

Fontenay-aux-Roses, le 13 janvier 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN N° 2016-00007**

**Objet :** Institut Laue-Langevin - Réacteur à haut flux (INB n° 67)  
Mise en service du circuit de dégonflage sismique (CDS) en mode actif et du circuit de gonflage de l'espace annulaire sismique (GAS)

**Réf. :**

1. **Saisine ASN CODEP-DRC-2015-025659 du 27 juillet 2015**
2. Décision ASN n°2013-DC-0381 du 21 novembre 2013
3. Lettre ASN CODEP-DRC-2013-047773 du 23 août 2013
4. Décision ASN n°2012-DC-0312 du 10 juillet 2012

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en référence 1, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a évalué les modifications du réacteur à haut flux (RHF) relatives à la mise en service du « circuit de dégonflage sismique » (CDS) en mode actif et à la mise en service du « circuit de gonflage de l'espace annulaire sismique » (GAS), déclarées par l'Institut Laue-Langevin (ILL), exploitant du RHF, au titre de l'article 26 du décret 2007-1557 du 2 novembre 2007.

La mise en service de ces circuits s'inscrit dans le cadre du renforcement du RHF que l'ILL s'est engagé à mener au titre du retour d'expérience de l'accident survenu à la centrale de Fukushima-Daiichi.

Le circuit CDS, élément du « noyau dur » du RHF, vise à limiter les rejets de substances radioactives en cas d'accident de fusion de combustible. Le CDS est conçu pour dépressuriser l'enceinte du bâtiment réacteur après un tel accident puis maintenir une légère dépression à l'intérieur du bâtiment réacteur de façon à éviter les fuites directes non filtrées vers l'environnement.

Le circuit GAS complète les dispositions de confinement dynamique de l'enceinte interne du bâtiment réacteur. Son rôle est de maintenir une surpression dans l'espace annulaire compris entre les deux enceintes du RHF (enceinte interne en béton et enceinte externe en métal). Ce circuit participe également au maintien de la stabilité de l'enceinte métallique en cas d'agression telle que le séisme notamment. Il convient de souligner que l'enceinte métallique assure en particulier un rôle de supportage d'une partie du circuit CDS.

Les dossiers transmis par l'ILL en support des déclarations de modification susmentionnées n'intègrent pas les mises à jour des éléments du référentiel de sûreté du RHF, tels que les règles générales d'exploitation. Ces éléments feront l'objet d'envois ultérieurs de la part de l'ILL en vue de la mise en service définitive du nouveau poste de contrôle et de secours (appelé PCS 3) construit entre 2012 et 2013 depuis lequel les circuits CDS et GAS seront notamment pilotés.

**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

L'ASN souhaite que l'IRSN examine plus particulièrement :

- les principaux équipements composant le CDS et le GAS (dimensionnement, qualification et essais périodiques) et leur contrôle-commande ;
- la modification des seuils radiologiques de déclenchement automatique de l'isolement de l'enceinte ;
- la tenue de l'enceinte métallique qui assure le supportage et la protection des équipements du CDS en cas d'aléas extrêmes (séisme et inondation notamment) et d'explosion induite ;
- l'efficacité du CDS et la pertinence de la stratégie de gestion de la ventilation à l'égard de l'objectif de limitation des conséquences radiologiques pour le public et l'environnement en cas d'accident grave.

De l'examen par l'IRSN des dossiers transmis par l'ILL, complété par les informations recueillies au cours de l'instruction, l'IRSN retient les conclusions développées ci-après.

\*

L'IRSN considère que la conception des équipements constitutifs du CDS et du GAS est globalement conforme aux exigences de sûreté et aux principes de dimensionnement présentés précédemment par l'ILL dans le cadre du dossier d'options de sûreté transmis en 2013.

#### Tenue au séisme extrême

Concernant les dispositions retenues pour le dimensionnement au séisme des tuyauteries, l'IRSN considère qu'un certain nombre d'éléments complémentaires sont nécessaires pour justifier du dimensionnement de certains flexibles et compensateurs du CDS à l'égard du séisme de niveau « noyau dur ». Ceci fait l'objet de la recommandation n°1 formulée en annexe n°1 au présent avis.

Concernant la cheminée du CDS, l'IRSN estime, sur la base des éléments transmis par l'ILL et de sa propre analyse du comportement de cette structure, que la conception de celle-ci permet d'assurer sa stabilité en cas de séisme de niveau « noyau dur » (SND) et pour les situations de service postérieures à un SND. Toutefois, l'IRSN estime que la justification du dimensionnement de la cheminée présentée par l'ILL devrait être complétée. Ceci fait l'objet de l'observation n°1 formulée en annexe n°2 au présent avis.

