

Fontenay aux Roses, le 1^{er} août 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00123

Objet : Établissement Orano Recyclage de La Hague – INB n° 38
Mise à jour du rapport de sûreté du bâtiment 115 concernant les risques de chute de charge sur la dalle du silo

Réf. : Lettre ASN CODEP-DRC-2022-0052810 du 27 octobre 2022.

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 la demande d'autorisation, transmise par Orano Recyclage (dénommé Orano dans le présent avis), de mettre à jour le rapport de sûreté du bâtiment 115 de l'INB n° 38, implantée sur l'établissement d'Orano de La Hague, pour intégrer la démonstration de maîtrise des risques de chute de charge sur la dalle de couverture du silo du bâtiment 115, aussi appelé Silo 115.

De l'évaluation des éléments transmis par Orano en support à sa demande d'autorisation, complétés par les informations recueillies au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points développés ci-après.

1. CONTEXTE

Situé dans la partie centrale de l'INB n° 38, le Silo 115 est composé principalement d'un silo et d'un hall d'intervention. Le silo, constitué d'une structure de génie civil en béton armé, est fermé par une dalle de couverture également en béton armé. Le hall d'intervention, constitué d'une charpente métallique recouverte d'un bardage, surplombe la dalle.

La dalle du silo a globalement une épaisseur de 75 cm, à l'exception d'une bande de 45 cm d'épaisseur qui longe son appui nord. En outre, trois trémies implantées à mi-travée de la dalle supportent des blocs operculaires. Une quatrième trémie, située à l'angle sud-ouest de la dalle, dans le local 785 du hall d'intervention, supporte notamment la gaine de ventilation d'extraction du silo, dont la partie amont est suspendue par des tiges ancrées en sous-face de la dalle du silo.

Le silo contient trois cuves cylindriques en acier dans lesquelles sont entreposés des déchets de structure issus du dégainage des combustibles irradiés de la filière des réacteurs UNGG¹ en démantèlement, ainsi que des conteneurs et des bennes renfermant des déchets technologiques. Un portique de manutention servait à ouvrir les blocs operculaires afin de déverser les déchets dans les cuves. Depuis 1974, le silo ne reçoit plus de déchets.

¹ Uranium naturel graphite gaz.

Dans le cadre du renforcement de la maîtrise des risques liés à l'incendie, de nouveaux systèmes de détection d'incendie, d'injection d'argon (dite « *ligne argon* ») et d'eau (dite « *ligne PUI* »²) ont été installés dans le Silo 115 depuis 2021.

La reprise et le conditionnement des déchets (RCD) du Silo 115 doit conduire à réduire très significativement la quantité de substances radioactives dispersables en cas de situations accidentelles ou d'agressions internes ou externes. Préalablement à la RCD, des opérations nécessitant la manutention de charges lourdes doivent être menées. Il s'agit en particulier de la dépose du portique de manutention, du remplacement de la charpente, du démantèlement des blocs operculaires et la mise en place, dans le hall d'intervention, d'équipements nécessaires à la RCD. Or, à ce jour, dans la mesure où le portique de manutention n'est plus utilisé depuis plusieurs années, le rapport de sûreté en vigueur du Silo 115 n'intègre plus d'analyse des risques liés aux manutentions.

Dans ce contexte, Orano a transmis, entre 2017 et 2019, trois demandes d'autorisation de modification portant sur la réalisation de certaines opérations de manutention, associées à des démonstrations de sûreté spécifiques. À l'issue de l'instruction de ces demandes, l'ASN a autorisé les opérations de dépose du portique de manutention et de remplacement de la charpente métallique.

En juin 2022, Orano a transmis à l'ASN une demande d'autorisation de mise à jour du référentiel du Silo 115 pour intégrer, en vue de travaux préparatoires à la RCD et de la RCD en tant que telle, une analyse générique des risques liés aux chutes de charge sur la dalle du silo, fondée sur la définition d'un domaine de manutention.

