

Fontenay-aux-Roses, le 15 juin 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2017-00191

Objet : Transport - Site AREVA du Tricastin  
Modifications des RGE des INB n°s 93 et 168  
Cylindres 30B et 48'' partiellement remplis d'hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>)

Réf. **Lettre ASN CODEP-DTS-2017-006469 du 16 février 2017.**

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 modifications des règles générales d'exploitation (RGE) des installations nucléaires de base (INB) n° 93 (usine George Besse) et n° 168 (usine George Besse II), transmises par les exploitants de ces INB en janvier 2017. Ces modifications portent sur des opérations de transport interne au site du Tricastin de cylindres 30B et 48'' contenant de l'hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>).

De l'expertise des justifications présentées par les exploitants, l'IRSN retient les points suivants.

## 1 CONTEXTE

Dans les INB n°s 93 et 168, l'UF<sub>6</sub> est conditionné en cylindre 30B ou en cylindre 48''. La teneur en isotope 235 de l'uranium est au plus de 5 %.

Les cylindres 30B et 48'', de conception similaire, se différencient principalement par leur taille (les cylindres 30B sont plus petits que les cylindres 48''). Ils sont constitués d'une virole cylindrique de section circulaire fermée à chaque extrémité par un fond bombé, en acier. L'un des fonds est équipé d'une vanne et l'autre d'un orifice de drainage fermé par un bouchon. La virole est prolongée à ses deux extrémités par des jupes qui protègent la vanne et le bouchon.

Les cylindres 48'' regroupent les cylindres de types 48Y, 48K ou 48Z. Les cylindres 30B et 48Y respectent les exigences des normes ISO 7195 ou ANSI N14.1, relatives à la conception, à la fabrication et à la maintenance des cylindres d'UF<sub>6</sub>. Les cylindres 48K sont des cylindres 48Y déclassés, car n'ayant pas subi l'épreuve hydraulique périodique prévue par la norme ISO 7195 ; ils ne peuvent plus être remplis et peuvent contenir uniquement des « pieds de cuve » (résidus d'UF<sub>6</sub> présents après vidange) ou de l'UF<sub>6</sub> en attente de vidange. Les cylindres 48Z sont de conception identique à celles des cylindres 48Y mais diffèrent par leur longueur et leur capacité supérieures. Ils ne peuvent plus être remplis et peuvent contenir uniquement des pieds de cuve.

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 8 440 546 018

Actuellement, les analyses de sûreté des exploitants considèrent trois configurations de remplissage des cylindres 48'' pour les opérations de transport interne :

- cylindre plein, c'est-à-dire contenant une masse d'UF<sub>6</sub> comprise entre 95 % et 100 % de la masse maximale de remplissage ;
- cylindre peu rempli, c'est-à-dire contenant une masse d'UF<sub>6</sub> maximale de l'ordre de 200 kg ;
- cylindre vide, c'est-à-dire contenant uniquement des résidus d'UF<sub>6</sub> dénommés « pieds de cuve ».

De même, deux configurations sont définies pour les cylindres 30B :

- cylindre plein, c'est-à-dire contenant une masse d'UF<sub>6</sub> comprise entre 80 et 100 % de la masse maximale de remplissage ;
- cylindre vide, c'est-à-dire contenant uniquement des résidus d'UF<sub>6</sub> dénommés « pieds de cuve ».

La configuration « cylindre peu rempli » n'existe pas pour les cylindres 30B.

Les modifications des RGE objet du présent avis visent à définir une nouvelle configuration de remplissage des cylindres 30B et 48'', dite « partiellement remplis d'UF<sub>6</sub> », et à modifier les masses d'UF<sub>6</sub> définissant les configurations « cylindre plein » et « cylindre peu rempli ». Ainsi, :

- pour les cylindres 48'' (respectivement 30B) pleins, la borne basse de la masse d'UF<sub>6</sub> passe de 95 % (resp. 80 %) de la masse maximale de remplissage à 50 % (resp. 20 %) ;
- la masse maximale d'UF<sub>6</sub> des cylindres 48'' « peu remplis » devient de l'ordre de 150 kg ;
- la masse d'UF<sub>6</sub> des cylindres « partiellement remplis » est comprise entre la borne haute des cylindres 48'' « peu remplis » ou 30B vides et la borne basse des cylindres pleins.

