaire.

Concernant ce dernier point, le groupe permanent souligne que le pont polaire du bâtiment du réacteur présente actuellement un niveau de fiabilité insuffisant. L'ILL a engagé un programme de jouvence et de renforcement de ce pont, qui vise également à assurer sa stabilité au SND. Le groupe permanent considère que l'amélioration du pont est prioritaire.

Le groupe permanent note que la justification de la sûreté des pratiques opérationnelles d'entreposage de charges lourdes sur le plancher du niveau D du bâtiment du réacteur doit encore être complétée.

Par ailleurs, il estime que la démonstration de sûreté liée aux opérations de manutention nécessite d'être formalisée et justifiée de manière plus rigoureuse, notamment pour ce qui concerne les opérations de manutention du batardeau du canal n° 2 et des hottes de manutention du combustible. Le groupe permanent considère satisfaisant l'engagement de l'ILL consistant à compléter les justifications sur ces points dans le cadre de la mise à jour globale du référentiel de sûreté de l'installation qu'il prévoit d'effectuer en 2021. Enfin, le groupe permanent relève que l'ILL s'est engagé à mettre en œuvre des dispositions visant à prévenir la chute de charges lourdes à l'aplomb des zones à risques, ce qu'il juge également satisfaisant.

Comportement des bâtiments et des équipements en cas de séisme

S'agissant des bâtiments, l'ILL a étudié le comportement au SND du bâtiment du réacteur, incluant l'enceinte interne en béton et l'enceinte métallique externe, du bâtiment « bureaux-laboratoires », ainsi que de la cheminée de 45 m assurant le rejet de l'air extrait par les systèmes de ventilation de ces bâtiments.

Le groupe permanent considère que la stabilité d'ensemble de l'enceinte interne en béton du bâtiment du réacteur est démontrée en cas de SND. Il note que l'évaluation des rejets en cas d'agression extrême repose sur une étude estimant, par le calcul, le taux de fuite de l'enceinte interne. Dans ces conditions, l'exploitant devrait apporter une attention particulière au suivi dans le temps de l'état de l'enceinte et examiner les améliorations d'étanchéité qui seraient nécessaires pour les zones singulières identifiées dans cette étude.

Pour ce qui concerne les casemates primaires, le groupe permanent prend note de l'engagement de l'ILL qui vise à justifier l'absence d'agression des traversées d'enceinte présentes dans ces casemates en cas de SND. Le groupe permanent considère cet engagement satisfaisant.

Pour ce qui concerne l'enceinte métallique du bâtiment du réacteur, le groupe permanent relève que la démonstration de la stabilité et de la résistance au flambage en cas de SMS, lorsque l'espace entre enceintes est dépressurisé, est fondée sur l'étude présentée pour le SND et met en œuvre une méthode de justification non conventionnelle utilisant en particulier des analyses temporelles non linéaires.

Le groupe permanent considère que la justification du comportement mécanique au SND de l'enceinte métallique, effectuée avec des analyses temporelles non linéaires, doit être complétée pour ce qui concerne le cloquage. L'ILL a pris un engagement en ce sens en séance. En ce qui concerne le SMS, des compléments restent à apporter concernant le flambage et le cloquage de l'enceinte en justifiant, le cas échéant, l'utilisation de méthodes plus adaptées à ce type de structure que les méthodes conventionnelles quasi-statiques.

Par ailleurs, le groupe permanent n'a pas de remarque à formuler concernant la justification de la stabilité au SND du bâtiment « bureaux-laboratoires » et de la cheminée de 45 m (y compris de son bouclier de protection situé à sa base).

S'agissant du comportement des équipements en cas de séisme, le groupe permanent relève que, pour le niveau D du bâtiment du réacteur, l'ILL n'a pas étudié l'incidence potentielle des non-linéarités du comportement des structures de génie civil sur les sollicitations sismiques à retenir. Il considère que cette incidence potentielle doit être évaluée au regard de la justification, d'une part du respect des exigences associées aux équipements du « noyau dur » situés au niveau D, d'autre

part de l'absence d'agression de ces équipements par d'autres équipements également présents à ce niveau. Le groupe permanent relève que l'ILL s'est engagé à réaliser cette évaluation pour les équipements du « noyau dur », mais pas pour les équipements susceptibles de les agresser en cas de SND. Le groupe permanent considère que cette évaluation est nécessaire. Cela fait l'objet de la recommandation n° 3 formulée en annexe au présent avis.