Dans ce cadre, l'ASN demande à l'IRSN d'examiner :

- le caractère enveloppe de ce domaine de manutention au regard notamment des scénarios de chute envisagés ;
- la pertinence des dispositions techniques, documentaires et organisationnelles prévues pour la maîtrise des risques liés à la chute de charge (prévention, surveillance et limitation des conséquences) ;
- l'incidence de cette demande sur la liste des éléments Importants pour la Protection (EIP) et les exigences associées.

2. DEMARCHE GENERALE D'ORANO

Orano définit un domaine de manutention au-dessus de la dalle du Silo 115 au moyen d'abaques qui correspondent à des courbes représentant l'ensemble des couples « *masse de la charge manutentionnée* » et « *hauteur de manutention admissible vis-à-vis de la dalle de couverture du silo* », pour différentes surfaces d'impact de projectiles et différentes zones survolées. Les manutentions « acceptables » sont alors celles qui s'inscrivent dans le domaine de manutention ainsi défini. Pour les cibles de sûreté autres que la dalle du silo elle-même, Orano présente des dispositions de prévention du risque de chute de charge, ainsi que des mesures de limitation des conséquences.

De plus, toute opération de manutention au-dessus de la dalle du silo fera préalablement l'objet d'une analyse effectuée dans le cadre d'un processus interne d'évaluation et d'autorisation de la modification mis en place par Orano (dit processus FEM/DAM). Dans ce cadre, Orano vérifiera que les opérations prévues s'inscrivent dans le domaine de manutention susmentionné et identifiera, si nécessaire, des dispositions complémentaires de maîtrise des risques.

La démarche générale d'Orano, fondée sur la définition d'un domaine de manutention et la réalisation d'analyses de sûreté permettant de s'assurer que les opérations à mener seront conduites dans le respect de ce domaine, n'appelle pas de remarque de l'IRSN.

² Utilisée en cas de défaillance de l'extinction par l'argon.

3. DOMAINE DE MANUTENTION

3.1. CIBLES DE SURETE ET EXIGENCES ASSOCIEES

Orano retient comme cibles de sûreté à protéger de la chute de charge, la dalle du silo, les cuves et les équipements présents dans l'environnement de la dalle qui contribuent à la réalisation d'une fonction de sûreté. Les cibles ainsi identifiées sont classées EIP et figurent dans la mise à jour du rapport de sûreté. **Ceci est satisfaisant.**

Toutefois, Orano n'a pas identifié comme cibles de sûreté tous les équipements assurant des fonctions de sûreté, présents dans l'environnement immédiat de la dalle et susceptibles d'être endommagés en cas de chute de charge. C'est le cas, par exemple, de la gaine de ventilation située en sortie de la trémie du local 785. **Aussi, l'IRSN estime que, dans le rapport de sûreté du Silo 115, Orano devrait identifier l'ensemble des équipements en question, les classer EIP et, le cas échéant, prévoir des dispositions de protection appropriées.**

Orano explicite les exigences de comportement de la dalle du silo qui lui sont assignées en cas de chute de charge ; **ces exigences n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

3.2. AGRESSEURS IDENTIFIES

À ce stade, Orano n'ayant pas identifié l'ensemble des agresseurs (projectiles) potentiels, qui seront manutentionnés, sa démarche repose sur la prise en compte d'un panel forfaitaire de surfaces d'impact associées à un projectile supposé rigide. **Ainsi, il appartiendra à Orano de justifier, dans le cadre des analyses effectuées selon le processus FEM/DAM, le caractère conservatif des surfaces d'impact retenues au regard des équipements ou structures à manutentionner, des moyens de préhension utilisés et des situations de chute envisageables.**

4. DISPOSITIONS DE MAITRISE DES RISQUES LIES A LA CHUTE DE CHARGE

4.1. DISPOSITIONS DE PREVENTION ET DE SURVEILLANCE

Orano retient des dispositions générales de prévention et de surveillance qui *« pourront être complétées [...] dans le cadre du processus FEM/DAM »*. **Les dispositions générales de prévention et de surveillance, mentionnées dans la mise à jour du rapport de sûreté du Silo 115 sont satisfaisantes. En tout état de cause, elles devraient figurer explicitement dans les règles générales d'exploitation et les consignes associées.**

En outre, il appartiendra à Orano de préciser, dans des documents opératoires, les cheminements, les hauteurs de manutention, ainsi que les éventuelles dispositions de prévention et de surveillance complémentaires définis à l'issue de l'analyse réalisée dans le cadre du processus FEM/DAM.