## 2 ANALYSE DE SURETE

### 2.1 Tenue à la pression des cylindres en cas d'incendie

Les règles de transport interne (RGTI) du site AREVA du Tricastin spécifient une épreuve d'incendie, définie par un feu enveloppant le colis pendant au moins 15 min avec une température de flamme minimale de 800°C. Cette épreuve ne doit pas conduire à la rupture de l'enveloppe de confinement (constituée du cylindre, de sa vanne et de son bouchon).

Les exploitants ont réalisé des études numériques relatives au comportement des cylindres 30B et 48'' lors de l'épreuve d'incendie. Ces études prennent notamment en compte l'évolution des caractéristiques de l'acier des cylindres avec la température et les éventuels changements de phases de l'UF<sub>6</sub> (conduisant à une montée en pression dans le cylindre). Ces études montrent qu'à la fin des 15 minutes de feu, la paroi du cylindre atteint sa température maximale, de l'ordre de 600 à 650°C. Cependant, le flux de chaleur n'ayant pas encore complètement diffusé dans le cylindre, la pression interne, de l'ordre de 20 bar, n'est pas encore maximale. Ainsi, pendant la phase de refroidissement, la température de la paroi du cylindre diminue mais la pression interne augmente (jusqu'à environ 30 à 45 bar pour une température de 400°C). À cet égard, la masse d'UF<sub>6</sub> dans le cylindre influence fortement sur la pression interne maximale atteinte. En effet, plus la masse d'UF<sub>6</sub> est importante, plus la capacité calorifique du contenu est importante et plus la montée en pression est limitée.

Dans les analyses de sûreté, les exploitants retiennent les critères suivants :

- les contraintes dans la paroi du cylindre ne dépassent pas la limite à la rupture de l'acier, en considérant la baisse de cette limite lorsque la température augmente ;
- la pression dans le cylindre ne dépasse pas la pression du point critique de l'UF<sub>6</sub> (233°C et 46,6 bar) au-delà de laquelle peut se former une phase dite supercritique dont les propriétés sont difficilement modélisables.

La définition de ces critères n'appelle pas de remarque de l'IRSN. Cependant, pour le premier critère, l'exploitant se fixe un facteur de sécurité de 1,25 alors que le code RCC-M prévoit un facteur de sécurité de 1,43 pour les équipements nucléaires. Pour le second critère, l'exploitant ne se fixe pas de facteur de sécurité. Or, la pression de transition entre la phase gazeuse et la phase supercritique n'est pas clairement définie pour des températures supérieures à la température critique (233°C). Aussi, l'IRSN estime que l'exploitant devrait prendre en compte des marges pour garantir que l'UF<sub>6</sub> n'atteint pas l'état supercritique. Ces points sont pris en compte par l'IRSN dans la suite de son évaluation.

### **2.1.1 Transport des cylindres partiellement remplis**

Compte tenu de la masse limitée d'UF<sub>6</sub> dans ces cylindres, conduisant à une inertie thermique limitée du contenu, la montée en pression lors de l'épreuve thermique est importante. Ainsi, les études concluent que les critères précités ne sont pas satisfaits lors de cette épreuve. Le nombre de cylindres concernés par ces transports étant limité, les exploitants ont définis des dispositions particulières pour leur transport ; un véhicule d'escorte équipé de moyens d'extinction d'un incendie accompagne le transport sur un itinéraire préalablement défini et dont les voies de circulation (y compris les voies ferrées) ont été fermées à toute autre circulation.