Le groupe permanent relève par ailleurs que l'ILL a démontré la chute des barres de sécurité en cas de SND et a prévu de vérifier :

- l'absence d'agression du cœur par la barre de pilotage ;
- l'étanchéité des brides des doigts de gant horizontaux des canaux d'extraction de neutrons ;
- le bon comportement de certains autres composants du bloc-pile et du circuit de renoyage ultime (CRU).

S'agissant du circuit primaire, le groupe permanent note que l'ILL s'est engagé à étudier l'éventualité, en cas de SND, d'une concomitance de fuites de ce circuit dans la piscine du réacteur et dans les niveaux inférieurs du bâtiment par lesquels il chemine ; le groupe permanent considère cet engagement satisfaisant.

Enfin, le groupe permanent estime que la démarche présentée par l'ILL pour renforcer le pont roulant du niveau C du bâtiment du réacteur afin d'assurer sa stabilité au SND est satisfaisante ; il souligne la nécessité de réaliser les renforcements prévus dans les meilleurs délais, ce pont constituant potentiellement un agresseur de l'enceinte du bâtiment en cas de séisme.

Dimensionnement des circuits « noyau dur »

Le groupe permanent considère que le dimensionnement des circuits de renoyage ultime (CRU) et d'eau de nappe (CEN) du réacteur est satisfaisant au regard de l'objectif de maintien du refroidissement du cœur en situation d'agression extrême. Il note à cet égard que l'ILL s'est engagé à réaliser, à court terme, un essai de qualification visant à vérifier le débit de renoyage assuré par le circuit CRU.

Le groupe permanent estime cependant que l'ILL doit justifier que les deux voies redondantes du circuit CEN resteraient opérationnelles pour assurer le refroidissement du cœur en cas d'inondation externe extrême, notamment en cas de brèches concomitantes sur le circuit primaire ou au niveau de la piscine du réacteur et sur le canal n° 2. L'ILL s'est engagé en séance à protéger les deux voies du circuit CEN ainsi que celles du circuit de dégonflage sismique (CDS).

Maîtrise des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication

L'ILL a présenté, dans le cadre du réexamen, une étude de la résistance de l'enceinte interne en béton en cas de chute d'un avion de l'aviation générale. Le groupe permanent estime que cette étude est acceptable sous réserve qu'elle soit complétée, d'une part par l'étude d'autres points d'impact qui pourraient potentiellement être plus préjudiciables à la tenue de l'enceinte interne, d'autre part par l'analyse des effets d'une telle chute sur la stabilité du pont polaire. L'ILL s'est engagé à réaliser ces compléments d'étude, ce que le groupe permanent estime satisfaisant.

S'agissant des agressions liées aux autres voies de communication et à l'environnement industriel, le groupe permanent n'a pas de remarque sur les éléments présentés par l'ILL, compte tenu des engagements qu'il a pris.

IV

Le groupe permanent souligne que l'ILL a réalisé un travail particulièrement important de vérification de la conformité et de réévaluation de la sûreté de l'installation dans le cadre du troisième réexamen périodique de l'INB n° 67 et a défini, sur cette base, un plan d'action structuré de mise en conformité et d'amélioration de la sûreté de l'installation.

Le groupe permanent estime que les conclusions tirées de ce réexamen périodique sont satisfaisantes. Des améliorations et des compléments de justifications restent à apporter, comme indiqué dans le présent avis.

En conclusion, les dispositions retenues par l'ILL complétées par les engagements qu'il a pris et les réponses aux recommandations formulées dans le présent avis sont de nature à obtenir un niveau de maîtrise des risques satisfaisant pour les dix prochaines années et leur mise en œuvre constituera une amélioration significative de la sûreté de l'installation.

ANNEXE

Recommandations

Recommandation n° 1

Le groupe permanent recommande que l'ILL complète la démonstration de sûreté associée aux scénarios de brèche du circuit primaire du RHF en réalisant une analyse spécifique justifiant, en retenant une démarche pénalisante, l'absence de fusion de l'aluminium de l'élément combustible en tout point du cœur.

Recommandation n° 2

Le groupe permanent recommande que l'ILL complète son étude des risques d'explosion et d'endommagement des structures de génie civil et des EIP du niveau D du bâtiment du réacteur en cas de fuite du deutérium des sources froides.

Recommandation n° 3

Le groupe permanent recommande que l'ILL évalue l'impact de la prise en compte des effets des non-linéarités du comportement des structures de génie civil sur la justification du respect de l'exigence de non-agression attribuée aux équipements agresseurs, situés au niveau D du bâtiment du réacteur, des équipements constitutifs du noyau dur. Cette évaluation devra tenir compte de l'entrechoquement des structures du bâtiment du réacteur ainsi que de la variabilité des caractéristiques du sol de fondation.

