

Fontenay-aux-Roses, le 30 juillet 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00144

Objet : **Etablissement Orano de La Hague – Usine UP3-A (INB n°116) – Atelier T2 – Suivi du phénomène de corrosion d'un des trois évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission**

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DRC-2021-034774 du 21 juillet 2021.
 [2] Décision n°2016-DC-0559 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 23 juin 2016 relative aux évaporateurs concentrateurs de solutions de produits de fission des installations nucléaires de base n°116, dénommée « usine UP3-A », et n°117, dénommée « usine UP2-800 », exploitées par AREVA NC dans l'établissement de La Hague (département de la Manche).

Par lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la validité des mesures d'épaisseurs des parois de l'un des trois évaporateurs de l'atelier T2 (INB n°116) effectuées par Orano Recyclage en 2021 et l'évolution de ces épaisseurs dans le temps.

En effet, conformément à la décision citée en seconde référence et compte tenu de la mise en évidence d'un phénomène de corrosion important, Orano Recyclage réalise périodiquement un contrôle des épaisseurs des parois des évaporateurs de concentration des produits de fission des ateliers T2 (usine UP3-A, INB n°116) et R2 (usine UP2-800, INB n°117).

S'agissant de l'un des trois évaporateurs de l'atelier T2, l'exploitant a rencontré des difficultés lors de la dernière campagne de mesures réalisée en mai et juin 2021. Une première série de mesures a été invalidée par l'exploitant du fait d'un mauvais réglage du module d'acquisition du système de mesure. L'ASN a ensuite émis des réserves sur le traitement des mesures d'une deuxième série de mesures. L'exploitant a par conséquent réalisé une troisième série de mesures dont les résultats ont été communiqués fin juin 2021.

Le présent avis présente les conclusions de l'expertise par l'IRSN des données et informations disponibles, notamment dans les dossiers de redémarrage transmis à l'issue de ces campagnes de mesures.

1. CONTEXTE

Les ateliers T2 et R2 de l'établissement Orano de La Hague, mis en service dans les années 1990, assurent la séparation des produits de fission (PF), de l'uranium et du plutonium présents dans les solutions de dissolution des combustibles. Les solutions nitriques de PF obtenues sont concentrées dans des évaporateurs, dits évaporateurs PF, fonctionnant en parallèle (trois par atelier). Ces derniers sont constitués d'un bouilleur, dans lequel la solution de PF est portée à ébullition, surmonté d'une colonne à calottes qui assure un lavage des vapeurs. Dans un évaporateur, la solution PF est chauffée à l'aide d'eau surchauffée sous pression qui circule dans un circuit spécifique constitué notamment de demi-coquilles soudées sur la paroi extérieure du bouilleur (fond et partie inférieure de la virole). Compte tenu de la pression de l'eau surchauffée, les évaporateurs PF sont classés « équipements sous pression nucléaires » (ESPN). Ils sont en acier inoxydable austénitique, matériau retenu pour sa bonne résistance à la corrosion.

A la conception, l'épaisseur initiale des parois des bouilleurs tenait compte des épaisseurs minimales définies pour garantir l'étanchéité des équipements en conditions de fonctionnement normales (pression, phénomène de fatigue...) et accidentelles (séisme), et d'une surépaisseur visant à compenser la perte d'épaisseur induite par la corrosion des équipements durant toute leur exploitation.

Toutefois, les examens de conformité effectués sur les évaporateurs PF de l'atelier T2 dans le cadre du premier réexamen périodique de l'INB n°116, dont le dossier a été transmis en 2010, ont mis en évidence des pertes d'épaisseur par corrosion des parois des bouilleurs plus importantes qu'attendu à leur conception. Les mesures réalisées par la suite, sur l'ensemble des évaporateurs, ont confirmé ce point. **Cette corrosion plus importante qu'attendu pourrait mettre en cause l'étanchéité des évaporateurs en conditions normales et accidentelles.**