Compte tenu que ces transports sont prévus en nombre limité, cela n'appelle pas de remarque de l'IRSN. À cet égard, l'IRSN considère que les exploitants devraient, au titre du retour d'expérience, préciser dans les bilans annuels des INB le nombre de transports de cylindres 30B et 48'' partiellement remplis. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1 présentée en annexe 2 au présent avis.**

Par ailleurs, l'ensemble des dispositions définies dans les dossiers de sûreté pour le transport des cylindres partiellement remplis n'est pas décliné dans les RGE des installations. **Ceci fait l'objet de la recommandation n° 3 en annexe 1 au présent avis.**

### **2.1.2 Transport des cylindres pleins**

Les exploitants retiennent à présent comme masse minimale d'UF<sub>6</sub> dans un cylindre plein, la plus faible masse conduisant selon les études précitées au respect des deux critères définis (limite à la rupture de l'acier en température avec un coefficient de sécurité de 1,25 et pression du point critique de l'UF<sub>6</sub>).

À cet égard, ces études sont basées sur un nombre important de paramètres (conductivité de l'UF<sub>6</sub>, capacité calorifique de l'UF<sub>6</sub>, courbe de vaporisation de l'UF<sub>6</sub>, résistance de contact entre la paroi du cylindre et l'UF<sub>6</sub>, coefficients de convection dans le cylindre...). Plusieurs valeurs de ces paramètres sont issues d'une étude expérimentale fondée sur des essais réalisés avec des cylindres 48''. En conclusion, cette étude indique que des analyses de sensibilité sont encore nécessaires pour qualifier ces paramètres. De plus, l'influence de la géométrie des cylindres 30B, plus petits que les cylindres 48'', devrait être analysée.

Les études réalisées considèrent la limite à la rupture de la nuance d'acier des cylindres présentant les propriétés les plus pénalisantes parmi les nuances autorisées. **Ceci est satisfaisant.** Toutefois, la virole des cylindres atteint une température maximale de l'ordre de 600°C lors de l'incendie et la contrainte maximale dans la virole des cylindres est atteinte pour une température d'environ 400°C. Or, les nuances d'aciers retenues pour les cylindres ne sont pas conçues pour des températures élevées ; des phénomènes de fluage peuvent intervenir au-delà de 400°C et modifier les caractéristiques mécaniques du matériau. En outre, le code RCC-M définit les propriétés mécaniques des aciers utilisés jusqu'à 350°C et le code ASME limite l'utilisation de ces aciers à 370°C pour des « équipements nucléaires ». À cet égard, pour les transports sur la voie publique, les cylindres sont placés dans des surcoques ou des couvertures thermiques qui limitent la montée en température de l'acier des cylindres en cas d'incendie.

Par ailleurs, il est supposé dans les études réalisées que l'acier retrouve ses propriétés mécaniques à environ 400°C après avoir été porté à une température supérieure à 600°C sous pression. Or, le comportement du matériau pourrait ne pas plus être élastique à une température supérieure à 600°C et sous pression.

En outre, pour le cylindre 30B, l'épaisseur d'acier modélisée est l'épaisseur nominale. L'IRSN estime que l'influence de la tolérance sur cette épaisseur aurait dû être étudiée, comme cela a été fait pour les cylindres 48''.

**Aussi, l'IRSN considère que les caractéristiques mécaniques l'acier des cylindres prises en compte dans les études ne sont pas suffisamment justifiées.**

Enfin, la tenue des montages de la vanne et du bouchon n'est pas justifiée aux niveaux de température et de pression atteints. En outre, des phénomènes de rétraction différentielle peuvent intervenir lors du refroidissement. Aussi, l'IRSN considère la non-rupture de l'enveloppe de confinement n'est pas démontrée au niveau des orifices.

