



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 23 octobre 2023

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2023-00155

Objet : CEA / Marcoule - INB n° 71 / Phénix
Réalisation des opérations associées à l'évacuation de la solution de nitrate d'uranyle de l'installation de neutronographie

Réf. : Lettre ASN CODEP-MRS-2023-007774 du 29 mars 2023.

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 de modification transmise par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) concernant les opérations associées à l'évacuation de la solution de nitrate d'uranyle enrichie en ²³⁵U (appelée « solution de NU ») de l'installation de neutronographie de l'installation nucléaire de base (INB) n° 71, dénommée centrale Phénix.

L'ASN demande à l'IRSN d'examiner plus particulièrement les dispositions de maîtrise des risques de criticité.

De l'expertise du dossier transmis, tenant compte des éléments apportés par le CEA au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux éléments suivants.

1. CONTEXTE

L'INB n° 71, située à l'extrémité nord du centre CEA de Marcoule, est une centrale nucléaire prototype de la filière des réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium (RNR-Na). Elle a été arrêtée définitivement en 2010 et est aujourd'hui en phase de démantèlement. L'INB présente des risques de dissémination de substances radioactives et dangereuses et d'exposition externe aux rayonnements ionisants du fait de la présence d'éléments combustibles irradiés et non irradiés, de sodium métallique coulable actif, d'objets sodés contaminés, ainsi que d'une solution de NU dans son installation de neutronographie.

Le CEA prévoit, au cours de l'année 2024, de conditionner cette solution de NU puis, après entreposage d'attente, de l'évacuer vers l'INB n° 123 du centre CEA de Cadarache, dénommée laboratoire d'études et de fabrication expérimentales de combustibles nucléaires (LEFCA). Sur cette même période, il prévoit également d'évacuer les effluents de rinçage associés à cette opération vers la station de traitement des effluents liquides (STEL) du centre CEA de Marcoule.

Pour rappel, à l'issue de l'instruction du dossier de demande d'autorisation de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement et du dossier du premier réexamen périodique de l'INB n° 71, les dispositions de maîtrise des

MEMBRE DE
ETSON

risques de criticité, lors des opérations de vidange puis d'entreposage de la solution de NU et des effluents de rinçage associés, avaient fait l'objet de prescriptions de la part de l'ASN.

En réponse à ces prescriptions, le CEA a transmis à l'ASN la demande d'autorisation de modification de l'INB n° 71 objet du présent avis en apportant des évolutions aux opérations prévues et, en conséquence, à l'analyse de sûreté associée.

2. PRÉSENTATION DE LA MODIFICATION

L'installation de neutronographie comprend principalement une cuve, un réservoir d'entreposage et une pompe de transfert entre ces deux capacités. Le réservoir d'entreposage contient une solution de NU caractérisée radiologiquement et chimiquement en 2020.

Le CEA demande l'autorisation de vidanger la solution de NU en flacons de 5 litres au moyen de la pompe de transfert. Chaque flacon sera rempli, contrôlé radiologiquement, pesé, doublement ensaché puis, après un nouveau contrôle radiologique, conditionné en aménagement interne (AI) TN90. Le remplissage d'un nouveau flacon ne pourra commencer qu'à l'issue du conditionnement du flacon précédent en AI. Ces opérations seront réalisées dans un sas dit « *de remplissage* » et un sas dit « *de conditionnement* » dédiés. Une fois rempli de deux flacons, l'AI sera transféré en dehors du sas de conditionnement, puis chargé en emballage de transport TN-BGC 1, lequel sera acheminé vers le stockage des éléments neufs (SEN) pour entreposage en attente d'évacuation. La mise à disposition d'un nouvel AI et d'un nouvel emballage seront des préalables au remplissage du flacon suivant.

Le CEA demande également l'autorisation, après vidange complète du réservoir d'entreposage, de rincer à l'acide nitrique les tuyauteries et les capacités de l'installation de neutronographie. Les effluents de rinçage ainsi produits, de l'ordre d'une dizaine de litres, seront caractérisés, puis vidangés dans des polybonnes de 2 litres selon un mode opératoire proche de celui suivi pour la solution de NU. Les polybonnes conditionnés en double sachet pourront être rassemblés dans le sas de conditionnement, avant d'être acheminés vers le SEN pour entreposage en attente de conditionnement unitaire en conteneur de transport de prise d'échantillons de moyenne activité (CTPEMA) pour évacuation.

Les opérations et la démonstration de sûreté associée ont été mises à jour par le CEA pour prendre en compte la caractérisation de la solution de NU réalisée en 2020, la modification du certificat d'agrément de l'emballage TN-BGC 1 (permettant de charger deux flacons en AI TN90), l'optimisation du scénario en termes de manutention (conduisant à changer le local de chargement des AI et des emballages de transport), la localisation de la zone d'entreposage des emballages TN-BGC 1 dans le SEN, ainsi que le changement d'exutoire des effluents de rinçage¹.

Ces opérations induisent toujours les mêmes principaux risques, à savoir de criticité, de dissémination de substances radioactives dans l'installation et d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants.

3. DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ

3.1. PRÉVENTION DES RISQUES DE CRITICITÉ

La caractérisation de la solution de NU réalisée par le CEA en 2020 ne met pas en cause les hypothèses prises en compte dans la démonstration de sûreté présentée dans le cadre de l'instruction du dossier de demande d'autorisation de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement et du dossier du premier réexamen périodique de l'INB n° 71.

¹ Le CEA prévoyait initialement d'évacuer les effluents de rinçage vers l'INB n° 123 du centre CEA de Cadarache.

Vidange de la solution de NU en flacons

Pour les opérations de vidange de la solution de NU, le CEA fait reposer la démonstration de sûreté-criticité en fonctionnement normal, d'une part sur la géométrie du flacon (en application d'une prescription de l'ASN), d'autre part sur les dispositions matérielles garantissant une distance supérieure à 1 m entre celui-ci et le réservoir d'entreposage. Par ailleurs, le CEA a examiné, avec des hypothèses pénalisantes, trois scénarios incidentels : la fuite ou le renversement du flacon en cours de remplissage, la présence simultanée de deux flacons dans le sas de remplissage et la fuite de la totalité de la solution de NU contenue dans l'installation de neutronographie. Ainsi, selon le CEA, en considérant une réflexion par 60 cm de béton, le volume mobilisable de solution de NU (deux premiers scénarios) ou l'épaisseur moyenne de l'épandage de solution de NU (troisième scénario) restent inférieurs à leur valeur maximale admissible.

Le changement de local de chargement des AI et des emballages TN-BGC 1 nécessite la mise en place du sas de conditionnement, accolé au sas de remplissage, et donc le transfert unitaire par un opérateur du flacon rempli d'un sas à l'autre. Le CEA estime que ce transfert ne met pas en cause l'analyse de sûreté-criticité en fonctionnements normal et incidentel, la justification de la sous-criticité étant identique à celle du remplissage d'un flacon.

S'agissant des opérations de conditionnement d'un flacon en AI TN90, le mode de contrôle de la criticité retenu en fonctionnement normal est la géométrie de l'AI. En situation incidentelle de renversement de l'AI, la sous-criticité est justifiée par la limitation du volume de solution.

Lors de son transfert, l'emballage TN-BGC 1 chargé longera la fosse des éléments fissiles du SEN. Le CEA considère que l'épaisseur de la paroi en béton de cette fosse et la distance effective minimale, centre à centre, entre un assemblage combustible entreposé dans la fosse et l'emballage sera suffisante pour garantir l'absence d'interaction neutronique significative.

Les emballages TN-BGC 1 chargés seront entreposés sur un niveau dans une zone dédiée. Leur certificat d'agrément n'impose plus de limitation du nombre de colis entreposés ensemble. De plus, le CEA considère que les phénomènes d'interaction neutronique entre cet entreposage et les assemblages combustibles présents dans la fosse des éléments fissiles du SEN peuvent être négligés compte-tenu des dispositions retenues, notamment la mise en œuvre d'un système de fixation garantissant une distance d'éloignement suffisante de cette fosse.

L'IRSN estime que la démonstration de sûreté-criticité présentée par le CEA pour les opérations de vidange, de conditionnement et d'entreposage de la solution de NU dans l'INB n° 71 est satisfaisante, notamment au regard d'une des prescriptions de l'ASN.

Vidange des effluents de rinçage en polybonnes

Dès la fin de la vidange de la solution de NU, le CEA définit comme mode de contrôle de la criticité, pour l'ensemble de l'installation de neutronographie et des polybonnes, la limitation de la masse d'uranium à 480 g, valeur théoriquement atteinte pour un volume de 7,5 litres de solution de NU, en application d'une prescription de l'ASN. Pour ce faire, le CEA prévoit de vérifier que le volume résiduel de solution de NU dans l'installation de neutronographie est inférieur à 3 litres. Le volume résiduel de solution de NU dans le réservoir d'entreposage sera ainsi évalué par un double contrôle, tandis que le volume résiduel présent dans la cuve et les tuyauteries est estimé sur la base d'essais historiques.

La masse totale d'uranium contenue dans la solution de rinçage étant, de fait, inférieure à 480 g, le CEA considère que le mode de contrôle par la limitation de la masse permet de garantir la sûreté-criticité des opérations de transfert et d'entreposage des polybonnes en situations normale et incidentelle.

À cet égard, une fois entreposés dans le SEN, les polybonnes seront séparés de la fosse des éléments fissiles, située au niveau inférieur, par une épaisseur de béton saturante assurant le découplage neutronique. De plus, en cas de désentreposage d'un emballage TN-BGC 1 chargé, qui devra alors cheminer par le local où seront

présents les polybonnes, le CEA précise qu'il respectera une distance supérieure à 4 m entre le parcours de l'emballage TN-BGC 1 et les polybonnes, garantissant l'absence de toute interaction neutronique significative.

L'IRSN estime que la démonstration de sûreté-criticité présentée par le CEA pour les opérations de rinçage de l'installation de neutronographie, ainsi que de vidange, de conditionnement et d'entreposage des effluents associés, dans l'INB n° 71 est satisfaisante, notamment au regard d'une des prescriptions de l'ASN.

3.2. MAÎTRISE DU CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

Au cours de l'expertise, le CEA a notamment présenté, pour les sas de remplissage et de conditionnement, la classe de confinement retenue en fonction de l'activité volumique de l'air, en situations normales et incidentelles. **L'IRSN estime que les classes de confinement retenues par le CEA pour les sas de remplissage et de conditionnement sont raisonnablement conservatives.**

3.3. MAÎTRISE DU RISQUE D'EXPOSITION EXTERNE DES TRAVAILLEURS

Les dispositions pour limiter l'exposition externe des intervenants seront définies par le CEA dès lors que les modalités des opérations de vidange, puis d'entreposage de la solution de NU et des effluents de rinçage, auront été fixées. Pour ce qui concerne la dosimétrie prévisionnelle associée à ces opérations, l'étape dimensionnante devrait être, selon le CEA, le remplissage des flacons de solution de NU. À ce stade, il retient pour cette étape une estimation prévisionnelle de 0,280 H.mSv en dose collective et de 0,120 H.mSv en dose individuelle maximale, ce qui reste faible. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

3.4. AGRESSIONS INTERNES ET EXTERNES

Le CEA n'a pas identifié d'équipement sensible susceptible d'être agressé le long du parcours de l'emballage TN-BGC 1 dans l'INB n° 71 et n'attend pas, en cas de chute de l'emballage, de conséquences sur le comportement des structures en béton plus pénalisantes que celles prises en compte dans le référentiel de sûreté. Par ailleurs, il indique que les hauteurs de manutention de l'emballage sont bien couvertes par son dimensionnement à la chute. Toutefois, pour garantir cette couverture, le CEA prévoit de renforcer une dalle métallique moins résistante que le sol en béton, au-dessus de laquelle des levages seront réalisés. **Compte tenu des hypothèses conservatives considérées dans les calculs, l'IRSN estime que la méthode d'analyse simplifiée présentée par le CEA, pour justifier la pertinence du système de renforcement retenu, est satisfaisante.**

