



Fontenay-aux-Roses, le 8 mars 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2024-00033

**Objet :** Institut Laue-Langevin  
INB n° 67 - Réacteur à haut flux  
Mise en service du procédé de pré-assainissement de l'ILL6 et de l'ILL35 et de recombinaison des sources froides

**Réf. :** [1] Lettre ASN CODEP-LYO-2023-002645 du 22 mars 2023.  
[2] Décision ASN CODEP-DRC-2022-010303 du 19 août 2022.

Par 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, transmis par l'Institut Laue-Langevin (ILL), exploitant de l'installation nucléaire de base (INB) n° 67 dénommée « réacteur à haut flux » (RHF), en réponse à la prescription mentionnée ci-après, formulée dans la décision de l'ASN citée en référence [2] : « *Au plus tard le 30 juin 2025, l'exploitant évacue de façon sûre, le cas échéant après traitement, le dihydrogène radioactif présent dans les installations de l'ancien procédé de détritiation situées dans le bâtiment ILL6 et dans les entreposages situés dans le bâtiment ILL35.* »

Pour ce faire, l'ILL prévoit la mise en œuvre d'un procédé visant à traiter l'inventaire en tritium historique entreposé dans les bâtiments ILL6 et ILL35 afin de permettre son évacuation hors de l'installation. Ce procédé permettra en outre de traiter à l'avenir, de manière ponctuelle, le deutérium tritié qui se forme dans les sources froides<sup>1</sup> lors du fonctionnement du réacteur.

En réponse à la demande de l'ASN [1], l'expertise de l'IRSN a porté sur :

- les exigences retenues pour le dimensionnement des nouvelles installations mises en œuvre ;
- les dispositions retenues par l'ILL pour la maîtrise des risques de dissémination, d'explosion et d'incendie ;
- l'analyse présentée par l'ILL concernant les risques liés aux travaux de raccordement du circuit de pré-assainissement aux circuits de l'ancien procédé de détritiation et à ceux du réacteur.

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

<sup>1</sup> Les sources froides sont des équipements contenant du deutérium à basse température, situés au sein du réacteur. Elles permettent d'abaisser l'énergie d'une partie des neutrons produits par le réacteur à des fins expérimentales.

# 1. PRESENTATION DE LA MODIFICATION

## 1.1. OBJECTIF DE LA MODIFICATION

La modification consiste en l'implantation, dans le bâtiment ILL6, d'un nouveau procédé de traitement et d'évacuation du tritium historique de l'INB n° 67. Ce tritium, entreposé majoritairement sous la forme de deutérium tritié (DT) gazeux, est contenu dans le bâtiment ILL6, ainsi que dans des bouteilles entreposées dans le bâtiment ILL35. Une fois le circuit mis en service, la durée totale des opérations de traitement du tritium abrité dans l'ILL6 et l'ILL35 est estimée par l'ILL à environ huit mois.

À l'issue des opérations précitées, l'ILL souhaite maintenir opérationnel le procédé installé afin de pouvoir le réutiliser lors des campagnes de vidange et de recombinaison du deutérium tritié des sources froides du réacteur. Une première campagne est programmée en 2025, tandis qu'une seconde campagne sera menée à l'occasion de l'arrêt définitif du réacteur. La durée de chaque campagne est estimée à environ dix jours.

Entre les différentes campagnes de traitement, l'ensemble du circuit sera inerté en azote.

## 1.2. DESCRIPTION SYNTHETIQUE DU PROCEDE

Le traitement du tritium gazeux repose sur le principe de recombinaison catalytique<sup>2</sup> qui permet de transformer le deutérium tritié gazeux en eau lourde tritiée. L'eau lourde tritiée ainsi formée est alors diluée avec de l'eau lourde prélevée dans le circuit primaire du réacteur, puis réinjectée dans ce même circuit. Après utilisation dans le réacteur, l'eau lourde tritiée sera transférée vers une filière de traitement externe d'eau lourde faiblement tritiée, implantée au Canada, qui accueille déjà l'eau lourde tritiée issue de l'exploitation actuelle de l'INB n° 67.

Le nouveau procédé ainsi que certaines parties des circuits qui lui sont associés sont positionnés dans des boîtes à gants (BàG) afin de maîtriser d'éventuelles fuites gazeuses lors de son fonctionnement.

