

Fontenay aux Roses, le 5 mars 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2021-00038

---

**Objet :** Institut Laue-Langevin.  
INB n°67 - Réacteur à haut flux.  
Modification du système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs du circuit primaire ainsi que du système d'isolement de l'enceinte du bâtiment réacteur.

---

**Réf. :** Lettre CODEP-DRC-2020-045110 du 21 septembre 2020.

---

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier de modification du système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs du circuit primaire ainsi que du système d'isolement de l'enceinte du bâtiment réacteur de l'installation nucléaire de base (INB) n°67 exploitée par l'Institut Laue-Langevin (ILL). Cette modification vise en premier lieu à mettre en conformité :

- l'électronique de traitement des mesures d'activité de ces systèmes vis-à-vis des exigences associées à leur classement de sûreté ;
- le système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs vis-à-vis du critère de défaillance unique (CDU).

Pour ce dernier système, la modification consiste également à remplacer les capteurs de mesure d'activité, à redéfinir les seuils d'alarme et d'enclenchement automatique de l'isolement de l'échangeur en défaut et à porter l'exigence de temps de réponse à 30 secondes pour notamment avoir la possibilité de mettre en place une temporisation visant à éviter les isolements intempestifs.

La modification s'inscrit dans le cadre des suites du réexamen périodique dont l'ILL a présenté les conclusions en 2017.

### 1. PRÉSENTATION DE L'INSTALLATION

Le réacteur à haut flux (RHF) est un réacteur de recherche d'une puissance thermique de 58,3 MW, délivrant des faisceaux de neutrons destinés principalement à la recherche scientifique. Son cœur, composé d'un seul élément combustible (EC) constitué de plaques d'uranium disposées entre deux viroles concentriques, est refroidi et modéré par un circuit primaire en eau lourde légèrement pressurisé. Le contrôle de la réactivité du cœur est assuré par la barre de pilotage qui s'insère dans la cavité centrale de l'EC. L'arrêt d'urgence du réacteur est provoqué par la chute, autour du cœur, de cinq barres de sécurité.

## 1.1. DÉTECTION DE FUITE ET ISOLEMENT AUTOMATIQUE DES ÉCHANGEURS

Lorsque le réacteur est en fonctionnement, l'eau lourde du circuit primaire est acheminée jusqu'au niveau du cœur par une tuyauterie unique, puis se répartit dans l'espace entre les plaques de l'EC et dans la cavité centrale, entraînée respectivement par les pompes du circuit primaire principal et du circuit de refroidissement arrêt barre (CRAB). Après l'arrêt du réacteur, la circulation de l'eau lourde entre les plaques de l'EC et dans la cavité centrale est assurée par les seules pompes du circuit CRAB.

La chaleur du circuit primaire est évacuée par le circuit secondaire par l'intermédiaire de trois échangeurs, deux échangeurs principaux et un échangeur du circuit CRAB, constitués de tubes droits à double passage, l'eau lourde circulant à l'extérieur et l'eau du circuit secondaire circulant à l'intérieur de ces tubes. Le circuit secondaire se compose notamment du circuit secondaire principal et du circuit secondaire auxiliaire qui permettent la circulation de l'eau dans les échangeurs principaux et dans l'échangeur du circuit CRAB, respectivement. Les différentes parties du circuit secondaire sont équipées de pompes indépendantes prélevant l'eau dans un bassin de pompage alimenté par l'eau de la rivière Drac. Après passage dans les échangeurs, l'eau transite dans un collecteur commun aux différentes parties du circuit secondaire avant d'être rejetée dans le Drac.

Le circuit primaire étant en permanence en surpression par rapport au circuit secondaire, une fuite sur les échangeurs se traduit par l'écoulement dans le circuit secondaire, puis par le rejet dans le Drac, d'eau lourde chargée en tritium. Pour limiter ce rejet dans l'environnement, le système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs enclenche, sur détection d'activité dans le circuit secondaire, la fermeture des quatre vannes de l'échangeur en défaut : une vanne en amont et une vanne en aval et ce sur les circuits primaire et secondaire. Ce système est classé élément important pour la protection en lien avec la sûreté (EIP-S) de rang 2.