Enfin, l'ILL doit encore vérifier que les résultats des essais de qualification sismique prévus par l'ILL sur table vibrante, mais non encore aboutis, sont satisfaisants. Ces essais concernent l'armoire de contrôle-commande « confinement » du PCS 3 et le système de prélèvement et de mesure situé sur la cheminée du CDS.

#### Tenue à l'inondation extrême

Pour ce qui concerne l'inondation extrême de niveau « noyau dur », l'IRSN considère que la partie de tuyauterie du CDS cheminant dans l'espace annulaire susceptible d'être inondé dans cette situation a été dimensionnée de manière satisfaisante.

### Tenue à l'explosion externe

Concernant l'agression par une explosion d'origine externe susceptible d'être induite par les situations « noyau dur », l'ILL a retenu un chargement statique de 200 mbar en référence auquel il a vérifié le dimensionnement des tuyauteries du CDS et du GAS, ce qui n'appelle pas de remarque de l'IRSN. Toutefois, l'évaluation par l'IRSN, de 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, est actuellement en cours.

### Contrôle-commande

S'agissant du contrôle-commande, l'IRSN estime que les choix d'architecture et les exigences de conception déclinés par l'ILL sont cohérents avec les principes annoncés antérieurement par l'ILL pour les systèmes opérant les fonctions principales du CDS (de prime abord la mise en dépression de l'enceinte en situation accidentelle).

**Toutefois, pour les équipements programmés du contrôle-commande en lien avec le CDS (afficheurs, convertisseurs et déclencheurs à seuil), des compléments visant à justifier le respect des exigences de conception dont ces équipements sont redevables sont nécessaires. Ceci fait l'objet de la recommandation n°2 formulée en annexe n°1 au présent avis.**

En complément, pour l'IRSN, les dispositions matérielles retenues au titre de la fonction de minimisation des rejets doivent relever du même niveau d'exigences que celui applicable aux fonctions principales du CDS. Or, les dispositions matérielles retenues pour les chaînes de mesures des gaz rares, qui interviennent dans la minimisation des rejets, ne satisfont pas les exigences attendues et précisées dans la norme CEI 62138 pour des équipements programmés prédéveloppés. Toutefois, l'IRSN considère acceptable à ce stade cette situation compte tenu de la diversité des moyens de détection d'une activité radiologique mis en œuvre (mesure des gaz rares, iodes et aérosols) et de la séparation géographique de ces moyens dans l'installation. Cependant, afin de renforcer la fiabilité de la détection des gaz rares qui constitue notamment une source de détection précoce d'un accident, **une diversification technologique des chaînes de mesures des gaz rares mériterait d'être mise en œuvre. Ceci fait l'objet de l'observation n°2 formulée en annexe n°1 au présent avis.**

Ces dispositifs de mesure des gaz rares doivent être opérationnels pour toutes les situations accidentelles envisagées. **Dans ce cadre, l'IRSN estime que l'ILL devrait confirmer l'adéquation de la plage de fonctionnement du dispositif de mesure des gaz rares dans l'enceinte réacteur avec les niveaux d'activité attendus en situation accidentelle. Ceci fait l'objet de l'observation n°3 formulée en annexe n°2 au présent avis.**

### Qualification aux rayonnements ionisants

L'IRSN considère que les dispositions retenues par l'ILL pour la qualification aux rayonnements ionisants des équipements constitutifs du circuit CDS sont acceptables. En particulier, la démarche de calcul des doses susceptibles d'être reçues par les équipements du CDS en situation accidentelle et retenues pour leur qualification est pénalisante même si l'exploitant n'a pas pris en compte les dépôts de substances radioactives dans les locaux de l'installation lors d'un l'accident. **A cet égard, l'IRSN estime que l'ILL devrait s'assurer que la prise en compte de ces dépôts ne remettrait pas en cause le caractère**

conservatif des doses retenues pour la qualification des équipements radiosensibles. *Ceci fait l'objet de l'observation n°4 formulée en annexe n°2 au présent avis.*

\*

En lien avec la déclaration de mise en service du CDS, l'ILL a transmis une modification des seuils radiologiques de déclenchement de l'isolement automatique de l'enceinte. Cette modification n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.

\*

Le caractère fonctionnel et opérationnel du CDS en cas de situations « noyau dur » est en particulier subordonné au comportement sismique de l'enceinte métallique dans ces situations, l'enceinte assurant notamment une protection et un rôle de supportage du CDS. Ainsi, l'ILL a étudié la stabilité de l'enceinte métallique en cas de séisme et d'inondation externe.

L'IRSN considère que la démonstration de l'absence de risque de flambement de l'enceinte métallique en cas de séisme majoré de sécurité (SMS) et de séisme « noyau dur » (SND) est satisfaisante pour ce qui concerne les situations d'exploitation du réacteur pour lesquelles l'espace annulaire est en pression à 135 mbar.

En revanche, l'analyse menée par l'ILL, basée sur des méthodes conventionnelles, montre que l'enceinte métallique du RHF pourrait flamber en cas de SMS<sup>1</sup> si le séisme survenait lors de situations particulières d'exploitation (opérations de maintenance par exemple) pour lesquelles l'espace annulaire n'est pas pressurisé. Or un accident grave avec fusion de combustible (dénoyage d'éléments combustibles en piscine ou en canal) est aussi à considérer dans ces situations pour lesquelles le réacteur est à l'arrêt. **Ceci remet en cause le respect d'une exigence de sûreté assignée à l'enceinte métallique en cas de séisme, au titre notamment de la fonction de supportage du CDS prévu pour limiter les conséquences d'un tel accident. A cet égard, l'ILL doit prendre les dispositions nécessaires pour traiter cet écart à la démonstration de sûreté du RHF.**

S'agissant de l'étude du comportement de l'enceinte métallique au séisme extrême lorsque l'espace annulaire n'est pas pressurisé, l'ILL a eu recours à une méthode d'analyse dynamique temporelle, qui ne fait pas partie des méthodes d'analyse conventionnelles usuellement mises en œuvre pour l'étude du risque de flambement d'une structure appartenant à une installation nucléaire. Même si l'IRSN convient que des méthodes moins conventionnelles peuvent être utilisées pour étudier le comportement de structures existantes à une agression extrême telle que le séisme de niveau « noyau dur », **l'IRSN considère que l'applicabilité de la méthode dynamique temporelle au cadre d'une analyse du phénomène de flambement n'est pas acquise. Ceci fait l'objet de la recommandation n°3 formulée en annexe n°1 au présent avis.**

---

<sup>1</sup> Et a fortiori au SND.

Sur la base de ce qui précède, la justification à l'égard du comportement de l'enceinte en cas de répliques sismiques n'est pas à ce stade apportée. En effet, la gestion du confinement lors d'un accident conduit à une diminution de la pression dans l'espace annulaire. Dans l'état actuel des éléments disponibles, une vérification de la stabilité de l'enceinte métallique s'avère nécessaire :

- avec des valeurs de pression cohérentes avec la gestion du confinement (CDS-GAS) dans l'espace annulaire en cas de réplique suite à un SMS ;
- en considérant une pression nulle après un séisme de niveau SND étant donné l'absence de maintien de l'étanchéité de l'enceinte dans ce dernier cas.

**La démonstration de la tenue au séisme de l'enceinte métallique dans ces situations n'étant pas acquise, ceci conduit à la recommandation n°4 formulée en annexe n°1 au présent avis.**

A l'égard du risque d'inondation extrême, l'ILL a présenté une étude du comportement de l'enceinte métallique en considérant, d'une part le cas où l'espace inter-enceintes est pressurisé à 135 mbar, d'autre part lorsque celui-ci n'est pas pressurisé, qui ne permet pas de démontrer la tenue structurelle de cette enceinte. A cet égard, l'ILL envisage de modifier l'installation mais n'a pas à ce stade retenu de solution technique.

Concernant la tenue de l'enceinte métallique aux explosions externes induites par un aléa extrême, l'ILL doit encore produire des éléments de justification afin de répondre complètement à la demande n°2 du courrier de l'ASN cité en référence 3.

\*

Les dispositions de mise en service des circuits CDS (en mode actif) et GAS décrites par l'ILL relèvent d'une stratégie de pilotage de la ventilation en situation accidentelle qui diffère de la stratégie dite « historique ». En effet, la stratégie « historique » qui consistait, en cas d'accident avec fusion de combustible, à isoler l'enceinte pendant quelques heures puis à procéder à des rejets filtrés, s'est révélée insuffisante depuis que l'ILL a identifié des fuites directes du bâtiment réacteur<sup>2</sup> plus importantes qu'attendues. Ce constat, datant de quelques années, a conduit l'ILL à définir progressivement une nouvelle stratégie de mise en dépression de l'atmosphère de l'enceinte en cas d'accident afin de réduire au maximum les rejets radioactifs par fuites directes en cas d'accident grave. Au début de l'année 2015, la possibilité de dégonfler de manière passive l'enceinte via le CDS était ainsi opérationnelle.

La stratégie de pilotage du confinement via le CDS en mode actif retenue par l'ILL est basée sur la mise en œuvre automatique de ce système en particulier en cas de détection d'un séisme ou d'une activité radiologique dans l'atmosphère de l'enceinte du réacteur. Cette stratégie consiste à dépressuriser l'enceinte du bâtiment réacteur après un accident de fusion de combustible puis à maintenir une légère dépression à l'intérieur du bâtiment réacteur de façon à éviter les fuites directes non filtrées vers l'environnement.

D'importants volumes d'air contaminé à l'intérieur de l'enceinte sont ainsi extraits afin d'en assurer la filtration puis le rejet à la cheminée située sur le dôme de l'enceinte métallique. **De l'évaluation des études réalisées par l'ILL, complétée par ses propres calculs, l'IRSN retient que la gestion**

---

<sup>2</sup> Entre l'atmosphère interne de l'enceinte béton et l'extérieur.

**accidentelle du confinement avec mise en service automatique du CDS est préférable, du point de vue de la limitation des conséquences d'un accident grave avec fusion de combustible, à la stratégie « historique » précitée.**

En complément et dans le cadre de la gestion d'une situation d'accident grave, la reprise en manuel du pilotage des circuits CDS et GAS par les opérateurs est de nature à permettre une minimisation des rejets par une diminution du débit d'air extrait de l'enceinte de confinement adaptée à l'état réel de l'installation accidentée et aux conditions météorologiques au moment de la situation accidentelle. À cet effet, le suivi du débit de gonflage et les mesures de pression dans l'enceinte et dans l'espace annulaire pourraient permettre de fournir une appréciation du niveau d'étanchéité global des deux enceintes en situation post-accidentelle. Par ailleurs, les essais de qualification du CDS et du GAS permettront de définir différentes plages de fonctionnement de ces systèmes de ventilation en fonction de l'étanchéité actuelle des enceintes du RHF. Les dispositions permettant d'optimiser la gestion du confinement et de la crise en situation accidentelle devront figurer dans la documentation opérationnelle correspondante.

\* \*  
\*

En conclusion, l'IRSN considère que les modifications déclarées par l'ILL, relatives à la mise en service du CDS et du GAS, renforcent la maîtrise du confinement du RHF en situation accidentelle et constituent ainsi une amélioration de la sûreté de l'installation.

En complément, les modifications des seuils radiologiques de déclenchement de l'isolement automatique de l'enceinte demandées par l'ILL n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.

En conséquence, l'IRSN estime acceptable, du point de vue de la sûreté, les modifications de l'installation telles que déclarées par l'ILL au titre de l'article 26 du décret 2007-1557 du 2 novembre 2007. Toutefois, la mise à jour des éléments du référentiel d'exploitation relatifs à ces modifications de l'installation n'a pas été transmise dans le cadre de la présente instruction.

Par ailleurs, compte tenu des éléments transmis par l'ILL à ce stade, l'IRSN estime que, sous réserves des recommandations n°1 à 4 formulées en annexe n°1, la conception des équipements du CDS et du GAS<sup>3</sup>, est conforme aux exigences applicables aux équipements du noyau dur définies par la prescription [ILL-INB67-ND-01] de la décision citée en référence 2. L'aléa sismique retenu pour leur dimensionnement s'inscrit pleinement dans les exigences de la prescription [ILL-INB67-ND-02].

A cet égard, l'IRSN considère que les éléments transmis par l'ILL pour justifier de la fonctionnalité du CDS et du GAS dans les situations où ils sont requis s'inscrivent dans le cadre des exigences définies par la prescription [ILL-INB67-ND-04] de la décision citée en référence 2 sous réserve que l'ILL :

- complète la démonstration relative à certains équipements de tuyauteries de ces circuits (cf. recommandation n°1) ;
- apporte des éléments complémentaires relatifs à la qualification fonctionnelle de certains équipements programmés du contrôle-commande (cf. recommandation n°2) ;

---

<sup>3</sup> L'ILL n'a formellement pas intégré le circuit GAS au noyau dur du RHF mais l'a globalement conçu et construit selon des exigences « noyau dur ».