4.2. DISPOSITIONS DE LIMITATION DES CONSEQUENCES

4.2.1. Généralités

Pour limiter les conséquences d'une chute de charge sur la dalle du silo, Orano retient, comme principale disposition, la limitation de la hauteur de manutention. Pour les autres cibles (en dehors de la « ligne argon » qui pourrait être remplacée en moins de 48 heures en cas d'agression), en cas de nécessité de leur survol, il prévoit des protections pour assurer leur intégrité en cas d'agression par un projectile. Enfin, Orano indique que des dispositions complémentaires *« pourront être établies [...] dans le cadre de la procédure FEM/DAM »*.

Les dispositions générales de limitation des conséquences présentées n'appellent pas de remarque. En tout état de cause, il appartiendra à Orano de justifier, dans le cadre de l'analyse réalisée selon le processus FEM/DAM, le maintien de l'intégrité des cibles en cas de chute de charge.

4.2.2. Modes de ruine

Afin de démontrer le respect des exigences de sûreté assignées à un élément de génie civil de la dalle impacté par une chute de charge, Orano considère deux modes de ruine distincts. Le premier mode de ruine correspond à un effet d'ensemble, par perte de la résistance de l'élément conduisant à son effondrement. Le second mode de ruine correspond à un effet local, par perforation, écaillage ou fissuration du béton au droit de la zone impactée.

Pour l'étude de l'effet d'ensemble, Orano s'appuie sur son logiciel CHUTE³ et sur une modélisation de la dalle au moyen de poutres fictives.

Pour l'effet local, Orano s'appuie sur des formules empiriques, issues de la littérature technique, visant à caractériser l'absence de perforation et d'écaillage, ainsi que sur une formule du CEB⁴ visant à justifier l'absence d'apparition de fissures traversantes. **Or cette formule du CEB n'a, à la connaissance de l'IRSN, jamais été utilisée à ce jour pour justifier l'absence de fissures traversantes et le maintien du confinement d'une dalle en béton pendant et après un impact. Ce point est abordé au paragraphe suivant.**

4.2.3. Critères de vérification des exigences de comportement de la dalle

Les exigences de comportement retenues par Orano pour la dalle du silo sont la stabilité d'ensemble, le supportage de la gaine de ventilation et le confinement à l'égard des substances radioactives contenues dans le silo.

Pour vérifier l'exigence de stabilité d'ensemble de la dalle, Orano retient deux critères de résistance, l'un concernant la flexion, l'autre le cisaillement et indique qu'ils seront simultanément vérifiés. **Ceci est satisfaisant.**

Pour l'exigence de supportage, Orano ne présente pas de critère de vérification de l'exigence de supportage attribuée à la dalle de couverture. **L'IRSN estime qu'Orano devrait définir un tel critère dans le rapport de sûreté du Silo 115 de l'INB n°38.**

Pour vérifier l'exigence de confinement de la dalle, Orano prévoit de justifier que la stabilité d'ensemble, l'absence de perforation, d'écaillage et de fissuration de la dalle sont simultanément assurées en cas de chute de charge. **Comme indiqué ci-dessus, la formule du CEB n'est pas adaptée pour justifier de l'absence de fissure traversante.** Orano a toutefois rappelé que le confinement dynamique assuré par la ventilation du Silo 115 permettrait de pallier d'éventuels défauts du confinement statique assuré par la dalle de couverture, **ce qui n'appelle pas de remarque.**

4.2.4. Élaboration des abaques

4.2.4.1. Zones d'études

La note d'étude transmise par Orano dans laquelle sont établis les abaques a fait l'objet, au cours de l'expertise, d'une révision qui a introduit d'importantes évolutions concernant notamment le découpage des zones d'études du comportement de la dalle en cas de chute de charge. Ce découpage a été raffiné, passant de quatre à six zones, à savoir :

- une zone centrale correspondant aux cas de « chute en travée », bornée au nord et au sud par les zones de « chute à deux mètres de l'appui » ;

³ Le logiciel CHUTE a fait l'objet, en 2021, d'un avis IRSN et d'une autorisation de l'ASN.