Un contrôle-commande de sûreté, conçu pour le nouveau procédé et classé élément important pour la protection des intérêts (EIP), permet d'isoler le circuit en cas de fuite sur détection de gaz explosif dans les BàG du procédé, de gaz radioactif à la cheminée de rejet des effluents ou de liquide dans les rétentions positionnées sous les réservoirs contenant de l'eau lourde.

# 2. DIMENSIONNEMENT DES NOUVEAUX EQUIPEMENTS

Le dimensionnement des équipements, circuits et BàG associés au nouveau procédé, est traité dans le paragraphe 3.1 du présent avis. Les exigences définies pour ces EIP sont en effet liées à la prévention des risques liés à la dissémination des substances radioactives.

Concernant le contrôle-commande classé de sûreté, l'ILL a retenu un niveau d'exigence et de qualité qu'il estime cohérent avec la démarche générale de démonstration de maîtrise des risques mise en œuvre lors du réexamen périodique mené en 2017. Pour autant, l'IRSN estime que les principes de conception du contrôle-commande retenus par l'ILL ne permettent pas, d'une manière générale, de garantir une haute fiabilité du système sur une longue durée. En particulier, si les fonctions du système de contrôle commande de sûreté sont globalement redondées, elles ne sont ni séparées électriquement ni géographiquement, ce qui n'est pas pleinement satisfaisant. Cela étant, ces fonctions sont conçues à sécurité positive (action par manque de tension) et les opérations d'évacuation du terme source en tritium de l'ILL6 se dérouleront pendant une durée limitée. Qui plus est, ces opérations revêtent une importance particulière pour la sûreté de l'installation en termes de réduction de l'inventaire radiologique en présence sur le site. **Compte tenu de ces éléments, l'IRSN estime que les**

---

<sup>2</sup> Mise en œuvre, à l'aide d'un catalyseur, de la réaction du deutérium tritié (DT) avec de l'oxygène (O) en vue de former de l'eau lourde tritiée (DTO).

exigences retenues par l'ILL pour le contrôle-commande de sûreté du nouveau procédé peuvent être acceptées. Il appartiendra en tout état de cause à l'ILL de requalifier le contrôle-commande de sûreté et de vérifier son bon fonctionnement en amont des opérations de recombinaison du DT des sources froides.

### 3. DISPOSITIONS DE MAÎTRISE DES RISQUES

#### 3.1. RISQUES LIÉS À LA DISSEMINATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Les circuits qui composent le nouveau procédé de pré-assainissement constituent le premier système de confinement et sont à ce titre classés EIP. Ces derniers sont en acier inoxydable pour limiter la perméation du tritium<sup>3</sup>. Les raccords entre les tuyaux et les équipements sont assurés par des joints métalliques pour les portions du procédé qui sont situées dans les BâG, et sont entièrement soudés pour les portions situées hors BâG. Les nouvelles BâG installées ont des taux de fuite compatibles avec la classe d'étanchéité 4 selon la norme ISO 10648-2. **Les principes de conception retenus par l'ILL pour les nouveaux circuits et leurs BâG sont satisfaisants. Il appartiendra à l'ILL de préciser les exigences et les critères de vérification associés au suivi en service de ces nouveaux équipements dans les règles générales d'exploitation de l'installation.**

Le nouveau procédé sera raccordé à d'anciens circuits appartenant à l'ancienne installation de détritiation, eux-mêmes reliés aux réservoirs contenant l'inventaire en tritium historique de l'ILL6. Lors de la mise en service globale du procédé de traitement, ces anciens circuits seront traversés par du DT gazeux actif. Or ces anciens circuits comprennent plusieurs raccords non soudés qui ne sont pas situés dans des BâG. **L'IRSN considère à cet égard que la réalisation, telle que prévue par l'ILL, d'un test d'étanchéité sur les anciens lignages du circuit de détritiation avant leur réutilisation constitue un prérequis au lancement des opérations de pré-assainissement de l'ILL6.**