**Aussi, en l'état et dans la configuration retenue pour les opérations de transport interne au site du Tricastin, l'IRSN considère que les études réalisées ne permettent pas de justifier la tenue des cylindres d'UF<sub>6</sub> pleins à l'épreuve d'incendie définie pour ce site. À cet égard, l'IRSN relève que les règles de transport interne du site du Tricastin définissent des dispositions réduisant significativement les risques d'occurrence d'un incendie affectant les cylindres (utilisation de voies dédiées aux transports d'UF<sub>6</sub> notamment).**

Nonobstant, l'IRSN estime que les exploitants devraient étudier, d'une part le renforcement de ces dispositions (par exemple, en éloignant les cylindres d'UF<sub>6</sub> des éléments moteurs, tracteurs ou locomotives, qui présentent le plus de risque...), d'autre part la mise en place d'équipements visant à limiter le développement d'un éventuel départ de feu et la montée en température des cylindres (extinction automatique sur les moyens de transport, isolation thermique des cylindres...). Ceci fait l'objet de la recommandation n°1 en annexe 1 du présent avis.

Concernant les configurations actuelles de remplissages des cylindres pleins, l'IRSN relève que les études réalisées montrent l'existence de marges de sûreté par rapport aux critères actuellement définis par les exploitants, qui font cependant l'objet des réserves détaillées ci-avant. A contrario, les nouvelles configurations de remplissage définies par les exploitants, du fait de la diminution significative des masses minimales d'UF<sub>6</sub>, augmentent significativement les risques de rupture de l'enveloppe de confinement en cas d'incendie. **Aussi, l'IRSN recommande que les configurations actuelles de remplissage des cylindres pleins soient conservées. Ceci fait l'objet de la recommandation n°2 en annexe 1 au présent avis.**

A cet égard, l'IRSN considère qu'une éventuelle modification de ces configurations pourrait être examinée au regard des dispositions complémentaires mises en œuvre pour limiter les risques d'incendie au niveau d'un cylindre ou la température des cylindres en cas d'incendie.

## 2.2 Relâchement d'activité

Les RGTI du site AREVA du Tricastin spécifient des critères de relâchement d'activité de  $10^{-4}$  A2 pour un contenu solide et de  $10^{-5}$  A2 pour un contenu liquide en conditions normales de transport pour les colis de type IP2 ou A. Or, les dossiers de sûreté des cylindres 30B ou cylindres 48'' utilisent des critères plus élevés. L'IRSN estime que ces dossiers devraient être cohérents avec les RGTI. **Ceci fait l'objet de l'observation n°2 présentée en annexe 2 au présent avis.**

Toutefois, ceci ne modifie pas les conclusions des analyses de relâchement d'activité en conditions normales de transport.

## 2.3 Criticité

Les exploitants ont mis à jour les études de criticité relatives au transport interne de cylindres d'UF<sub>6</sub> pour tenir compte de la présence de résidus en plus de l'UF<sub>6</sub>. **Ces études n'appellent pas de commentaire de l'IRSN.**

## 2.4 Radioprotection

Les débits d'équivalent de doses déterminés pour les cylindres 30B et 48'' en configuration de transport interne respectent, avec des marges significatives, les critères définis dans les RGTI. **Ils n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

Les dossiers de sûreté des cylindres 30B et 48'' autorisent la manutention des cylindres en position horizontale, la vanne étant située en position haute (12h), avec une tolérance de 90° (entre 9h et 15h). À cet égard, le débit de dose au contact des cylindres n'est pas homogène : il est maximal en partie inférieure des cylindres, du fait de l'accumulation des résidus (« pieds de cuve ») dans cette zone. Aussi, suivant le principe ALARA, l'IRSN estime que les exploitants pourraient limiter la tolérance sur l'orientation des cylindres (de manière à maximiser la distance entre les opérateurs et la zone d'accumulation des résidus). **Ceci fait l'objet de l'observation n°3 présentée en annexe 2 au présent avis.**