⁴ Relation 4.17 de la note du Comité Euro-international du Béton d'août 1988.

- deux zones, correspondant aux cas de « chute à deux mètres de l'appui » respectivement nord et sud ;
- deux zones, correspondant aux cas de chute « à proximité des appuis » respectivement nord et sud, qui ont elles-mêmes été divisées en trois sous zones chacune ;
- une zone, correspondant aux cas de chute de charge près de la trémie d'un bloc operculaire.

Dans son analyse, Orano ne prend pas en considération la trémie de la gaine de ventilation d'extraction située dans le local 785 dont le survol n'est, en l'état, pas interdit. En tout état de cause, il n'est pas acquis, compte tenu de la localisation de la trémie en bordure des appuis sud et ouest de la dalle de couverture, que ces configurations s'inscrivent dans le domaine de validité du logiciel CHUTE. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe au présent avis.**

4.2.4.2. Effet d'ensemble

Orano établit, pour chaque poutre fictive modélisée, pour une surface d'impact donnée, un abaque correspondant aux couples (hauteur et masse de la charge) permettant d'assurer le respect des critères d'admissibilité de déformations des matériaux et de cisaillement. **Cette démarche est acceptable.**

Pour la zone « en travée », Orano estime que les abaques établis pour des chutes à mi-travée sont représentatifs de la zone. Or, le caractère enveloppe de ces abaques à l'égard du critère de cisaillement n'est pas démontré en tout point de cette zone, notamment à une distance de 3,5 m des appuis nord et sud. **À cet égard, l'IRSN estime nécessaire que les abaques établis pour une zone donnée intègrent la justification simultanée des deux critères requis (déformation des armatures et cisaillement) en tout point de la zone. Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 2 en annexe au présent avis.**

Pour les zones « à deux mètres de l'appui », Orano retient les abaques établis pour une chute de charge à deux mètres de l'appui. **Ceci est acceptable, ces abaques étant pénalisants pour cette zone.**

Pour les zones « à proximité des appuis », qui ont été divisées en sous-zones par Orano au cours de l'expertise, **les justifications présentées par Orano pour deux des sous-zones n'appellent pas de remarque.** Pour la troisième sous-zone (zone intermédiaire), les abaques ont été établis en considérant que l'effort dû à l'impact se répartit équitablement entre l'appui et le cisaillement de la dalle, **ce qui n'appelle pas de remarque.** Toutefois, certaines précisions ou justifications restent à fournir pour conforter le caractère enveloppe des abaques retenus pour cette sous-zone. **Ainsi, il appartiendra à Orano de justifier, dans le rapport de sûreté du Silo 115, le caractère enveloppe des abaques retenus pour la sous-zone intermédiaire.**

Pour les zones situées à proximité d'une trémie, Orano étudie le comportement de la dalle en considérant un ensemble de poutres fictives situées autour de la trémie, sans pour autant justifier le caractère pénalisant des hypothèses retenues, notamment au regard des longueurs et des valeurs de ductilité⁵ des différentes poutres. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 3 en annexe au présent avis.**

4.2.4.3. Effet local

Pour évaluer l'effet local et établir les abaques permettant d'assurer l'absence d'écaillage et de perforation du béton de la dalle, Orano retient une hypothèse de diffusion à 45° de l'effort d'impact dans le béton. **Ceci est acceptable lorsque le point d'impact de la chute de charge est situé en pleine dalle avec un cône de fissuration entièrement contenu dans l'épaisseur de la dalle.** Pour les chutes en bordure de trémie, Orano n'a pas présenté d'étude du comportement mécanique local. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 4 en annexe au présent avis.**

⁵ La ductilité correspond à la capacité d'un matériau à se déformer plastiquement avant sa rupture.