Par ailleurs, l'ILL valorise dans la démonstration de maîtrise des risques du procédé les dispositifs de détection de deutérium et de tritium présents dans les locaux qui permettront d'identifier une fuite, notamment sur les anciens circuits. **L'IRSN estime que les dispositions mises en œuvre par l'ILL sont satisfaisantes. Il appartient à l'ILL de préciser dans la documentation d'exploitation de l'INB n° 67 les dispositions prévues en cas de détection de fuite.**

L'ensemble des BâG du procédé est ventilé par le réseau d'extraction des effluents gazeux (EG) qui est relié à la cheminée principale de l'INB n° 67. Ainsi, en cas de fuite sur une portion de circuit située dans une BâG, les gaz issus du tronçon rupté sont entraînés puis rejetés à une hauteur de 45 m. L'IRSN souligne à cet égard que l'extraction des EG contribue à la prévention du risque de formation d'une atmosphère explosive dans la BâG où se serait produite la fuite (cf. § 3.2), un rejet en hauteur tel que prévu étant en outre favorable à la dilution des effluents gazeux dans l'atmosphère, limitant ainsi l'impact radiologique pour la population. Le réseau EG est équipé de deux ventilateurs redondants, la perte de l'un des ventilateurs entraînant un basculement sur le ventilateur de secours. **Compte tenu de l'importance du réseau EG en cas de fuite sur le procédé, l'IRSN estime nécessaire que l'ILL s'assure de la disponibilité des deux ventilateurs avant l'engagement d'une opération de traitement du tritium. L'ILL a indiqué lors de l'expertise que cette disposition sera spécifiée dans les procédures d'exploitation du procédé, ce qui est satisfaisant.**

Enfin, en cas de fuite de gaz détectée dans une BâG, le contrôle-commande de sûreté du procédé actionne l'arrêt de l'apport en DT dans la BâG concernée *via* la fermeture de deux vannes d'isolement positionnées en série. Sur ce point, l'IRSN note toutefois que certains réservoirs historiques, reliés à un circuit existant, ne sont équipés que d'une seule vanne d'isolement dont la manœuvre est asservie au contrôle-commande de sûreté. L'ILL a indiqué qu'il ne prévoyait pas la mise en place d'une deuxième vanne d'isolement pour ces réservoirs afin de limiter les modifications à effectuer sur les anciens circuits. Néanmoins, des vannes manuelles, positionnées entre les

---

<sup>3</sup> Migration du tritium dans les composés hydrogénés d'une paroi solide.

réservoirs historiques et le nouveau procédé, permettront d'isoler ces réservoirs en cas de fuite. **Au vu de ces éléments et sous réserve de la bonne mise en œuvre des dispositions relatives à la vérification de la disponibilité des ventilateurs du réseau EG, l'IRSN estime que l'absence de double isolement automatique sur les anciennes lignes en gaz tritié peut être acceptée dans le cadre de la présente modification.**

### 3.2. RISQUES D'EXPLOSION

Les risques d'explosion dans le cadre de la mise en service du circuit de pré-assainissement et de recombinaison des sources froides sont liés à la présence de deutérium ( $D_2$ ) et de deutérium tritié (DT) dans les circuits.

Afin de limiter ces risques, les bouteilles de gaz ( $D_2$ , oxygène, hélium, DT) nécessaires aux opérations de pré-assainissement seront placées à l'extérieur du bâtiment ILL6 dans des zones protégées afin de limiter les risques d'agression. En outre, les zones contenant les bouteilles de  $D_2$  et de DT seront classées ATEX<sup>4</sup> afin de réduire les risques d'explosion. L'étanchéité des connexions sera vérifiée lors de la connexion de chaque nouvelle bouteille au procédé. De plus, chacune des deux bouteilles contenant du DT ou du  $D_2$  en cours d'utilisation sera placée sous une hotte reliée au réseau EG. La hotte de la bouteille de DT sera équipée d'une détection de  $D_2$ . En cas de détection de  $D_2$  au niveau de cette hotte, le contrôle-commande de sûreté actionnera la fermeture des vannes d'isolement de la bouteille. Dans le dossier initial, l'ILL n'avait pas prévu d'équiper la hotte de la bouteille contenant du  $D_2$  d'une détection de  $D_2$ . **L'IRSN considère pour sa part que la bouteille de  $D_2$  doit également pouvoir être isolée rapidement en cas de fuite afin notamment de limiter les risques d'« effet domino » sur la bouteille de DT en cas d'explosion ou de jet enflammé de  $D_2$ . Sur ce point, l'ILL a indiqué lors de l'expertise qu'il ajoutera un détecteur de  $D_2$  au niveau de cette hotte, sans toutefois préciser si ce dernier serait asservi à une action d'isolement. Il appartient à l'ILL de préciser dans la documentation d'exploitation les dispositions prévues en cas de détection de deutérium.**