## 3 REGLES D'EXPLOITATION

En dehors des points évoqués ci-avant, les RGE listent les défauts les plus couramment constatés sur les cylindres (jupe tordue, vanne désaxée...) et identifient les actions à mener. **L'IRSN estime qu'il s'agit d'une bonne pratique.**

Cependant, les RGE indiquent que tout défaut qui n'est pas listé et qui ne touche pas l'enveloppe de confinement du cylindre est acceptable. Selon ce principe, par exemple, des défauts de la soudure des organes de manutention ne feraient pas l'objet d'une action particulière. Aussi, l'IRSN estime que tout défaut qui n'est pas listé dans les RGE devrait faire l'objet d'une analyse avant transport. **Ceci fait l'objet de l'observation n°4 présentée en annexe 2 au présent avis.**

## 4 CONCLUSION

L'IRSN estime acceptable, du point de vue de la sûreté, les modifications des RGE des INB n<sup>os</sup> 93 et 168 relatives à l'ajout des opérations de transport interne des cylindres 30B et 48'' partiellement remplis, telles que déclarées par les exploitants, sous réserve de la mise à jour des RGE pour inclure les modalités particulières de transport des cylindres partiellement remplis définies dans les dossiers de sûreté.

Par contre, l'IRSN estime que la sûreté des opérations de transport interne des cylindres pleins devrait être renforcée, en limitant les risques de développement d'un incendie pouvant affecter un cylindre d'UF<sub>6</sub> ou d'échauffement d'un cylindre. En tout état de cause, compte tenu des incertitudes affectant les études réalisées, l'IRSN recommande de ne pas modifier les conditions de remplissage des cylindres d'UF<sub>6</sub> pleins, compte tenu que cette évolution augmente les risques de rupture de l'enveloppe de confinement en cas d'incendie.

Ces points font l'objet des recommandations de l'annexe 1 au présent avis.

Par ailleurs, les exploitants devraient tenir compte des observations formulées en annexe 2 au présent avis, notamment à l'occasion d'une prochaine mise à jour des RGE ou des dossiers de sûreté.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

**Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2017-00191 du 15 juin 2017**  
**Recommandations**

- 1 L'IRSN recommande que les exploitant proposent des dispositions opérationnelles complémentaires pour limiter encore les risques de développement d'un incendie affectant un cylindre d'UF<sub>6</sub> (extinction automatique d'incendie au niveau des moyens de transport, éloignement des cylindres d'UF<sub>6</sub> des éléments moteurs, tracteurs ou locomotives, qui présentent le plus de risque...). Par ailleurs, la mise en place d'un isolant thermique autour des cylindres (couverture par exemple) devrait être examinée, au regard des enjeux de sûreté et de radioprotection.
- 2 L'IRSN recommande de conserver, dans les RGE des INB n<sup>os</sup> 93 et 168, les masses minimales de masse d'UF<sub>6</sub> actuellement spécifiées pour les cylindres pleins.
- 3 L'IRSN recommande que les exploitants indiquent dans les RGE des INB n<sup>os</sup> 93 et 168, l'ensemble des dispositions compensatoires définies dans les dossiers de sûreté de transport interne du cylindre 30B et du cylindre 48'', notamment pour le transport des cylindres 30B et 48'' partiellement remplis.

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2017-00191 du 15 juin 2017

Observations

- 1 Le bilan annuel des INB n<sup>os</sup> 93 et 168 devrait présenter le nombre de transports de cylindres 30B et 48'' partiellement remplis réalisés.
- 2 L'exploitant devrait mettre en cohérence les critères de relâchement définis dans les dossiers de sûreté des cylindres 30B et 48'' avec ceux définis dans les RGTI.
- 3 L'exploitant devrait limiter la tolérance sur l'orientation de la vanne des cylindres lors de la manutention et du transport des cylindres.
- 4 Il devrait être indiqué dans les RGE des INB n<sup>os</sup> 93 et 168, que tout défaut affectant un cylindre d'UF<sub>6</sub> qui n'est pas listé doit faire l'objet d'une analyse avant transport.