D'une manière générale, Orano a considéré, de manière pénalisante, que la dalle a une épaisseur uniforme de 45 cm. Pourtant, il présente, dans la révision de la note d'étude transmise au cours de l'expertise, des abaques d'absence d'écaillage établis pour une épaisseur de dalle de 75 cm, **ce qui n'est pas cohérent.**

Pour ce qui concerne l'absence d'écaillage, Orano ne retient *in fine* que les abaques établis à l'aide des formules du CEB⁶ qu'il considère comme pénalisantes. **Pour l'IRSN, les abaques établis à partir de la formule du CEB définis par Orano pour une épaisseur de dalle de 75 cm ne permettent pas de garantir l'absence d'écaillage de la dalle de couverture du silo pour une chute de charge en tout point de la dalle.**

Pour ce qui concerne la vérification de l'absence de perforation, Orano considère que les abaques d'absence d'écaillage obtenus à l'aide de la formule du CEB sont enveloppes des abaques d'absence de perforation issues des formules de l'UMIST⁷ et du CEB. **Or, ceci n'est valable que jusqu'à une certaine limite de masse au-delà de laquelle l'absence de perforation n'est plus vérifiée.**

En tout état de cause, l'IRSN souligne que les différentes formules empiriques disponibles dans la littérature technique visant à justifier l'absence d'écaillage et de perforation présentent des incertitudes importantes et des domaines de validité limités ; à ce titre, une bonne pratique est d'utiliser plusieurs formules et d'en comparer les résultats obtenus afin de consolider les conclusions qui peuvent en être tirées. **Aussi l'IRSN considère que, pour chacun des diamètres d'impact retenus, les abaques des couples (masse, hauteur) doivent être établis de manière enveloppe sur la base de l'application de plusieurs formules analytiques.**

Les éléments qui précèdent conduisent l'IRSN à formuler la recommandation n°5 en annexe au présent avis.

5. CONCLUSION

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que la démarche générale présentée par Orano consistant notamment à définir un domaine de manutention, à base d'abaques, visant à maîtriser les risques de chute de charge liés aux opérations de RCD dans le Silo 115 de l'INB n° 38, est acceptable.

Toutefois, la démonstration de la maîtrise des risques de chute de charge présentée, en particulier le domaine de manutention, devra tenir compte des recommandations formulées en annexe au présent avis, avant d'être déclinée de manière opérationnelle dans le cadre des opérations de RCD du Silo 115.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté

⁶ Comité Euro-international du Béton.

⁷ University of Manchester, Institute of Science and Technology.

ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N° 2023-00123 DU 1^{ER} AOÛT 2023

Recommandations de l'IRSN

Recommandation N° 1

L'IRSN recommande qu'Orano analyse, dans le rapport de sûreté du Silo 115 de l'INB n° 38, le risque de chute de charge sur ou à proximité de la trémie de la gaine de ventilation d'extraction située dans le local 785.

Recommandation N° 2

L'IRSN recommande qu'Orano justifie, pour les configurations de chute de charge sur la zone « en travée » de la dalle du Silo 115 de l'INB n° 38, que les abaques établis au regard de l'exigence de stabilité d'ensemble de la dalle de couverture permettent de s'assurer que les critères de cisaillement et de déformation des armatures sont simultanément vérifiés en tout point de la zone.

Recommandation N° 3

L'IRSN recommande que, pour l'évaluation de chutes de charge à proximité d'une trémie de la dalle du Silo 115 de l'INB n° 38, Orano justifie les hypothèses retenues pour la modélisation de la poutre fictive perpendiculaire au sens porteur de la dalle.

Recommandation N° 4

L'IRSN recommande qu'Orano justifie, en tenant compte du ferrailage en place, la résistance locale de la dalle du Silo 115 de l'INB n° 38 en bordure de trémie, en cas de chutes de charge dans cette zone. Il présentera, le cas échéant, les dispositions prévues pour limiter les conséquences de telles chutes.

Recommandation N° 5

L'IRSN recommande qu'Orano justifie, en utilisant plusieurs formules empiriques disponibles dans la littérature technique et en tenant compte des zones dont l'épaisseur de la dalle est de 45 cm, le caractère enveloppe des abaques retenus pour garantir l'absence de perforation et d'écaillage de la dalle du Silo 115 de l'INB n° 38 en cas de chute de charge.