Dans l'analyse du risque de formation d'une atmosphère explosive dans les locaux en cas de fuite de  $D_2$ , l'ILL retient une hypothèse de dilution homogène du  $D_2$  dans le volume du local pour le calcul des concentrations en gaz. **Pour l'IRSN, cette hypothèse n'est pas conservative.** En effet, un mélange inflammable peut se former à proximité de la zone de fuite et induire un risque de déflagration ou de jet enflammé, ce phénomène ne pouvant pas être appréhendé en considérant une dilution homogène du gaz fuyant. **Sur ce sujet, l'ILL a indiqué que des zones ATEX de 50 cm ont été définies autour des raccords démontables qui sont situés hors des BâG des anciens circuits où le risque de fuite est le plus important. Il n'a toutefois pas présenté d'éléments pour justifier le caractère suffisant de l'étendue de ces zones.** L'IRSN estime à cet égard que les zones ATEX, telles que définies par l'ILL, pourraient être insuffisantes en cas notamment de rupture franche d'une tuyauterie contenant du gaz. **Aussi, il appartient à l'ILL de définir et de décliner dans le référentiel d'exploitation du procédé les mesures de prévention du risque de rupture franche d'une tuyauterie, notamment l'interdiction de manutentionner des charges lors du fonctionnement du procédé.**

Afin d'assurer la maîtrise du risque d'explosion dans les nouvelles BâG, celles-ci sont équipées de détecteurs de  $D_2$ . La détection de  $D_2$  dans une BâG déclenche, *via* le contrôle commande de sûreté, la fermeture de l'ensemble des vannes situées sur les lignes d'arrivée de gaz ( $D_2$  et DT) alimentant la BâG. De plus, le renouvellement de l'air dans les BâG, reliées au réseau EG, permet de prévenir le risque de formation d'une atmosphère explosive en cas de fuite. En outre, l'ILL a indiqué que les équipements placés dans les BâG sont conçus pour ne pas être à l'origine de sources d'ignition. **Ces dispositions sont satisfaisantes.**

S'agissant des anciens circuits, la vidange du réservoir contenant l'inventaire en deutérium le plus important pourrait générer une atmosphère explosive dans certaines BâG en cas d'absence de fermeture de l'unique vanne d'isolement automatique correspondante. **Pour limiter les conséquences d'une explosion par « effet domino »**

---

<sup>4</sup> Zones présentant des risques de formation d'atmosphères explosives et pour lesquelles des mesures adaptées sont prises telles que l'utilisation d'appareils électriques et non-électriques ne pouvant pas constituer une source d'inflammation potentielle.

sur les autres réservoirs, l'ILL a indiqué qu'il procédera, en complément des mesures citées au § 3.1, au traitement de l'inventaire de ce réservoir en dernier, ce qui est satisfaisant.

### 3.3. RISQUES LIÉS A L'INCENDIE

Dans son analyse des risques liés à l'incendie, l'ILL a identifié les équipements et les réservoirs nécessitant d'être protégés en cas d'incendie et s'est assuré qu'ils étaient suffisamment éloignés des sources potentielles de départ de feu. Dans le cas où cette distance est insuffisante pour exclure une agression en cas d'incendie, l'ILL a prévu de mettre en place des protections passives sur les zones concernées (câbles, portions de tuyauteries, etc.). Par ailleurs, il interdira l'introduction de charges calorifiques mobiles lors des phases d'utilisation du nouveau procédé et mettra en place un dispositif d'extinction automatique dans certaines armoires électriques. L'ILL met en outre en avant dans son analyse le suivi des charges calorifiques dans les locaux abritant le nouveau procédé et la surveillance des locaux par un système de détection incendie qui permettra d'avertir, au moyen d'alarmes, les équipiers locaux de premiers secours ou la force locale de sécurité du commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives de Grenoble. En tout état de cause, en cas d'alarme, l'opérateur en charge de la conduite du nouveau procédé assurera la mise en sécurité des circuits et effectuera la première intervention sur le départ de feu à l'aide d'extincteurs positionnés à cet effet dans les locaux.