S'agissant des entreposages d'emballages TN-BGC 1 et de polybonnes dans le SEN, le CEA exclut une inondation d'origine interne et rappelle, d'une part que l'immersion dans l'eau est une condition accidentelle prise en compte pour l'emballage TN-BGC 1, d'autre part que la sûreté-criticité de l'entreposage des polybonnes est garantie par la limitation de la masse totale d'uranium en modération quelconque, donc y compris en présence d'eau. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

3.5. FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS

Lors des opérations de vidange de la solution de NU et des effluents de rinçage, la détection visuelle de l'atteinte du niveau de remplissage nominal du flacon ou du polybonne, puis l'arrêt de la pompe de transfert, reposent sur l'opérateur. Le CEA a précisé, au cours de l'expertise, que le débit de 5L/min de la pompe de transfert pourra être ajusté à l'approche du niveau de remplissage nominal de manière à donner à l'opérateur le temps suffisant pour détecter l'atteinte du volume cible et interrompre la pompe.

Compte tenu de la faible capacité du flacon et du polybonne, l'IRSN estime que le CEA pourrait utiliser la pompe de transfert à un débit inférieur à 5 L/min sur toute la durée de la vidange, assurant un délai confortable à l'opérateur pour éviter tout débordement du flacon ou du polybonne.

4. MISE À JOUR DU RÉFÉRENTIEL DE SÛRETÉ

Si le CEA a bien prévu, dans son dossier puis au cours de l'expertise, de faire évoluer le référentiel de sûreté de l'INB n° 71, cette évolution ne concerne pas l'intégration des dispositions assurant une distance supérieure à 1 mètre entre le flacon et le réservoir d'entreposage, les classes de confinement des sas et l'usage d'une rétention pour le regroupement de polybonnes dans le sas de conditionnement. **Il appartient au CEA d'intégrer ces éléments dans les règles générales d'exploitation (RGE) de l'INB n° 71.**

À l'exception du point susmentionné relatif à la distance entre le flacon et le réservoir d'entreposage, l'IRSN considère que le CEA a bien pris en compte, dans le projet de mise à jour du référentiel de sûreté de l'INB n° 71, les précisions attendues dans le cadre des prescriptions de l'ASN.

Par ailleurs, le CEA prévoit d'évacuer la solution de NU et les effluents de rinçage au cours de l'année 2024, dans le respect des exigences associées aux emballages TN-BGC 1² et CTPEMA³, établies au regard des risques liés au phénomène de radiolyse. Pour autant, il n'exclut pas une prolongation des entreposages correspondants. À cet égard, le CEA prévoit des opérations d'ouverture des emballages TN-BGC 1 et des polybonnes, qui seront mises en œuvre dans des conditions similaires à celles retenues pour la vidange et le conditionnement de la solution de NU et des effluents de rinçage. **Il appartiendra alors au CEA d'intégrer dans les RGE de l'INB n° 71 les dispositions de maîtrise des risques associées à une prolongation des entreposages d'emballages TN-BGC 1 et des polybonnes dans le SEN, notamment vis-à-vis des phénomènes de radiolyse.**

5. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par le CEA au cours de l'expertise, l'IRSN estime que les dispositions de maîtrise des risques, notamment celles relatives à la criticité, retenues par le CEA dans le cadre des opérations de vidange, de conditionnement et d'entreposage de la solution de nitrate d'uranyle de l'installation de neutronographie de l'INB n° 71 et des effluents de rinçage associés, sont globalement satisfaisantes.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

² La durée entre la fermeture de l'emballage TN-BGC 1 et son ouverture ne doit pas excéder 1 an.

³ La durée entre la fermeture d'un polybonne et son ouverture ne doit pas excéder 213 jours.