

Fontenay-aux-Roses, le 17 novembre 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN N°** IRSN/2016-00354

**Objet :** EDF - Site de Creys-Malville  
Superphénix (INB n°91)  
Traitement des composants contenant du NaK oxydé

**Réf. :** Lettre CODEP-DRC-2016-033885 du 2 septembre 2016

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les modalités envisagées par EDF dans le dossier transmis en mai 2016, pour traiter le « NaK oxydé » contenu dans trois composants de l'installation Superphénix et les opérations y afférent.

### Contexte

La centrale nucléaire à neutrons rapides de 1 200 MWe, dite Superphénix, constituant l'installation nucléaire de base (INB) n°91, est exploitée par EDF sur le site de Creys-Malville. L'article 4 du décret n°2006-321 du 21 mars 2006 autorisant le démantèlement de cette installation stipule notamment que, dans le cadre de la première étape des opérations de démantèlement, « *les modalités de traitement du NaK oxydé et l'engagement des opérations y afférent font l'objet d'une autorisation du Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection sur la base d'un dossier de sûreté* ».

Certains équipements de Superphénix contiennent un alliage métallique de sodium et de potassium (NaK), liquide à température ambiante. Pendant la période de fonctionnement du réacteur, cet alliage s'est oxydé en formant notamment du superoxyde de potassium (KO<sub>2</sub>). Les équipements concernés par ce dossier (la soupape à NaK « RAA01ZH », le barboteur à argon dit « barboteur SGR » et le transducteur sonar « VISUS 2 ») ont déjà été vidangés du NaK liquide qu'ils contenaient. Le traitement prévu pour ces trois équipements vise à transformer les résidus de NaK et des autres composés du NaK (KO<sub>2</sub>, hydrates et oxydes simples de sodium ou potassium) en carbonates, forme chimique plus stable.

De l'examen des dispositions présentées dans le dossier d'EDF, complétées des éléments recueillis au cours de l'instruction technique, l'IRSN retient les principaux points suivants.

**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

### 1. Risques liés à la présence de NaK oxydé

Outre les risques habituels liés aux composés contenant du sodium ou du potassium (feu de sodium ou potassium, réaction entre le sodium ou potassium et l'eau, production d'hydrogène, production d'aérosols toxiques...), le NaK oxydé peut contenir du  $KO_2$  qui est une molécule pouvant se dissocier, sous l'effet de la chaleur, en potassium métallique et en  $O_2$ . Aussi, en cas de contact entre du NaK métallique résiduel et de l'eau (par exemple présente sous la forme d'hydrates de sodium ou de potassium), la réaction chimique qui s'ensuivrait produirait de la chaleur et de l'hydrogène. Cette chaleur pourrait ainsi dissocier le  $KO_2$  en oxygène, ce qui réunirait les conditions pour une combustion de l'hydrogène préalablement formé.

Pour ce qui concerne les autres formes oxydées du NaK, le dossier de l'exploitant indique que « *le peroxyde de sodium ( $Na_2O_2$ ) ne peut se former qu'à partir de  $300^\circ C$  et qu'à ce titre la probabilité de le rencontrer dans l'un des deux composants est très faible* ». Ce dossier indique également que les molécules de peroxyde de potassium ( $K_2O_2$ ) et le superoxyde de sodium ( $NaO_2$ ) ne sont pas susceptibles de se trouver dans les trois équipements concernés, compte tenu des précédentes conditions de fonctionnement de ces équipements. **Ces points n'appellent pas de commentaire de l'IRSN. En tout état de cause, la présence éventuelle de peroxyde de sodium ou de superoxyde de sodium n'induirait pas de risques supplémentaires à ceux liés au  $KO_2$ .**

Ainsi, le traitement des trois équipements contenant du NaK oxydé présente des risques liés à une explosion d'hydrogène, tels que la perte de confinement et l'exposition aux rayonnements ionisants.

### 2. Composants à traiter

Le dossier de sûreté transmis présente les inventaires radiologique et chimique des composants à traiter. En particulier, le barboteur SGR n'a jamais été mis en contact avec une quelconque substance radioactive : **l'IRSN retient que ce composant ne présente pas d'enjeu radiologique.** Le transducteur VISUS 2 et la soupape RAA01ZH contiennent respectivement un inventaire radiologique estimé à 1 MBq et 1 GBq de tritium, les autres radioéléments susceptibles d'être présents étant en proportions négligeables. **Ces estimations, fondées sur des hypothèses conservatives, n'appellent pas de remarque de l'IRSN.** Les enjeux radiologiques présentés par le traitement de ces composants sont très faibles.

Pour ce qui concerne les inventaires chimiques des composants considérés, les quantités de NaK et de  $KO_2$  résiduelles varient de l'ordre de quelques grammes pour le VISUS 2 et quelques dizaines de grammes pour la soupape RAA01ZH, à quelques kilogrammes pour le barboteur SGR. L'exploitant précise que l'inventaire chimique de ces composants a été établi sur la base d'estimations de la proportion du NaK qui s'est oxydé tout au long de la durée d'exploitation des composants, et a été confirmé par des inspections endoscopiques (le  $KO_2$ , jaunâtre, se distingue visuellement des autres oxydes de NaK). **L'IRSN n'a pas de remarque sur l'inventaire chimique présenté par l'exploitant.**

### 3. Transferts des composants vers le local de traitement

À l'exception du transducteur VISUS 2, qui sera traité *in situ* dans le bâtiment réacteur, la soupape RAA01ZH et le barboteur SGR seront transférés depuis leur emplacement actuel jusqu'au local NW913

du bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) Ouest. Ce local est équipé des différents moyens de surveillance, de ventilation et d'alimentation en fluides nécessaires au traitement de composants sodés ; il a notamment été précédemment utilisé pour le traitement par carbonatation des pièges froids secondaires et auxiliaires de l'INB.

Les transferts de la soupape RAA01ZH et du barboteur SGR seront réalisés au moyen d'une grue pour les sortir par le toit de leurs locaux d'entreposages actuels, puis par une remorque jusqu'au local de traitement NW913. Le dossier de sûreté présente les modalités de manutention, et notamment de levage, de ces composants (double élingage, balisage du parcours, transport lors de conditions météorologiques favorables...). Il convient de noter que la soupape RAA01ZH sera transportée après refroidissement à  $-40^{\circ}\text{C}$  par un système cryogénique dédié afin de minimiser les risques de réaction entre les hydrates et le NaK résiduel pendant le transport. La durée prévue du transfert de la soupape RAA01ZH est de l'ordre d'une demi-journée, tandis que l'inertie thermique de la soupape permet de disposer d'une durée d'environ neuf heures avant « dégel ». La marge de temps ainsi disponible permettrait, en cas de besoin, de réinstaller la soupape sur son support pour y raccorder à nouveau le système cryogénique.

En revanche, le barboteur SGR sera transféré sans refroidissement préalable, compte tenu de ses caractéristiques géométriques et de la localisation des hydrates et du NaK résiduel qu'il contient. En effet, le NaK résiduel se trouve au fond du barboteur, éloigné des zones de présence d'oxydes et d'hydrates, qui forment des concrétions piégées à l'intérieur du tampon filtrant du barboteur. Une mise en contact des hydrates et du NaK résiduel supposerait une migration des hydrates au travers de l'épaisseur du tampon filtrant, scénario considéré comme improbable.

**L'IRSN considère que les dispositions retenues sont adaptées.**

#### **4. Risques liés au procédé de traitement physico-chimique**

Le procédé de traitement prévu, développé spécifiquement pour le traitement du NaK oxydé, se déroulera en deux phases. Une première phase, dite de carbonatation sèche, consistera à injecter un mélange de  $\text{CO}_2$  et d'azote dont la proportion de  $\text{CO}_2$  augmentera par paliers. La seconde phase, dite de carbonatation humide, consistera à injecter un mélange de  $\text{CO}_2$ , d'azote et de vapeur d'eau. Ces deux phases visent à transformer les différents composés sodés (NaK, hydrates et oxydes de sodium ou potassium) en carbonates de sodium ou potassium. Les effluents gazeux générés par la carbonatation seront évacués par le réseau d'extraction d'air du local de traitement.

Le dossier présente des dispositions de prévention, de détection et de limitation des conséquences des risques liés notamment à une perte de maîtrise du procédé (perte de la maîtrise du débit de  $\text{CO}_2$ , perte de l'alimentation en azote, risques liés à la présence d'eau de condensation...).

D'une façon générale, l'IRSN note que la maîtrise du procédé est assurée en premier lieu par le contrôle automatisé des différents paramètres physico-chimiques ; ensuite, en cas de dérive excessive de ces paramètres, par les actions permettant l'arrêt de la réaction chimique en cours et une mise en position de repli. **Cette approche, conforme à celle appliquée antérieurement pour ce type d'opérations de traitement de composants contenant du sodium, est satisfaisante.**

En outre, les paramètres importants pour la sûreté du procédé (teneur en hydrogène des effluents gazeux, débits d'injection de gaz, proportion des réactifs...) définissent un domaine de fonctionnement nominal, dont les bornes sont présentées dans le dossier de sûreté, **ce qui est satisfaisant**. Un dépassement de ces limites conduit, selon l'exploitant, à la mise automatique en « *position de repli* » du procédé, par arrêt de l'injection des réactifs gazeux, sans toutefois arrêter le chauffage du composant. À ce sujet, EDF a précisé au cours de l'instruction que l'arrêt de l'injection des réactifs gazeux suffit à assurer la mise en position de repli du procédé et qu'un arrêt du chauffage n'est ni nécessaire, ni souhaitable, compte tenu du risque de condensation de la vapeur d'eau du mélange réactif. L'IRSN souligne toutefois que la mise en position de repli ne dispense pas de surveiller la température du composant en vue de se prémunir du risque de chauffage excessif, pouvant conduire à la thermolyse du  $\text{KO}_2$ . **Aussi, indépendamment de la mise en position de repli, l'IRSN recommande que l'exploitant définisse un seuil de température excessive conduisant à l'arrêt du chauffage des composants afin d'éviter la thermolyse du  $\text{KO}_2$ . Ceci fait l'objet de la recommandation 1 en annexe 1 au présent avis.**

Par ailleurs, la température d'exploitation du procédé sera réglée autour d'un point de fonctionnement nominal. Sur ce point, l'IRSN considère qu'une température trop basse génère, pendant la phase de carbonatation humide, un risque de condensation de la vapeur d'eau du mélange réactif gazeux à l'intérieur du composant en cours de traitement, ce qui pourrait conduire à une réaction sodium-eau non maîtrisée. À cet égard, le dossier de sûreté indique que l'atteinte d'un seuil bas de température entraîne l'arrêt automatique d'injection d'eau et de  $\text{CO}_2$ , tandis que la fiche d'évolution des règles générales d'exploitation annexée à ce dossier évoque un arrêt manuel d'injection d'eau et de  $\text{CO}_2$ . Au cours de l'instruction, l'exploitant a confirmé que cette action sera automatisée. **Aussi, l'IRSN considère que la fiche d'évolution des RGE devrait être révisée en ce sens. Ce point fait l'objet de l'observation 1 en annexe 2 au présent avis.**

À l'issue du procédé de traitement, les composants sodés contaminés seront évacués en tant que déchets de très faible activité selon des modalités qui ne sont pas définies précisément à ce stade de l'avancement des études.

#### **5. Rejets d'effluents gazeux générés par le procédé**

Pour ce qui concerne les modalités de surveillance des rejets de tritium produit par le procédé, l'exploitant précise dans le dossier de sûreté que « *lors du traitement, le suivi du tritium du rejet n'est pas nécessaire, les quantités émises sont très faibles* ». Néanmoins, il est précisé par ailleurs que les effluents du procédé, rejetés dans le réseau d'extraction d'air de l'INB, feront l'objet d'un comptage à l'exutoire final de ce réseau. À l'égard de ce point, l'IRSN relève que la limite de rejet journalier autorisé en tritium est supérieure de plusieurs ordres de grandeur à la quantité de tritium susceptible d'être rejetée au cours du traitement de la soupape RAA01ZH. **Aussi, l'absence de surveillance locale de la production de tritium peut être tolérée.**

#### **6. Surveillance radiologique des locaux de traitement**

Pour ce qui concerne les risques d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, le dossier de sûreté ne présente pas de disposition de surveillance de l'absence de contamination en tritium dans les locaux de traitement, au motif des faibles inventaires radiologiques mis en jeu. L'IRSN

considère que les faibles inventaires radiologiques contenus dans la soupape RAA01ZH et le transducteur VISUS 2 ne permettent pas d'exclure tout risque d'exposition des travailleurs au tritium en cas de fuite d'effluent gazeux du procédé de traitement. Aussi, à l'instar des dispositions de surveillance radiologique de l'atmosphère du local de traitement qui avaient été mises en œuvre pour le traitement chimique des pièges froids secondaires et auxiliaires, **l'IRSN recommande que l'exploitant mette en place une balise de surveillance de la contamination atmosphérique en tritium dans les locaux de traitement. Ce point fait l'objet de la recommandation 2 en annexe 1 au présent avis.**

Compte tenu de la durée prévue du traitement du NaK (quelques dizaines d'heures) et des spécifications usuelles de ce type d'équipements, l'absence de définition de cet équipement de surveillance en tant qu'équipement important pour la protection (EIP) peut être tolérée.

### **7. Impact sur le référentiel de sûreté**

Le dossier transmis contient une fiche d'évolution des règles générales d'exploitation (RGE), qui présente la liste des équipements devant être disponibles lors de ces opérations de traitement ; les différents systèmes participant à la maîtrise du procédé sont ainsi listés. L'IRSN relève qu'EDF a uniquement associé une « exigence de disponibilité » aux équipements de surveillance du procédé et que les valeurs des seuils de mise automatique en position de repli ne sont pas retranscrites dans le chapitre des RGE présentant le domaine de fonctionnement autorisé. Néanmoins, la fiche d'évolution des RGE précise que « *les paramètres de fonctionnement sont réglés de manière à garantir une teneur en hydrogène dans le composant inférieure à 1/4 de la limite inférieure d'inflammabilité et une teneur en oxygène inférieure à 5 %. En cas de situations conduisant à un risque de dépassement de la teneur en hydrogène ou oxygène, l'installation est mise en position de repli automatiquement* ». Ces derniers éléments, définissant un domaine de fonctionnement autorisé dans les RGE sur la concentration d'hydrogène produit par le procédé, sont acceptables.

D'une manière générale, l'IRSN considère que les équipements participant à la maîtrise des risques liés à l'hydrogène devraient être définis comme des EIP. Sur ce point, le dossier de sûreté mentionne que les « *mesures* » de différents systèmes de surveillance du procédé constituent des EIP. La fiche d'évolution des RGE annexée au dossier transmis présente la liste des EIP retenus au titre de la maîtrise des risques liés à l'hydrogène. **L'IRSN estime que les termes retenus sont ambigus** (par exemple, « *mesure de la pression dans le composant* ») car ils ne désignent pas le système ou l'équipement concerné. *Ce point fait l'objet de l'observation 2 en annexe 2 au présent avis.*

Enfin, la fiche d'évolution des RGE mentionne également des contrôles et essais périodiques pour les différents équipements et systèmes participant à la maîtrise du procédé, **qui n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

### **Conclusion**

En conclusion, l'IRSN estime que les dispositions prévues pour la sûreté des opérations de traitement du NaK oxydé, telles que définies dans le dossier de sûreté transmis, sont acceptables, sous réserve qu'EDF tienne compte des recommandations figurant en annexe 1 au présent avis. L'IRSN a également formulé deux observations présentées en annexe 2 au présent avis.

Il convient enfin de noter que l'IRSN n'a pas examiné les risques classiques, ceux-ci devront, le cas échéant, être examinés par les instances compétentes.

Pour le Directeur général et par délégation,  
Anne-Cécile JOUVE

Chef du service de sûreté des installations de recherche  
et des réacteurs en démantèlement

**Annexe 1 à l'avis IRSN/2016-00354 du 17 novembre 2016**

**Recommandations**

1. L'IRSN recommande que, indépendamment de la mise en position de repli, l'exploitant définisse un seuil de température excessive conduisant à l'arrêt du chauffage du composant.
2. L'IRSN recommande que l'exploitant mette en place des équipements de surveillance de la contamination atmosphérique en tritium dans les locaux de traitement des composants contenant du NaK oxydé.

Annexe 2 à l'avis IRSN/2016-00354 du 17 novembre 2016

Observations

1. L'IRSN considère que la fiche d'évolution des RGE devrait être révisée afin de la rendre cohérente avec la disposition réellement retenue en cas de détection d'une température trop basse du composant en cours de traitement (arrêt automatique de l'injection d'eau et de CO<sub>2</sub>).
2. L'IRSN considère que les termes retenus pour définir les EIP associés à la maîtrise des risques liés à l'hydrogène devraient être clarifiés (par exemple « *chaîne de mesure de l'analyseur rapide* »).