



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 23 février 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00030

Objet :	Institut Laue-Langevin INB n° 67 – Réacteur à haut flux Caractérisation de la qualité du béton dans les zones d'emprise des ancrages installés sur la coupole du bâtiment réacteur.
Réf. :	[1] Lettre ASN - CODEP-DRC-2023-003574 du 18 janvier 2023. [2] Avis IRSN n° 2022-00132 du 29 juin 2022. [3] Décision ASN - CODEP-DRC-2022-032915 du 13 juillet 2022.

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier transmis fin 2022 par l'Institut Laue-Langevin (ILL), exploitant de l'installation nucléaire de base (INB) n° 67, en vue de la mise en charge des ancrages récemment mis en place sur la coupole de l'enceinte en béton du bâtiment réacteur (BR) pour la modification du pont principal de l'installation.

1. CONTEXTE

L'INB n° 67, située à Grenoble, est un réacteur de recherche appelé « réacteur à haut flux » (RHF) destiné à la production de faisceaux de neutrons utilisés pour des programmes de recherche scientifique.

Le confinement du BR du RHF est assuré par une double enceinte comprenant une enceinte interne en béton armé et une enceinte externe métallique. L'enceinte interne participe ainsi à la troisième barrière de confinement des substances radioactives présentes à l'intérieur du BR. La partie supérieure de cette enceinte, appelée « coupole », mesure 60 m de diamètre et est constituée de dalles de béton armé préfabriquées recouvertes d'une couche complémentaire de béton armé, appelé « béton deuxième phase ».

En 2021, l'ILL a transmis une demande d'autorisation de modification de la coupole susmentionnée afin d'y installer deux ancrages de manutention pour permettre les opérations de levage nécessaires au remplacement du chariot du pont polaire principal du BR prévu fin 2023. Chaque ancrage est composé de deux platines, disposées de part et d'autre de l'épaisseur de béton de la coupole et fixées entre elles au moyen de quatre tiges filetées précontraintes traversant la coupole. La mise en œuvre de la modification précitée comprend la réalisation d'une épreuve de mise en charge à 19,5 t de chaque ancrage nécessaire à la qualification de ces derniers à leur charge maximale d'utilisation. L'installation et la mise en charge des ancrages ont fait l'objet de l'avis de l'IRSN cité en deuxième référence et ont été autorisées, en juillet 2022, par la décision de l'ASN citée en troisième référence.

MEMBRE DE
ETSON

Lors de la mise en place des ancrages en octobre 2022, un défaut du béton de la coupole est suspecté par l'ILL qui décide alors de suspendre les travaux et d'alerter l'ASN. En effet, à l'issue de carottages réalisés dans la coupole pour insérer les tiges filetées des ancrages, la présence d'une zone friable localisée à l'interface entre les dalles préfabriquées et le béton deuxième phase conduit l'ILL à émettre l'hypothèse d'une décohésion entre ces deux phases constitutives de la coupole. Dans ce contexte, l'ASN a demandé à l'ILL de caractériser plus avant le défaut présumé et, dans l'attente des conclusions correspondantes, a suspendu l'accord délivré par la décision susmentionnée.

En réponse à cette demande, l'ILL a transmis, fin décembre 2022, un dossier de caractérisation de l'état du béton de la coupole, comprenant des résultats d'examens destructifs et non destructifs. Ce dossier vise notamment à justifier que la décohésion initialement présumée n'est pas avérée et que les propriétés du béton dans les zones d'emprise des ancrages permettent la mise en charge de ceux-ci telle qu'autorisée par la décision de l'ASN citée en troisième référence.

En réponse à la saisine de l'ASN, l'IRSN a examiné les éléments présentés par l'ILL pour confirmer l'absence, dans les zones d'emprise des ancrages, d'altération du béton telle qu'initialement présumée à l'interface entre les couches inférieures et supérieures de la coupole.

De l'expertise réalisée, l'IRSN retient les principaux points développés ci-après.

2. CARACTÉRISATION DU BÉTON DE LA COUPOLE DANS LES ZONES D'EMPRISE DES ANCRAGES

2.1. DOSSIER DE L'ILL

Afin de caractériser le béton des zones d'emprise des ancrages, l'ILL a réalisé plusieurs types d'examen :

- des examens non-destructifs (END) à l'aide d'un tomographe à ultrasons visant à détecter la présence de vides ou de zones de densité différente ;
- des END à l'aide d'un géoradar afin de détecter les aciers d'armature du béton ;
- trois carottages dans chacune des zones d'emprise des ancrages (soit six carottages au total), de 6 cm de diamètre, réalisés depuis l'extrados de la coupole et de profondeur suffisante pour inclure le béton deuxième phase, l'interface et la partie supérieure des dalles de béton préfabriquées. L'ILL précise dans son dossier que l'intégrité du ferrailage de la coupole a été préservée lors de ces carottages, tout en indiquant que deux de ces carottes se sont désolidarisées de la coupole lors du carottage (les quatre autres sont restées solidaires de la coupole et en ont été extraites *via* des essais d'arrachement¹) ;
- un décaissement partiel du béton deuxième phase sur une zone d'environ 15 x 20 cm².