**Les éléments présentés par l'ILL sont acceptables. Il lui appartient de s'assurer que la formation des opérateurs en charge du procédé est renforcée concernant les actions à réaliser lors d'un départ de feu et éprouvée lors de mises en situation préalables à la mise en service effective du procédé.**

### 3.4. PRISE EN COMPTE DES FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS

**L'IRSN souligne le fait que l'exploitation du procédé de pré-assainissement constitue une activité à risque différente des opérations usuellement réalisées dans l'INB n° 67. Aussi, l'exploitation du procédé requiert une attention toute particulière de la part de l'exploitant et notamment une grande rigueur des opérateurs qui l'assureront.**

L'exploitation du procédé s'effectuera en horaires de jour et un opérateur sera toujours présent dans les locaux lors des opérations de recombinaison du DT. De plus, les procédures opérationnelles prévoient un double contrôle du lignage des circuits : un premier contrôle direct par vérification de la position des vannes et un second contrôle effectué à l'aide du retour des fins de course de ces vannes. L'ILL a par ailleurs indiqué qu'il mettra en place des points d'arrêt pour vérifier les lignages avant l'engagement des séquences de traitement. **Ces dispositions sont satisfaisantes.**

En amont de la mise en service du nouveau procédé, l'ILL a prévu la réalisation d'essais du procédé en gaz inerte afin de valider les séquences de fonctionnement prévues et de former les opérateurs aux situations d'exploitation normales ou incidentelles, **ce qui est satisfaisant.**

Une fois les opérations de pré-assainissement terminées, un retour d'expérience sera réalisé et le procédé restera sous surveillance entre les différentes campagnes de traitement. **Il appartiendra à l'ILL de mettre en place des formations de recyclage à l'aide d'essais en gaz inactif avant le redémarrage du procédé pour les campagnes de vidange des sources froides.**

## 4. TRAVAUX DE RACCORDEMENT DES CIRCUITS

L'IRSN a évalué les actions prévues par l'ILL pour raccorder le circuit de pré-assainissement aux circuits actifs du réacteur et aux anciens circuits actifs de l'ILL6. Deux BâG déjà existantes seront ouvertes afin d'y implanter les lignes reliant d'anciens réservoirs de l'ILL6 au nouveau procédé. En amont de l'ouverture des BâG, les portions de circuits à raccorder seront isolées et rincées. Par ailleurs, une gaine de ventilation, connectée au réseau EG, sera placée au plus près des points de raccordement pendant les opérations. En complément, un sas en vinyle, ventilé par le réseau EG, sera mis en place autour de la BâG la plus sensible, lors de son ouverture. Tous les

opérateurs intervenant dans ce sas seront équipés d'une tenue étanche ventilée. **Ces dispositions sont acceptables. Bien qu'il soit attendu une faible concentration en tritium dans les lignes des anciens circuits actifs, l'ILL pourrait s'assurer de l'absence de contamination au tritium de l'atmosphère de la BâG la plus sensible avant toute intervention dans cette dernière, via par exemple un contrôle effectué par un agent du service de radioprotection.**

## 5. CONCLUSION

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que les exigences retenues par l'ILL pour le dimensionnement des équipements, circuits et BâG associés au procédé d'évacuation du tritium historique de l'INB n° 67 sont acceptables.

L'IRSN considère en outre que les dispositions retenues par l'ILL pour la maîtrise des risques de dissémination, d'explosion et d'incendie, et la maîtrise des risques liés aux travaux de raccordement du circuit de pré-assainissement aux circuits de l'ancien procédé de détritiation et à ceux du réacteur sont globalement satisfaisantes.

L'IRSN souligne toutefois que, eu égard à la nature des opérations qui seront réalisées dans le cadre de la mise en œuvre de ce nouveau procédé, l'ILL doit s'assurer d'une mise en œuvre prudente et rigoureuse des dispositions et consignes d'exploitation afférentes au procédé.

**IRSN**

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté