

Fontenay-aux-Roses, le 13 juillet 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN n° 2016-00241**

**Objet :** Etablissement AREVA NC de La Hague  
Usines UP2-800 (INB n° 117) et UP3-A (INB n° 116)  
Augmentation d'acidité des solutions de dissolution sans dilution en entrée du premier cycle d'extraction

**Réf.** Saisine CODEP-DRC-2015-012880 du 22 juin 2015

Par lettre citée en référence, l'autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'IRSN sur le dossier de sûreté transmis par AREVA NC en février 2015 à l'appui de la déclaration de modification relative à l'augmentation de l'acidité des solutions de dissolution dans les ateliers R1 et T1 respectivement des usines UP2-800 et UP3-A, sans dilution de ces solutions en entrée du premier cycle d'extraction des ateliers R2 et T2 de ces mêmes usines.

## 1 CONTEXTE

Dans les ateliers R1 et T1, sont réalisées les opérations de cisailage et de dissolution des assemblages combustibles. Le traitement de combustibles à fort taux de combustion conduit, d'une part à un encrassement rapide des dissolvants par des précipités de molybdate de zirconium (MoZr) qui affectent leur fonctionnement, d'autre part à une augmentation de l'entraînement de radionucléides dans les déchets de structure (coques et embouts). Des essais réalisés à l'échelle du laboratoire, puis dans les ateliers de cisailage/dissolution (atelier T1 en 2004 et atelier R1 en 2005) ont montré qu'une augmentation de l'acidité des solutions de dissolution permet de limiter ces phénomènes.

Aussi, pour traiter certains combustibles (combustibles à fort taux de combustion), l'exploitant augmente actuellement l'acidité de la solution d'attaque dans le dissolvant, ce qui conduit à une augmentation de l'acidité des solutions de dissolution, puis dilue ces solutions avant leur transfert vers l'atelier R2 ou T2, de façon à respecter le domaine de fonctionnement autorisé du premier cycle d'extraction de ces ateliers. Les premiers cycles d'extractions assurent la séparation de l'uranium et du plutonium des solutions de produits de fission ainsi que la concentration de ces dernières par évaporation. Toutefois, la dilution des solutions de dissolution pénalise fortement la cadence de traitement des combustibles.

**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

En 2011, l'exploitant a été autorisé à réaliser, dans l'usine UP3-A, un essai avec augmentation d'environ 40 % de l'acidité des solutions de dissolution alimentant l'atelier T2. Compte tenu des résultats de cet essai, l'exploitant a transmis la déclaration de modification précitée qui vise à pérenniser ce mode de fonctionnement dans les deux usines.

Le dossier de sûreté joint à l'appui de la déclaration de modification présente une synthèse des résultats de cet essai et l'analyse de l'incidence de la modification notamment sur les risques de corrosion des équipements du procédé.

L'évaluation par l'IRSN du dossier de sûreté transmis par AREVA dans le cadre de la déclaration de modification relative à l'essai réalisé en 2011 a montré une bonne maîtrise de la sûreté du fonctionnement à acidité plus élevée, certains points présentés ci-après devant être confirmés par l'essai. Toutefois, compte tenu de la courte durée de cet essai, l'incidence de l'augmentation de l'acidité des solutions sur la corrosion des équipements n'avait pas été examinée de manière détaillée. Ce point fait l'objet du chapitre 3 du présent avis.

## **2 ANALYSE DES RESULTATS DE L'ESSAI DE 2011**

Au cours de l'essai d'une durée de trois semaines réalisé en 2011, une quantité de combustibles a été traitée à acidité nominale puis une même quantité de combustibles a été traitée dans les mêmes conditions que celles définies dans la déclaration de modification faisant l'objet du présent avis. L'exploitant indique que cet essai a notamment montré :

### pour l'atelier T1 :

- une diminution notable de l'entraînement de radionucléides dans les déchets technologiques (réduction d'un facteur 2 à 3) lors de la dissolution à acidité plus élevée ;
- une augmentation de la quantité de mousses produites lors de la dissolution à acidité plus élevée, ces mousses n'ayant toutefois pas d'incidence sur la sûreté et le fonctionnement ;
- l'absence d'augmentation des rejets gazeux d'iode et de ruthénium, ce qui permet de vérifier l'efficacité du lavage des effluents gazeux extraits des équipements du procédé ;

### pour l'atelier T2 :

- le maintien des performances de l'extraction du zirconium et du technétium ;
- la maîtrise des phénomènes de moussage dans les évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission ;
- l'absence d'augmentation significative des rejets de vapeurs nitreuses et de nitrites, ce qui permet de vérifier l'efficacité du traitement des effluents gazeux ;
- l'absence d'augmentation significative de la dégradation du solvant.

**L'IRSN estime que les résultats présentés par l'exploitant permettent de valider, à l'exception des phénomènes de corrosion, la maîtrise du fonctionnement du procédé dans les conditions définies dans la déclaration de modification objet du présent avis.**

Toutefois, l'IRSN estime que les faibles conséquences de l'augmentation de l'acidité des solutions sur la dégradation du solvant devraient être confirmées sur une plus longue durée. Aussi, l'IRSN estime que l'exploitant devrait réaliser, sur une période plus longue, représentative du temps d'utilisation du solvant, un suivi de la concentration en produits de dégradation du solvant dans le solvant déchargé sortant du premier cycle d'extraction et un bilan des quantités de produits de

dégradation du solvant entraînés par les raffinats issus du premier cycle d'extraction. Ce point fait l'objet de l'observation rappelée en annexe au présent avis.

### **3 INCIDENCE DE L'AUGMENTATION DE L'ACIDITE SUR LA CORROSION DES EQUIPEMENTS**

La démarche de l'exploitant consiste à montrer, à chaque étape du procédé, que l'augmentation de l'acidité des solutions de dissolution permet de respecter les critères de conception des équipements retenus par AREVA NC lors de la construction des usines au regard de la corrosion. Lorsque ces critères ne sont plus respectés, il justifie sur la base d'essais complémentaires que les vitesses de corrosion dans les nouvelles conditions de fonctionnement restent inférieures à celles maximales retenues pour la conception. De plus, il s'assure que l'augmentation des concentrations en espèces oxydantes ( $Pu_{VI}$ ,  $Np_{VI}$ ,  $Cr_{VI}$ ) ou favorisant la corrosion (fer, fluor, iode, platinoïdes) induite par l'augmentation d'acidité des solutions est suffisamment faible pour ne pas avoir d'incidence sur la corrosion des équipements.

L'IRSN souligne que le domaine de conception retenu lors de la construction des usines est défini essentiellement en fonction de la concentration en acide nitrique ( $HNO_3$ ) et de la température des solutions, alors que les solutions contiennent des espèces additionnelles (produits de fission, ions oxydants, platinoïdes, tritium...) pouvant augmenter la corrosion généralisée ou occasionner une transition vers un mode de corrosion intergranulaire. L'IRSN considère qu'une connaissance précise de l'état des équipements concernés par l'augmentation d'acidité est nécessaire pour permettre, d'une part une analyse, avec le moins d'incertitudes possibles, du suivi de l'évolution des équipements liée à l'augmentation de l'acidité des solutions de dissolution, d'autre part le traitement d'éventuels écarts futurs par rapport aux prévisions. Pour le réexamen de sûreté des usines, l'exploitant a réalisé ce type de contrôle sur un nombre limité d'équipements dans le cadre des examens de conformité et vieillissement. **L'IRSN recommande que l'exploitant complète son diagnostic de l'état actuel des équipements concernés par l'augmentation d'acidité des solutions de dissolution, en justifiant le choix des équipements retenus pour ce diagnostic. Ce contrôle devra porter a minima sur l'ensemble des équipements soumis à des températures élevées (les parties en acier inoxydable des dissolvants pour lesquelles des dimensions minimales doivent être garanties et les évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission) et sur l'ensemble des équipements dont le domaine de conception retenu n'est plus en accord avec les nouvelles conditions de fonctionnement (cuves relais par exemple).** Ce point fait l'objet de la recommandation n°1 formulée en annexe au présent avis.

Par ailleurs, à l'exception des dissolvants et des évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission, le retour d'expérience et l'analyse réalisée par l'exploitant montrent que l'augmentation d'acidité des solutions de dissolution ne met pas en cause l'analyse de sûreté relative à la corrosion de ces équipements. En revanche, la mise en évidence pour les dissolvants et les évaporateurs d'une vitesse de corrosion plus importante que prévu, qui sera encore augmentée lors du fonctionnement à une acidité plus élevée, nécessite une analyse plus poussée qui fait l'objet des paragraphes suivants.

### 3.1 DISSOLVEURS DES ATELIERS R1 ET T1

Lors du traitement en 2006 des premiers lots de combustibles de réacteur de test et de recherche (RTR) dans la chaîne B de l'atelier T1, l'exploitant a mesuré dans le dissolvant des concentrations en Fe, Ni et Cr largement supérieures à l'attendu et dans des proportions correspondant à la composition d'un acier inoxydable. L'exploitant a alors réalisé des campagnes de dosage du fer dans les solutions résultant de différentes dissolutions dites « blanches » (sans combustible) ainsi que des campagnes de mesures de l'épaisseur résiduelle des godets en acier inoxydable des roues des différents dissolvants. De ces éléments, l'exploitant conclut que la vitesse maximale de corrosion des godets des dissolvants est cinq fois supérieure à celle attendue selon les données bibliographiques.

Pour le fonctionnement visé à plus haute acidité, l'exploitant estime que la vitesse de corrosion des parties en acier inoxydable des dissolvants pourrait augmenter d'un facteur 3,5. Dans ces conditions, compte tenu de l'épaisseur actuelle mesurée des godets, l'exploitant conclut que, selon les dissolvants, entre 4 300 et 5 300 tonnes de combustibles pourront encore y être traitées sans changement de la roue.

L'IRSN estime que cette évaluation comporte de nombreuses incertitudes. Ainsi, pour l'évaluation des vitesses de corrosion à partir des mesures d'épaisseur, l'incertitude retenue par l'exploitant tient seulement compte de la technique de mesure, mais n'intègre pas les incertitudes induites par l'état de surface effectif (surface oxydée, présence de dépôts...) qui peut conduire à mesurer une épaisseur supérieure à celle du métal sain. Par ailleurs, l'exploitant évalue les vitesses de corrosion à partir des épaisseurs résiduelles moyennes sans tenir compte de la dispersion des mesures. En tenant compte de celle-ci, l'IRSN considère que la vitesse de corrosion dans les conditions d'acidité actuelle pourrait être de l'ordre du double de celle estimée par l'exploitant.

Par ailleurs, l'IRSN souligne que les vitesses de corrosion évaluées à partir des dissolutions dites « blanches » n'intègrent pas les effets liés à la présence dans la solution de dissolution des espèces oxydantes apportées par le combustible.

Enfin, dans une réponse relative à la conformité du dissolvant de l'atelier T1, AREVA indique que les dents de la roue du dissolvant et la butée de la roue participent à la stabilité d'ensemble du dissolvant en cas de séisme. Il est donc nécessaire de garantir des dimensions minimales pour ces éléments. Ceux-ci étant difficilement accessibles, l'exploitant se fonde sur les mesures d'épaisseurs des godets pour estimer la perte d'épaisseur des dents et de la butée en considérant que la corrosion est homogène sur l'ensemble des composants de la roue. L'IRSN considère que cette hypothèse n'est pas justifiée dans la mesure où, notamment, les pertes d'épaisseurs mesurées sur les godets varient pour une même roue.

En complément, l'exploitant a réalisé en 2015 un contrôle des dents de la roue dont il déduit une perte d'épaisseur maximale cohérente avec la perte d'épaisseur des godets. Toutefois, ce contrôle, réalisé sur trois dents (sur 324) situées dans une même zone de la roue à partir de gabarits, présente de fortes incertitudes. De plus, l'exploitant n'a pas évalué les quantités de combustible pouvant encore être traitées compte tenu de la marge encore disponible avant d'atteindre les dimensions minimales requises pour les dents de la roue. En outre, la butée n'a fait l'objet d'aucun contrôle.

Aussi, l'IRSN estime que l'analyse des risques de corrosion des dissolvants est insuffisante, car elle ne permet pas d'évaluer les quantités de combustibles pouvant encore être traitées dans les dissolvants dans les conditions d'acidité élevée visées en tenant compte de l'état actuel des différentes parties des dissolvants assurant une fonction de sûreté et de déterminer les contrôles périodiques à réaliser sur ces parties pour garantir leurs dimensions minimales requises. En tout état de cause, l'IRSN relève qu'une augmentation systématique de l'acidité dans les dissolvants réduirait de manière importante la durée de fonctionnement de la roue (< 10 ans), qui est un équipement dont la possibilité de remplacement est prévue.