## 1.2. ISOLEMENT DE L'ENCEINTE

Le confinement du bâtiment réacteur (BR) est assuré par une double enceinte comprenant une enceinte interne en béton armé et une enceinte externe métallique. En situation normale de fonctionnement, l'enceinte interne est mise en légère dépression par rapport à l'atmosphère extérieure par le circuit de ventilation normale et le circuit des effluents gazeux, l'air extrait étant rejeté par une cheminée d'une hauteur de 45 m.

En cas de séisme, sur détection d'activité à l'intérieur de l'enceinte interne ou à la cheminée 45 m ou sur détection d'un niveau d'eau bas dans le circuit primaire, le système d'isolement de l'enceinte enclenche l'ordre de mise en sécurité du BR vis-à-vis de la fonction de confinement, ce qui se traduit en particulier par la fermeture des clapets d'admission et d'extraction d'air – entraînant l'arrêt de la ventilation normale et du circuit des effluents gazeux – et le démarrage du circuit de dégonflage sismique assurant le maintien en dépression de l'enceinte interne en situation accidentelle. Ce système est classé EIP-S de rang 2.

## 2. REMPLACEMENT DE L'ÉLECTRONIQUE NUMÉRIQUE DE TRAITEMENT DES MESURES

Le système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs ainsi que le système d'isolement de l'enceinte sont, compte tenu de leur classement en EIP-S de rang 2, soumis aux exigences de classe 2 de la norme CEI 61226 relative au classement de sûreté des équipements de contrôle-commande.

Or, l'ILL a identifié que le traitement des mesures d'activité de ces deux systèmes est réalisé par des appareils numériques à fonctionnalités limitées (ANFL) qui ne répondent pas à ces exigences.

L'ILL prévoit donc de remplacer les ANFL existants par des ANFL d'un autre modèle disposant d'une qualification datant de 1989 selon la norme CEI 62138 relative aux aspects logiciels des systèmes informatisés réalisant des fonctions de sûreté. L'ILL a justifié, au cours de l'expertise, que les principaux composants électroniques et le logiciel de ce modèle de remplacement n'avaient pas subi d'évolution depuis cette qualification. Par ailleurs,

l'IRSN considère que l'utilisation de la norme CEI 62138 pour démontrer le respect des exigences associées à la classe 2 de la norme CEI 61226, plutôt que la norme 62671 relative à la sélection et à l'utilisation des ANFL, norme habituellement utilisée pour les ANFL, est satisfaisante dans la mesure où elle s'adresse aux logiciels des réacteurs nucléaires de puissance généralement plus complexes que ceux présents dans les ANFL. **En conséquence, l'IRSN considère que le modèle d'ANFL retenu répond aux exigences associées à la classe 2 de la norme CEI 61226 et n'a pas objection à son utilisation dans des équipements de contrôle-commande classés EIP-S de rang 2 du RHF.**

### 3. APPLICATION DU CDU À LA FONCTION D'ISOLEMENT AUTOMATIQUE DES ÉCHANGEURS

Dans le cadre du réexamen périodique, l'ILL a défini une exigence de conformité au CDU pour le système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs, tout en identifiant que ce système n'y était pas conforme, ne disposant que d'une seule voie de commande. Par ailleurs, l'ILL a mis en exergue un risque de défaillance de ce système par mode commun sur ses sources d'alimentation électrique.

Pour traiter ces écarts, l'ILL prévoit de mettre en place une nouvelle voie de commande qui assurera, en redondance de la voie actuelle, la fermeture de la vanne d'isolement du circuit secondaire située en aval de l'échangeur. Cette nouvelle voie de commande et cette vanne qui sera actionnée par un distributeur pneumatique seront à sécurité positive, garantissant la fermeture de celle-ci en cas de perte des alimentations électriques et en air comprimé. Cette disposition permettra à l'ILL de ne pas classer EIP-S, au titre des systèmes supports aux systèmes classés, les alimentations électriques et pneumatique et de traiter le risque de défaillance par modes communs sur ces alimentations. Le système classé EIP-S (EIP-S2.29) de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs sera constitué, à l'issue de la modification, des capteurs de mesure d'activité au nombre de trois par échangeurs, de la nouvelle voie de commande (avec une logique 2/3) et de la vanne d'isolement secondaire située en aval, les trois autres vannes et le contrôle-commande actuel n'étant plus classés EIP-S.