De l'analyse des résultats obtenus à l'issue de ces examens, l'ILL conclut à la présence de petites singularités localisées correspondant à des bulles d'air piégées à l'interface rugueuse entre les deux phases de béton. D'après les résultats des END réalisés par tomographe, ces bulles sont concentrées dans des zones de faible étendue dites zones de porosité, peu nombreuses et réparties de manière non uniforme. De l'observation des carottes réalisée par l'ILL, le béton est considéré homogène et le bullage identifié à l'interface n'est pas significatif (les bulles d'air ont une taille de l'ordre de quelques millimètres, parfois allongées dans une direction sur 1 ou 2 cm). L'observation des surfaces d'arrachement des carottes qui ont rompu au niveau de l'interface met en outre en évidence des zones de porosité avec plusieurs bulles proches les unes des autres, corroborant les résultats

¹ Lors de ces essais, l'ILL a mesuré la résistance en traction nécessaire pour extraire ces carottes.

obtenus par END réalisés par tomographe. Par ailleurs, le dossier de l'ILL précise que le béton ne présente aucune indication visible pouvant être le signe d'une pathologie² du béton.

Sur la base de ces différents éléments, l'ILL exclut l'hypothèse de décohésion entre les deux phases de béton de la coupole et conclut que l'observation initiale d'une zone friable est liée aux conditions de réalisation des trous de passage des tiges filetées des ancrages. L'ILL indique à cet égard que les carottages initiaux³, de diamètre 3,2 cm, ont été réalisés dans un béton pré-percé par des trous de 1 cm de diamètre, eux-mêmes effectués pour le positionnement de ces carottages. Par ailleurs, étant donné que le diamètre des carottages initiaux est du même ordre de grandeur que la dimension caractéristique des graviers du béton, l'ILL considère que le carottage a conduit à la désolidarisation d'un gravier lequel, entraîné lors du carottage, aurait dégradé le béton à l'interface entre les deux phases, conduisant alors l'ILL à observer la présence d'une couche friable localisée.

2.2. EXPERTISE DE L'IRSN

L'IRSN estime en premier lieu que, si les six carottages de gros diamètre (6 cm) réalisés par l'ILL dans le cadre des investigations ne permettent pas de caractériser intégralement l'état du béton dans les zones d'emprise des ancrages, ils permettent néanmoins d'apporter certaines assurances visuelles quant à l'homogénéité du béton et l'adhérence entre la partie préfabriquée de la coupole et le béton deuxième phase. De petites cavités sont observées sur les carottes avec des bulles d'air à l'interface, mais leurs dimensions et leur nombre sont faibles.

Pour ce qui concerne la présence éventuelle d'une pathologie de béton telle que la Réaction Alkali Granulats (RAG) dans les zones d'emprise des ancrages, l'IRSN souligne que l'auscultation visuelle des carottes réalisée par l'ILL n'est pas suffisante pour être conclusif et que des investigations complémentaires s'avéreraient nécessaires. Il convient de rappeler à cet égard que la RAG est une réaction chimique entre certaines formes de silice et de silicate pouvant être présentes dans les granulats et les alcalins du béton. Elle correspond à une attaque chimique du granulat par le milieu basique du béton qui provoque la formation d'un gel de réaction (silicate alcalin) dont l'expansion peut engendrer, sous certaines conditions, des gonflements. Cette pathologie, dont l'évolution est lente, se développe dans les conditions suivantes :

- une teneur élevée en alcalins dans la phase liquide interstitielle du béton ;
- la présence de produits réactifs dans les granulats (minéraux réactifs).

Le risque d'apparition et de développement d'une RAG peut s'apprécier à partir des données disponibles telles que la fiche « produit » du ciment utilisé dans la formulation du béton, complétées le cas échéant par des analyses chimiques du béton.

Si l'IRSN considère que les éléments présentés par l'ILL permettent d'écarter à l'heure actuelle la présence d'une pathologie préjudiciable dans le béton des zones d'emprise des ancrages, il estime que, au titre de la maîtrise du vieillissement de l'enceinte interne, une recherche historique quant à la composition du ciment utilisé dans la formulation du béton de la coupole, assortie d'une analyse chimique et d'essais mécaniques (compression, traction, densité, etc.) sur les carottes prélevées, permettrait notamment d'évaluer la sensibilité de ce béton au risque de RAG. Ceci fait l'objet de l'observation formulée en annexe au présent avis.

² Les pathologies du béton les plus courantes provoquent des réactions de gonflement interne.

³ Deux premiers carottages, qui ne doivent pas être confondus avec les carottages réalisés dans le cadre des investigations, ont été effectués pour le passage des tiges filetées des ancrages.

3. MAINTIEN DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DU BÉTON DANS LES ZONES D'EMPRISE DES ANCRAGES

L'IRSN a examiné l'incidence de la présence de bulles d'air repérées à l'interface entre les deux phases de béton de la coupole sur le maintien des propriétés suivantes du béton dans les zones d'emprise des ancrages :

- la cohésion des deux phases de béton et, par là-même, le monolithisme du béton dans ces zones ;
- la résistance du béton à la compression ;
- la résistance du béton au cisaillement.

Les conclusions de l'évaluation de l'IRSN sont présentées, pour chacune de ces propriétés, dans les paragraphes ci-dessous.

3.1. COHÉSION DES DEUX PHASES DE BÉTON

Sur la base des investigations réalisées, l'ILL conclut que la cohésion et le monolithisme du béton de la coupole ne sont pas mis en cause puisque les bulles d'air observées sont localisées et de petites dimensions. Pour l'ILL, ceci est en outre confirmé par la valeur des forces qui ont été nécessaires pour extraire les carottes lors des essais d'arrachement.

Pour sa part, l'IRSN note, eu égard aux observations visuelles réalisées par l'ILL, que les surfaces d'arrachement des carottes sont nettes (absence de béton friable notamment) à l'endroit de rupture avec le reste de la coupole et que ces carottes ont été extraites en un seul bloc lorsqu'une force de traction leur a été appliquée. **Aussi, l'IRSN n'a pas de remarque quant aux conclusions formulées par l'ILL concernant la cohésion et le monolithisme du béton de la coupole dans les zones d'emprise des ancrages.**

3.2. RÉSISTANCE DU BÉTON À LA COMPRESSION

Lors de l'expertise, en complément des éléments du dossier initial, l'ILL a transmis une fiche de suivi de la mise en tension des tiges de précontrainte des ancrages. Il précise que, pour l'ensemble des tiges, la montée en tension s'est effectuée de manière uniforme, sans discontinuité de la mesure de tension. Il en conclut que la résistance du béton lors de sa mise en compression n'est pas mise en cause. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

3.3. RÉSISTANCE DU BÉTON AU CISAILLEMENT

L'ILL a transmis dans son dossier une note permettant de justifier que la résistance au cisaillement de l'interface entre les deux phases de béton de la coupole était assurée et ce, avec des marges importantes. Sur la base de cette analyse, l'ILL conclut qu'il n'y a pas de risque de décohésion du béton lors de la mise en charge des ancrages. **Cette conclusion n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Il convient d'ajouter que, pour l'IRSN, la présence de ferrailage liant les deux phases de béton dans les zones d'emprise des ancrages assure intrinsèquement une reprise des efforts de cisaillement au niveau de cette interface. Par ailleurs, la cohésion des deux phases de béton (*cf.* paragraphe *supra*) et la rugosité observée de la surface des dalles préfabriquées au niveau de l'interface sont de nature à assurer une répartition continue des efforts entre les deux phases de béton. **Ces éléments viennent conforter la conclusion quant au bon comportement attendu de la coupole à l'égard des efforts de cisaillement au niveau des zones d'emprise des ancrages.**

4. CONCLUSION

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que les éléments présentés par l'ILL permettent de conclure à l'absence d'altération du béton dans les zones d'emprise des ancrages, initialement présumée à l'interface des deux phases de béton.

Ainsi, pour l'IRSN, les conditions dans lesquelles a été délivrée l'autorisation de l'ASN en juillet 2022 concernant les opérations de mise en charge des ancrages nécessaires à la rénovation du pont polaire principal ne sont pas remises en cause.

Par ailleurs, dans le cadre de la maîtrise du vieillissement de l'enceinte interne, l'IRSN estime que l'ILL devrait engager des actions complémentaires de caractérisation du béton de la coupole (*cf.* observation en annexe).

Enfin, il est à noter que l'ILL a confirmé, à l'issue de l'expertise, que la mise en charge des ancrages sera progressive et qu'une mesure de la déformation du béton au niveau de chaque ancrage testé sera réalisée, ce qui constitue une bonne pratique.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Hervé BODINEAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2023-00030 DU 23 FÉVRIER 2023

Observation de l'IRSN

L'IRSN estime que l'ILL devrait procéder, au titre de la maîtrise du vieillissement de l'enceinte interne, à une recherche historique quant à la composition du ciment utilisé dans la formulation du béton de la coupole, assortie d'une analyse chimique et d'essais mécaniques (compression, traction, densité, etc.) sur les carottes prélevées, afin notamment d'évaluer la sensibilité de ce béton au risque de Réaction Alcali Granulats (RAG).