Par ailleurs, l'IRSN relève que le mode de fonctionnement particulier actuel consistant à augmenter, sous couvert d'une autorisation interne, l'acidité de la solution d'attaque pour traiter certains combustibles, notamment ceux à fort taux de combustion, conduit à dépasser ponctuellement, dans l'unité de dissolution, l'acidité maximale retenue dans le référentiel de sûreté pour l'unité de dissolution. A ce jour, la durée totale de fonctionnement à une acidité plus élevée que celle retenue pour le fonctionnement nominal des dissolvants est faible (4 campagnes entre 2011 et 2015) ; les conséquences sur la corrosion des équipements sont donc faibles.

Toutefois, compte tenu des éléments développés ci-dessus, un tel fonctionnement ne peut pas se prolonger sur une longue période sans analyse particulière. Aussi, l'IRSN recommande que l'exploitant justifie la maîtrise des risques liés à la corrosion des matériaux dans les conditions de fonctionnement particulières à acidité plus élevée mises en œuvre actuellement pour la dissolution de certains combustibles. Dans le cadre de cette analyse, l'exploitant devra définir le domaine de fonctionnement retenu pour ces opérations, qu'il intégrera dans les règles générales d'exploitation des ateliers R1 et T1. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 formulée en annexe au présent avis. Ces éléments pourraient être examinés dans le cadre de l'instruction du dossier de réexamen de sûreté de l'atelier R1 (INB n°117) prévue en 2017.

### **3.2 EVAPORATEURS DE CONCENTRATION DES SOLUTIONS DE PRODUITS DE FISSION**

Pour rappel, les contrôles de conformité des évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission des ateliers T2 et R2 réalisés en 2012 et 2014 dans le cadre des réexamens de sûreté ont mis en évidence des pertes d'épaisseur d'acier des bouilleurs, de type généralisé, supérieures à celles attendues au regard de la vitesse de corrosion retenue à la conception.

Pour le fonctionnement visé dans la déclaration de modification, l'acidité de la solution dans les bouilleurs des évaporateurs est maintenue à la valeur définie pour le fonctionnement nominal par l'introduction d'une plus grande quantité de formol dans la solution présente dans l'évaporateur.

Toutefois, compte tenu de l'acidité plus élevée des solutions introduites dans le premier cycle d'extraction du procédé, une part plus importante de neptunium est extraite par le solvant et fuit vers le deuxième cycle de purification de l'uranium. Les deuxièmes cycles de purification de l'uranium provenant des ateliers R2 et T2 sont implantés dans l'atelier T3 de l'INB n°116. Le neptunium récupéré dans les raffinats des deuxièmes cycles de purification se retrouve ainsi dans les solutions de produits de fission concentrés dans l'atelier R2 de l'INB n°116, qui, de ce fait, contiennent une quantité plus importante de neptunium par rapport au fonctionnement nominal. Or le

neptunium oxydé à la valence VI peut contribuer à augmenter la vitesse de corrosion des évaporateurs.

L'exploitant estime à 14 % l'augmentation de la quantité de neptunium transférée dans les évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission de l'atelier T2 dans les nouvelles conditions de fonctionnement. Il indique que l'injection continue de formol dans la solution pendant l'étape de concentration assure des conditions réductrices qui permettent de maintenir le neptunium à une valence non corrosive. Cependant, en fin de concentration ou en périodes de mise en attente (fonctionnement de l'évaporateur en reflux total), le formol n'est plus injecté dans la solution et est consommé par les réactions d'oxydo-réduction. Pendant ces périodes de fonctionnement sans formol, le neptunium s'oxyde, favorisant ainsi la corrosion des évaporateurs. Selon l'exploitant, l'effet corrosif du neptunium est limité car, d'une part ces périodes de reflux total sont de courtes durées (18 % du temps total de fonctionnement pour l'atelier T2), d'autre part les pertes d'épaisseur des évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission de l'atelier T2 sont faibles. Il conclut que le fonctionnement visé avec augmentation de l'acidité des solutions de dissolution n'a pas d'incidence sur la corrosion des évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission.

L'IRSN souligne que le traitement de combustibles UOX3 avec les nouvelles conditions de fonctionnement conduit, en fin de concentration, à une teneur en neptunium à la valence VI dans les évaporateurs de l'atelier T2 se situant dans le domaine transpassif de l'acier inoxydable des parois de ces équipements.

Dans de récents avis, l'IRSN a estimé que malgré le travail important engagé par l'exploitant pour identifier les phénomènes à l'origine de la corrosion plus importante que prévue des parois des évaporateurs, ceux-ci ne sont actuellement pas totalement compris. Aussi, l'IRSN a estimé que les dispositions visant à limiter la corrosion (ajout de complexant, rinçages basiques pour éliminer les dépôts) et les contraintes mécaniques (baisse de pression et de température du circuit de chauffe) proposées par l'exploitant étaient nécessaires pour tous les évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission des ateliers R2 et T2 et que leur caractère suffisant ne pourrait être jugé qu'au travers d'un contrôle renforcé de l'ensemble des évaporateurs. **En conséquence, l'IRSN estime inopportun de passer à un mode de fonctionnement conduisant à augmenter la corrosion des évaporateurs tant que la démonstration de la maîtrise de ces phénomènes n'a pas été apportée.**

#### **4 CONCLUSION**

Des documents examinés, l'IRSN retient que l'essai réalisé en 2011 montre une bonne maîtrise, en dehors des phénomènes de corrosion, du fonctionnement du procédé dans les conditions définies dans la déclaration de modification examinée. Toutefois, une confirmation des faibles conséquences de l'augmentation de l'acidité des solutions sur la dégradation du solvant, faisant l'objet de l'observation en annexe, devrait être apportée sur une période plus longue que celle de l'essai lors de la mise en place de ce mode de fonctionnement.

Par ailleurs, compte tenu de la détection d'une corrosion plus importante que prévue pour les évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission et les parties en acier inoxydable des dissolvants, d'une justification incomplète relative à l'usure des butées et des dents des roues des dissolvants qui assurent la stabilité d'ensemble de ces derniers en cas de séisme et des incertitudes sur la compréhension des phénomènes de corrosion des évaporateurs, l'IRSN n'est pas favorable à la mise en œuvre du nouveau mode de fonctionnement faisant l'objet de la déclaration de modification.

En outre, l'IRSN considère que la pérennisation du fonctionnement particulier, utilisé actuellement à de rares occasions pour le traitement de certains combustibles (dissolution à une acidité supérieure à celle du fonctionnement nominal et dilution de la solution de dissolution avant transfert vers le premier cycle d'extraction) nécessite un complément d'analyse faisant l'objet de la recommandation n°2 formulée en annexe au présent avis, qui pourra être examiné dans le cadre de l'instruction du dossier de réexamen de sûreté de l'atelier R1 (INB n°117) prévue en 2017.

**En tout état de cause, il convient que l'exploitant réponde à la recommandation n°1 formulée en annexe du présent avis.**

Pour le Directeur général, et par délégation,

Jean-Michel FRISON

Adjoint au Directeur de l'Expertise de Sûreté

### Recommandations

#### Recommandation n° 1 :

L'IRSN recommande que l'exploitant complète son diagnostic de l'état actuel des équipements concernés par l'augmentation d'acidité en justifiant le choix des équipements retenus pour ce diagnostic. Ce contrôle devra porter a minima sur l'ensemble des équipements soumis à des températures élevées (les parties en acier inoxydable des dissolvants pour lesquelles des dimensions minimales doivent être garanties et les évaporateurs de concentration des solutions de produits de fission) et sur l'ensemble des équipements dont le domaine de conception retenu n'est plus en accord avec les nouvelles conditions de fonctionnement (cuves relais par exemple).

#### Recommandation n° 2 :

L'IRSN recommande que l'exploitant justifie la maîtrise des risques liés à la corrosion des matériaux dans les conditions de fonctionnement particulières à acidité plus élevée mises en œuvre actuellement pour la dissolution de certains combustibles. Dans le cadre de cette analyse, l'exploitant devra définir le domaine de fonctionnement retenu pour ces opérations, qu'il intégrera dans les règles générales d'exploitation des ateliers R1 et T1.

### Observation

Dans le cadre du futur fonctionnement à acidité plus élevée sans dilution des solutions en entrée du premier cycle d'extraction, l'IRSN estime que l'exploitant devrait, lorsque ce mode de fonctionnement sera mis en œuvre, réaliser :

- un bilan des quantités de produits de dégradation du solvant entraînés par les raffinats issus du premier cycle d'extraction sur une période plus longue représentative du temps d'utilisation du solvant ;
- un suivi de la concentration en produits de dégradation du solvant dans le solvant déchargé sortant du premier cycle d'extraction sur une durée suffisante pour établir un bilan conclusif.