**L'IRSN considère que ces dispositions sont favorables à la sûreté et traitent de manière satisfaisante le risque de défaillance par mode commun des alimentations électriques et pneumatique du système EIP-S de détection et d'isolement automatique des échangeurs du circuit primaire.**

Cependant, pour l'IRSN, la mise en sécurité positive d'une vanne ne permet pas d'exclure sa défaillance intrinsèque dans le cadre de l'application du CDU. À cet égard, l'ILL a indiqué au cours de l'expertise qu'une redondance fonctionnelle<sup>1</sup> de la fonction d'isolement automatique des échangeurs peut être assurée :

- hors situation de séisme, par la fermeture de la vanne secondaire amont et des deux vannes primaires de l'échangeur en défaut, et ce par la voie de commande actuelle ;
- en cas de séisme, par la fermeture automatique de la vanne de rejet au Drac, située en aval du collecteur commun aux différentes parties du circuit secondaire.

L'IRSN relève que ces dispositions ne sont pas conformes à la pratique en cours sur les réacteurs électrogènes du parc français, qui se traduit, lors de l'application à la conception du CDU pour le confinement des substances radioactives, par la mise en œuvre de matériels redondants pour les systèmes concernés. **L'IRSN convient cependant que la mise en œuvre d'une redondance fonctionnelle dans le cadre de l'application du CDU pour le système classé (EIP-S2.29) de détection et d'isolement automatique des échangeurs du circuit primaire peut être acceptable. Toutefois, l'IRSN considère que l'ILL doit justifier que les systèmes alors valorisés ont un niveau de fiabilité, de disponibilité et de performance sensiblement équivalent au système classé et**

---

<sup>1</sup> La redondance du système est alors assurée, non pas à l'intérieur du système (par des matériels redondants), mais par un autre système.

**permettent, au titre de l'aggravant, de garantir le respect des objectifs généraux de sûreté (OGS) pour l'ensemble des situations dans lesquelles la fonction d'isolement automatique des échangeurs est requise au titre de la démonstration de sûreté.**

Cette justification doit porter sur le contrôle-commande, les mécanismes de fermeture des vannes et les systèmes supports (alimentations électriques) et se traduire dans les règles générales d'exploitation (RGE) par la réalisation de contrôles et d'essais périodiques et par une gestion des indisponibilités appropriées.

Enfin, cette démonstration doit traiter les situations de rupture intrinsèque ou induite par un séisme d'un tube d'échangeur, ainsi que de perte des alimentations électriques externes en concomitance avec une fuite sur un échangeur.

**L'IRSN estime donc que les dispositions prévues par l'ILL pour assurer la mise en conformité de l'isolement des échangeurs vis-à-vis du CDU doivent être complétées et émet à ce titre la recommandation n° 1 formulée en annexe au présent avis.**

## **4. MODIFICATION DES SEUILS D'ALARME ET D'ENCLENCHEMENT DE L'ISOLEMENT DES ÉCHANGEURS**

La démonstration de sûreté actuelle s'appuie sur l'enclenchement de l'isolement de l'échangeur dès la détection d'une fuite de 0,2 l/h, lorsque le réacteur est en fonctionnement. Le seuil d'enclenchement automatique a été défini en conséquence à la conception de l'installation. Or, l'ILL a identifié dans le cadre de sa demande de modification que, compte tenu de l'instrumentation actuellement en place, le seuil d'enclenchement automatique actuel permettrait plutôt de détecter une fuite de l'ordre de 50 l/h.

L'ILL prévoit par conséquent de remplacer les capteurs d'origine par des capteurs plus performants, de type scintillateurs à iodure de sodium. Au cours de l'expertise, il a apporté une vérification de l'adéquation entre les performances de mesure de ces nouveaux capteurs et les énergies d'émission des rayonnements mesurés. **L'IRSN considère que l'utilisation des modèles des capteurs retenus est acceptable vis-à-vis des performances recherchées.**

L'ILL propose ensuite de redéfinir les seuils d'alarme et d'enclenchement automatique. À l'issue d'une campagne de mesures du bruit de fond, l'ILL a défini le nouveau seuil d'enclenchement automatique comme quatre fois le bruit de fond, ce qui correspond, lorsque le réacteur est en fonctionnement, à une fuite de 6,1 l/h pour les échangeurs principaux et de 0,94 l/h pour l'échangeur du circuit CRAB. Le nouveau seuil d'alarme est quant à lui égal à deux fois le bruit de fond.

**L'IRSN considère que la méthodologie mise en œuvre pour la définition des seuils et l'évaluation du débit de fuite correspondant à ces seuils est acceptable. Ceux-ci permettent par ailleurs de garantir le respect des OGS, en permettant en particulier aux opérateurs, pour des débits de fuite inférieurs au seuil d'isolement automatique, de disposer d'un délai suffisant avant d'intervenir, ce qui est satisfaisant.**

Cependant, les seuils ont été définis à partir d'une valeur de bruit de fond issue de mesures de doses cumulées sur des détecteurs en verre sensibles aux rayonnements ionisants et non du bruit de fond mesuré par les nouveaux capteurs, ce qui est contraire aux règles de l'art. Par ailleurs, au cours de l'expertise, l'ILL a indiqué que le bruit de fond mesuré par l'un des nouveaux capteurs, déjà mis en place dans les conditions d'exploitation, est sept fois inférieur à celui évalué à partir des dosimétries passives. **L'IRSN considère donc que l'ILL doit revoir les seuils d'alarme et d'enclenchement automatique en tenant compte de la mesure du bruit de fond obtenue avec l'ensemble des nouveaux capteurs afin de limiter autant que raisonnablement possible le rejet d'eau lourde en cas de fuite. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 formulée en annexe au présent avis.**

## 5. MODIFICATION DE L'EXIGENCE DE TEMPS DE RÉPONSE DE L'ISOLEMENT DES ÉCHANGEURS

L'ILL prévoit de redéfinir l'exigence de temps de réponse du système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs du circuit primaire afin de permettre la mise en place éventuelle, en fonction des résultats des essais de mise en service, d'une temporisation afin de se prémunir des enclenchements intempestifs. L'exigence de temps de réponse pour la fermeture de la vanne (incluant le temps de réponse de l'ensemble du système) sera portée de 15 à 30 secondes.

Sur la base de ses propres évaluations, l'IRSN considère que l'exigence de temps de réponse de 30 secondes, lorsque l'isolement des échangeurs est assuré par la vanne d'isolement secondaire aval, est acceptable au regard des OGS. L'ILL devra s'assurer, dans le cadre de la prise en compte de la recommandation n° 1, que les OGS restent respectés lorsque la fonction d'isolement automatique des échangeurs est assurée par la redondance de la vanne secondaire aval.

## 6. ANALYSE DE RISQUE LIÉE À LA RÉALISATION DES TRAVAUX

**Le séquençement des travaux n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Pour ce qui concerne le remplacement des ANFL assurant le traitement numérique des mesures d'activité du système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs et du système d'isolement de l'enceinte, l'ILL remplacera intégralement, afin de réduire la durée des indisponibilités, les trois armoires de contrôle-commande existantes abritant chacune l'une des trois voies de mesures d'activité de ces systèmes. Les armoires seront remplacées l'une après l'autre, ce qui rendra indisponible à chaque remplacement une voie sur trois de ces systèmes et du tableau de contrôle des rayonnements (TCR), qui assure l'affichage en salle de commande des mesures d'activité dans le BR. La durée prévisionnelle des travaux est de trois fois un mois.

Afin de prévenir les risques d'enclenchement intempestif du système d'isolement de l'enceinte, certains composants étant sensibles à la présence humaine, l'ILL prévoit de rendre indisponible l'enclenchement de ce système sur détection d'activité dans le hall d'exploitation ou à la cheminée 45 m. Ce système étant requis par la RGE n° 10 qui doit être appliquée lorsque le réacteur est en arrêt prolongé, l'ILL demande une dérogation pendant la durée des travaux. L'ILL précise qu'une consigne provisoire d'enclenchement manuel sera mise en œuvre et que les autres modes d'enclenchement automatique resteront disponibles, en particulier sur détection de séisme. Les travaux auront lieu lorsque l'ensemble des EC irradiés seront entreposés sous eau dans les casiers de la piscine dédiée, conditions dans lesquelles l'IRSN relève que le refroidissement des EC est assuré de manière robuste, sans moyens actifs à court et moyen termes. En outre, l'ILL a indiqué, au cours de l'expertise, que les opérations présentant un risque de dissémination de substances radioactives ne seront pas réalisées pendant la durée des travaux. **L'IRSN considère, au regard des dispositions compensatoires mises en œuvre, que l'indisponibilité de trois fois un mois de l'enclenchement automatique de l'isolement de l'enceinte sur détection d'activité dans le hall d'exploitation ou à la cheminée 45 m est acceptable.**

Dans ces conditions, le système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs n'est par ailleurs pas requis. S'agissant du TCR, l'IRSN considère que l'indisponibilité de l'une des trois voies de ce système est acceptable compte tenu des conditions d'entreposage des EC et de l'absence d'activités à risque de dissémination.

Pour les autres phases de travaux relatifs au seul système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs, les opérations seront réalisées réacteur à l'arrêt et avec le cœur déchargé. Dans ces conditions, ce système n'est pas requis au titre de la RGE n° 10, **ce qui n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

## 7. CONCLUSION

L'IRSN considère que la réalisation de la modification présentée par l'ILL du système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs du circuit primaire en eau lourde ainsi que du système d'isolement de l'enceinte du bâtiment réacteur est favorable pour la sûreté, mais n'est pas suffisante pour mettre en conformité au critère de défaillance unique le système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs du circuit primaire. L'IRSN estime en effet que la mise en sécurité positive de la fermeture de la vanne d'isolement secondaire en aval de chaque échangeur ne permet pas d'exclure la défaillance de celle-ci et que, à ce titre, l'ILL doit justifier d'une redondance fonctionnelle, les équipements valorisés devant alors présenter un niveau de fiabilité, de disponibilité et de performance sensiblement équivalent au système classé et permettre de garantir, au titre de l'aggravant, le respect des objectifs généraux de sûreté pour l'ensemble des situations dans lesquelles la fonction d'isolement automatique des échangeurs est requise au titre de la démonstration de sûreté.

En outre, l'IRSN estime nécessaire que l'ILL revoie les seuils d'alarme et d'enclenchement automatique de ce système au regard de la valeur du bruit de fond qui sera mesurée par les nouveaux capteurs de mesure d'activité en aval du circuit secondaire, afin de limiter au mieux les rejets d'eau lourde dans l'environnement en cas de fuite dans un échangeur.

Par ailleurs, l'IRSN estime acceptable de porter l'exigence de temps de réponse du système de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs à 30 secondes, ce qui donnera la possibilité à l'ILL de mettre en place une temporisation pour éviter les enclenchements intempestifs.

Enfin, l'IRSN estime acceptables les dispositions prévues par l'ILL pour la sûreté de l'installation lors de la réalisation des travaux de réalisation de la modification, notamment vis-à-vis de l'indisponibilité d'une partie du système d'isolement de l'enceinte, rendue nécessaire par les opérations de remplacement des appareils numériques à fonctionnalité limitée.

### IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

## **ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2021-00038 DU 05 MARS 2021**

### **Recommandations de l'IRSN**

#### **Recommandation n° 1**

L'IRSN recommande que l'ILL mette en place des dispositions garantissant la redondance de la fonction d'isolement automatique des échangeurs du circuit primaire du RHF assurée par les vannes secondaires situées en aval des échangeurs classées de sûreté, pour l'ensemble des situations de fonctionnement pour lesquelles cette fonction est requise, en particulier en cas de séisme et en cas de perte des alimentations électriques externes. L'ILL devra justifier que les équipements valorisés disposent d'un niveau de fiabilité, de disponibilité et de performance sensiblement équivalent à celui du système classé de détection de fuite et d'isolement automatique des échangeurs. L'ILL devra en outre démontrer le respect des OGS en cas de fuite dans un échangeur en considérant au titre de l'aggravant la défaillance de la vanne secondaire aval.

#### **Recommandation n° 2**

L'IRSN recommande que l'ILL abaisse autant que raisonnablement possible les seuils d'alarme et d'enclenchement automatique de l'isolement des échangeurs du circuit primaire du RHF en prenant en compte le bruit de fond mesuré par les nouveaux capteurs de mesure d'activité à leur mise en service.