- justifie le bon comportement de l'enceinte métallique en cas de séisme (cf. recommandations n°3 et 4), conformément notamment à la prescription [ILL-INB67-ND-05].

Toutefois, l'ILL doit encore produire des éléments pour justifier la tenue de l'enceinte métallique aux explosions externes induites par un aléa extrême afin de répondre complètement à la demande n°2 du courrier de l'ASN cité en référence 3. Par ailleurs, la réponse de l'ILL à la prescription [ILL-INB67-ECS-09] de la décision citée en référence 4 portant sur la prise en compte du risque d'agression du RHF par son environnement industriel est en cours d'instruction par l'IRSN. Enfin, l'exploitant doit préciser les dispositions qu'il prévoit de mettre en place pour protéger le RHF de l'inondation extrême lorsque l'enceinte n'est pas pressurisée.

Enfin, le dossier présenté par l'ILL montre que la démonstration de la tenue de l'enceinte n'est pas acquise en cas de SMS, dans les situations où l'espace inter-enceintes n'est pas pressurisé. Ceci remet en cause le respect d'une exigence de sûreté assignée à l'enceinte métallique en cas de séisme et par conséquent la fonction de supportage du CDS prévu pour limiter les conséquences d'un accident dans de telles situations. A cet égard, l'ILL doit prendre les dispositions nécessaires pour traiter cet écart à la démonstration de sûreté du RHF.

Pour le Directeur général, par ordre,

Franck BIGOT

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

**Recommandations**

- 1- L'IRSN recommande que l'ILL vérifie que les flexibles et les compensateurs du circuit CDS seront aptes à supporter les déplacements et les rotations engendrés par les tuyauteries auxquelles ils sont raccordés compte tenu de l'ensemble des chargements à considérer (poids propre, dilatation thermique, vent, séisme, etc.) et des déplacements de l'enceinte métallique.
- 2- Concernant les équipements programmés en lien avec le circuit CDS (afficheurs, convertisseurs et déclencheurs à seuil), l'IRSN recommande que l'ILL :
  - garantisse que les fonctions annexes introduites notamment à des fins de diagnostic ne perturberont pas la fonction principale et conduiront à des modes de repli définis et détectables par les opérateurs,
  - justifie que les caractéristiques clés de fonctionnement de ces équipements, telles que les temps de réponse maximaux et les besoins maximaux en ressources, sont adaptées à l'ensemble des modes de fonctionnement (fonctionnement nominal, modes dégradés, de repli et perturbations au niveau de ses interfaces).
- 3- L'IRSN recommande que l'ILL justifie l'applicabilité de la méthode dynamique temporelle au cadre d'une analyse sismique de structures. En particulier, l'IRSN recommande que l'ILL présente un cas test d'application de cette méthode sur une structure de type coque avec l'objectif de reproduire les phénomènes de flambement attendus en cas de séisme.
- 4- L'IRSN recommande que l'ILL justifie la tenue de l'enceinte métallique en cas de répliques sismiques.

**Observations à prendre en compte dans le cadre de la mise en service du CDS et du GAS**

1. Dans le cadre de la mise à jour de la note de justification du dimensionnement de la cheminée du CDS pour la constitution du dossier « tel que construit », l'ILL devrait :
  - considérer les coefficients de sécurité définis dans l'Eurocode EC3 partie 3-2 ;
  - justifier les assemblages boulonnés vis-à-vis de l'état limite de fatigue ;
  - justifier les assemblages soudés à l'égard de l'état limite ultime et l'état limite de fatigue ;
  - vérifier la pression diamétrale des assemblages en considérant la résistance ultime des profilés en cohérence avec l'Eurocode EC3 partie 1-8.
2. L'ILL devrait mettre en œuvre une diversification technologique des chaînes de mesures « gaz rares » qui interviennent dans les actions de minimisation des rejets en situation accidentelle.
3. L'ILL devrait justifier, à l'aide de calculs (méthode de type Monte Carlo) ou au moyen d'étalonnages, l'adéquation de la plage de fonctionnement du dispositif de mesure des gaz rares dans l'enceinte réacteur avec les niveaux d'activité attendus en situation accidentelle.
4. L'ILL devrait s'assurer que la prise en compte des activités surfaciques déposées sur le sol et les parois (planchers et parois verticales du hall réacteur) lors d'une situation « noyau dur » avec fusion de combustible ne remet pas en cause le caractère conservatif des doses retenues pour la qualification des équipements radiosensibles.