Aussi, en 2016, l'exploitant a décidé du remplacement de ces équipements par deux nouvelles unités de concentration des solutions de PF (NCPF), dont les mises en service sont prévues début 2023 pour l'unité NCPF T2 et fin 2023 pour l'unité NCPF R2. Par ailleurs, il a, d'une part renforcé le suivi en exploitation des évaporateurs PF (mesures périodiques d'épaisseur), d'autre part mis en œuvre des dispositions à partir de 2016 pour limiter les phénomènes de corrosion dans les évaporateurs actuellement exploités (ajout de complexant du fluor, rinçages périodiques afin de limiter les dépôts), réduire les efforts sur les parois des évaporateurs (limitation de la pression et de la température dans les circuits d'eau surchauffée) et limiter les conséquences potentielles d'une perte d'étanchéité d'un évaporateur (dispositif d'isolement des circuits de chauffe en cas de détection de fuite, ajout de registres de confinement à l'admission et à l'extraction des cellules des évaporateurs...).

La poursuite de l'exploitation de ces évaporateurs est encadrée par la décision de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) citée en seconde référence, qui prescrit notamment un contrôle annuel de l'épaisseur des parois des évaporateurs PF au niveau de zones les plus corrodées et de la partie basse des bouilleurs, la fréquence de ces contrôles devant être augmentée en tant que de besoin. En effet, dans la mesure où le phénomène de corrosion dépend notamment de la température et du fait que la température n'est pas uniforme à l'intérieur des évaporateurs, les évaporateurs présentent des zones potentiellement plus corrodées, dites zones identifiées sensibles (ZIS). Dans ce cadre, l'exploitant a défini des critères opérationnels, « d'arrêt » et « de redémarrage », visant à garantir que les évaporateurs respecteront leurs exigences de sûreté jusqu'au contrôle suivant. Le critère dit « d'arrêt » correspond à l'atteinte de l'épaisseur minimale admissible (cf. §2), conduisant à l'arrêt définitif de l'exploitation de l'équipement concerné. Le critère dit « de redémarrage » consiste à vérifier que l'épaisseur à l'échéance du prochain contrôle sera supérieure ou égale à l'épaisseur minimale admissible, compte tenu de la vitesse de corrosion estimée depuis la mise en service de l'équipement. Ces critères permettent à l'exploitant de se prononcer, à l'issue de chaque contrôle (faisant l'objet d'un dossier de redémarrage), sur la capacité de l'évaporateur PF à être redémarré et exploité jusqu'au contrôle suivant.

Or, pour l'un des évaporateurs de l'atelier T2, l'épaisseur minimale mesurée en 2019 ne permettait pas un redémarrage pour une année d'exploitation complète ; ceci a conduit l'exploitant à définir un critère « de redémarrage » spécifique, fondé sur une vitesse de corrosion réévaluée pour tenir compte des dispositions mises en œuvre depuis 2016 et sur la définition d'un nombre maximal de jours d'utilisation de l'équipement. Un nouveau contrôle est prévu après une durée d'exploitation correspondant à la moitié du nombre de jours d'utilisation maximal restant. Le nombre de jours d'utilisation, également appelé « temps d'ouverture », est défini comme le nombre de jours de fonctionnement de l'évaporateur à une température de la solution PF supérieure à 90 °C.

2. EVALUATION DE L'IRSN

- Rappel des modalités de suivi de la corrosion des évaporateurs PF

Pour définir les critères « d'arrêt » des évaporateurs, l'exploitant considère les épaisseurs minimales définies pour garantir le maintien de l'étanchéité des évaporateurs dans toutes les conditions de fonctionnement (tenue mécanique) mais également les caractéristiques à l'égard du phénomène de corrosion des matériaux des évaporateurs, notamment les métaux d'apports utilisés pour les soudures.

Les soudures des bouilleurs de l'atelier R2 sont réalisées avec un seul métal d'apport, équivalent à l'acier des tôles constituant les évaporateurs. En revanche, les soudures des bouilleurs de l'atelier T2 sont réalisées avec deux métaux d'apport différents (soudure mixte). Le métal en face interne (coté solution PF) est de même composition que les tôles, alors que le métal d'apport en face externe est constitué d'une nuance d'acier inoxydable ayant une résistance à la corrosion moindre. En particulier, cet acier inoxydable est sensible à des mécanismes de corrosion intergranulaire, plus rapides et plus difficilement détectables que ceux affectant les parois internes des bouilleurs. En outre, il n'existe pas actuellement de retour d'expérience sur le comportement de cet acier inoxydable en cas de contact avec une solution PF dans les conditions de fonctionnement des évaporateurs. En conséquence, pour les évaporateurs de l'atelier T2, l'exploitant retient une épaisseur minimale admissible en fond de bouilleur qui correspond à l'épaisseur de métal d'apport de la soudure en acier inoxydable situé en face externe.

Lors des campagnes de mesures réalisées au niveau de la ZIS des évaporateurs de l'atelier T2, l'exploitant réalise quelques dizaines de mesures au moyen d'une sonde à ultrasons introduite *via* la ligne d'eau surchauffée jusqu'à la paroi du bouilleur. Le phénomène de corrosion attendu étant de type dissolution uniforme généralisée, il considère que les différentes mesures réalisées lors d'une même campagne peuvent être traitées selon une méthode statistique fondée sur une loi de distribution normale. Il estime ainsi, à partir des mesures, une épaisseur minimale correspondant à un niveau de confiance fixé à 99 %. Il est à noter que l'incertitude associée au moyen de mesure n'intervient pas dans le traitement statistique réalisé par l'exploitant.

- Campagnes de mesures réalisées en 2021

Sur la base du retour d'expérience des dernières campagnes de mesures de l'évaporateur de l'atelier T2 qui présente des épaisseurs de parois les plus proches du critère d'arrêt, l'exploitant a modifié le mode opératoire des mesures d'épaisseur en positionnant un moyen de mesure comprenant trois sondes de mesure à ultrasons (au lieu d'une), afin de couvrir une surface plus étendue de la ZIS. Dans l'objectif de faciliter l'acquisition simultanée des mesures réalisées par les trois sondes et de réaliser les mesures dans de meilleures conditions, il a décidé d'utiliser un nouveau module d'acquisition.

La première série de mesures effectuée avec ce nouveau système a été invalidée par l'exploitant, à la suite d'un problème de réglage du module d'acquisition. La deuxième campagne, réalisée avec le système d'acquisition habituel, a donné lieu à des réserves de l'ASN, dont une porte sur le traitement des mesures (suppression de certaines mesures considérées singulières). Une troisième campagne a donc été réalisée en juin 2021, en tenant compte des commentaires formulés par l'ASN, notamment sur le mode opératoire de mesure.

À l'issue de cette dernière campagne de mesures, l'exploitant a conclu que le critère de redémarrage est respecté pour l'évaporateur précité et n'a pas fait évoluer significativement le nombre de jours d'utilisation restant pour l'évaporateur malgré son utilisation depuis la dernière campagne de mesures.

- Validité des mesures réalisées

L'IRSN relève que la dernière campagne de mesures de juin 2021 suit la tendance observée lors des campagnes précédentes pour cet évaporateur, à savoir une vitesse de corrosion qui a très nettement diminué depuis 2019, et que les mesures ne font pas apparaître de perte d'épaisseur. Or, le nombre de jours d'utilisation cumulé depuis 2019 est significatif puisqu'il représente plus d'une année d'exploitation. De plus, les conditions de fonctionnement des évaporateurs n'ont pas évolué depuis 2017. **Ainsi, l'évolution des épaisseurs mesurées ne semble pas cohérente avec la durée d'utilisation de l'évaporateur.**

Enfin, avant 2019, les suivis effectués sur les différents évaporateurs PF des ateliers R2 et T2 mettaient en évidence une évolution globalement cohérente, notamment entre les évaporateurs d'un même atelier. Aujourd'hui, l'exploitant conclut à un comportement singulier de l'évaporateur objet du présent avis par rapport aux autres évaporateurs. Pour les autres évaporateurs des ateliers T2 et R2, bien qu'une diminution de la vitesse de corrosion soit observée à la suite des mesures prises à partir de 2016 (jusqu'à un facteur 2 selon l'exploitant), les pertes d'épaisseur annuelles restent significatives. **Ainsi, l'IRSN considère qu'il est nécessaire de comprendre l'évolution atypique constatée sur l'évaporateur objet de l'avis.**

Sur ce point, des derniers essais qu'il a réalisés en laboratoire en utilisant des coupons témoins des évaporateurs, présentés à l'ASN et l'IRSN en avril 2021, il conclut que la coulée constitutive des deux tôles du fond torisphérique inférieur de l'évaporateur de l'atelier T2 objet du présent avis présente une vitesse de corrosion plus importante d'un facteur de l'ordre de 1,4 par rapport à la coulée unique des évaporateurs de l'atelier R2. **Les estimations réalisées à partir des campagnes de mesures ne sont pas en accord avec ce résultat expérimental.**

Concernant l'interprétation des mesures, l'IRSN a comparé la dispersion des mesures des différentes campagnes aux lois normales déterminées à partir de la moyenne et de l'écart type de chaque campagne de mesures. Pour l'IRSN, il est difficile de considérer que la dispersion des mesures réalisées suit une loi normale comme l'exploitant le postule dans son analyse statistique des mesures. Sur ce point, le nombre de mesures apparaît trop faible pour vérifier la loi de distribution postulée. Cela pourrait être lié également à des biais dans les mesures qui pourraient invalider l'analyse statistique réalisée. À cet égard, il conviendrait que l'exploitant identifie les biais possibles liés par exemple aux modes opératoires de mesures, aux techniques de mesures ou aux hypothèses relatives à l'état de surface des évaporateurs (présence d'irrégularités liée à une corrosion non uniforme, état de surface de la zone de positionnement de la sonde). **Aussi, l'IRSN considère nécessaire que l'exploitant analyse la distribution des mesures réalisées et s'interroge sur la pertinence de l'analyse statistique mise en œuvre.**

Au vu de l'ensemble de ces éléments, l'IRSN s'interroge sur la validité des estimations faites par l'exploitant concernant les épaisseurs minimales de l'évaporateur de l'atelier T2 présentant le moins de marges par rapport au critère d'arrêt défini pour cet atelier. En conséquence, l'IRSN considère que l'exploitation de cet évaporateur doit être suspendue dans l'attente de la transmission par l'exploitant d'une analyse approfondie de l'ensemble des informations disponibles. Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation en annexe du présent avis.

3. CONCLUSION

L'IRSN considère que, compte tenu des doutes sur la validité des mesures réalisées par l'exploitant pour l'évaporateur objet du présent avis et de l'évolution atypique des résultats obtenus, l'exploitation de cet évaporateur de l'atelier T2, qui présente le moins de marge par rapport au critère d'arrêt, doit être suspendue, dans l'attente de la transmission par l'exploitant d'une analyse approfondie de l'ensemble des informations disponibles.

En tout état de cause, l'exploitant devrait analyser l'impact d'un arrêt anticipé de cet évaporateur sur le fonctionnement de l'usine UP3-A, tenant compte de l'état des autres évaporateurs des ateliers T2 et R2.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Karine HERVIOU

Directrice générale adjointe

ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2021-00144 DU 30 JUILLET 2021

Recommandation de l'IRSN

Afin de statuer sur la poursuite de l'exploitation de l'évaporateur de concentration des produits de fission (PF) de l'atelier T2 qui présente des épaisseurs de parois les plus proches du critère d'arrêt de cet atelier, l'IRSN recommande que l'exploitant réalise une analyse critique :

- des campagnes de mesures réalisées et de la méthode de traitement des résultats de mesures au regard notamment des biais introduits par le mode opératoire, les techniques de mesures ou par les hypothèses faites sur les états de surface de la zone mesurée... ;
- du retour d'expérience global des contrôles réalisés sur l'ensemble des évaporateurs PF des ateliers T2 et R2 et des résultats des essais réalisés en laboratoire ;

et réalise les investigations complémentaires éventuellement nécessaires.