

Fontenay-aux-Roses, le 26 février 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00032

Objet : **Transport interne - Établissement FRAMATOME de Romans-sur-Isère - INB n° 63 et n° 98**
Modification notable des règles générales d'exploitation

Réf. : [1] Lettre ASN - CODEP-DTS-2020-036629 du 7 octobre 2020.
[2] Demande Framatome - SUR 20/087 du 8 avril 2020.
[3] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition 2012.

Par la lettre citée en première référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le niveau de sûreté des opérations de transport interne des cylindres 30B contenant de l'hexafluorure d'uranium (UF₆) sur le site de Romans-sur-Isère, associées à la demande de modification des règles générales d'exploitation (RGE) des installations nucléaires de base (INB) n° 63 (CERCA) et n° 98 (FBFC), présentée par la société FRAMATOME, ci-après dénommée « l'exploitant ».

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des compléments apportés par l'exploitant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les éléments suivants.

1. CONTEXTE

En février 2017, la mise en œuvre des RGE des transports internes de matières dangereuses et des règles générales des transports internes (RGTI) des INB n° 63 et n° 98 du site de Romans-sur-Isère a fait l'objet d'une demande d'autorisation de modification auprès de l'ASN. En raison de compléments demandés par l'ASN, cette demande a été réputée rejetée. La nouvelle demande citée en deuxième référence apporte les compléments demandés par l'ASN.

Pour rappel, les cylindres 30B munis d'une coque de protection sont agréés pour le transport par voies routière, ferroviaire et maritime d'hexafluorure d'uranium (UF₆) comme colis de matières fissiles. En revanche, les transports internes de cylindres 30B sur le site de Romans-sur-Isère sont effectués sans coque de protection. Ils respectent toutes les exigences des normes ISO 7195 ou ANSI N14.1 relatives à la conception, à la fabrication et à la maintenance des cylindres transportant de l'UF₆. Les cylindres 30B 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. L'enveloppe de confinement est constituée de la virole du cylindre, de son bouchon et de sa vanne. L'emballage n'est pas muni d'organe d'arrimage ou de manutention. Aussi, la manutention des cylindres 30B est réalisée au moyen d'un chariot à prise latérale, équipé

d'un berceau et de pinces hydrauliques de préhension. Le cylindre est ainsi directement arrimé sur le moyen de transport.

Les cinq contenus pouvant être transportés dans les cylindres, dans le cadre de la présente demande, sont constitués d'UF₆ sous forme solide ou de résidus solides, dont l'enrichissement en uranium 235 (²³⁵U) n'excède pas 5 %. Les deux configurations de transport possibles sont des cylindres dits « vides » pour des résidus solides et des cylindres dits « pleins » lorsque la masse de contenu est comprise entre 80 % et 100 % du remplissage maximal du cylindre. Pour ces derniers, le remplissage maximal garantit un volume libre de 5 % du volume utile du cylindre.

Pour les cylindres 30B sans coque, l'exploitant retient des spécifications générales et particulières d'exploitation (mesures compensatoires) afin, d'une part de limiter l'occurrence et les conséquences d'une chute, d'un incendie ou d'une aspersion du cylindre lors du transport interne, d'autre part de diminuer le délai d'intervention de l'équipe locale d'intervention.

2. SUFFISANCE DES EXIGENCES D'EXPLOITATION RETENUES POUR LES CYLINDRES 30B SANS COQUE

L'expertise de l'IRSN a principalement porté sur la suffisance des mesures compensatoires retenues par l'exploitant au regard des démonstrations de sûreté relatives aux comportements mécanique et thermique des cylindres 30B chargés d'UF₆ à l'issue des épreuves représentatives des conditions accidentelles de transport (CAT). Les réponses apportées par l'exploitant aux demandes formulées par l'ASN en 2017 concernant ces cylindres s'inscrivent dans ce cadre.

2.1. COMPORTEMENT MÉCANIQUES DU COLIS AUX ÉPREUVES REPRÉSENTATIVES DES CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

Pour rappel, les épreuves représentatives des CAT consistent en une épreuve de chute libre, une épreuve de chute sur poinçon et une épreuve d'immersion.

Concernant l'épreuve de chute libre des cylindres 30B, et en réponse à une demande de l'ASN portant sur la cohérence de la hauteur de chute libre retenue au regard de la vitesse maximale autorisée des engins de transport, égale à 30 km/h (mesure compensatoire), l'exploitant a déterminé selon la formule spécifiée dans les RGTI qu'une telle vitesse conduit à une chute libre de 1,25 m sur une cible indéformable. Cette formule permet de déterminer la hauteur de chute maximale à retenir en cas de collision de véhicule en fonction de la vitesse des engins pendant le transport. Par ailleurs, l'exploitant limite la hauteur maximale de manutention des cylindres 30B à 1,4 m (mesure compensatoire). Enfin, il retient d'autres mesures compensatoires portant sur des restrictions et des conditions de circulation pour réduire l'occurrence ou limiter les conséquences d'un tel accident. À cet égard, il indique que les voies de circulation sont suffisamment larges pour limiter au maximum le choc frontal entre deux véhicules et que le retour d'expérience d'exploitation du site sur plusieurs décennies confirme l'absence d'accident de ce type.

La formule retenue par l'exploitant pour calculer la hauteur de chute en fonction de la vitesse de l'engin de manutention du colis n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN. En outre, les mesures compensatoires retenues permettent de limiter un choc entre deux véhicules, **ce qui est satisfaisant.** Cependant, certaines de ces mesures compensatoires ne sont pas déclinées dans les RGE.

Pour justifier la hauteur maximale de manutention des cylindres 30B à 1,4 m, l'exploitant indique que la démonstration de tenue mécanique du cylindre 30B à une chute libre de 1,2 m représentative des conditions normales de transport (CNT) sur une cible indéformable présente des marges significatives, sans toutefois présenter ces marges et les critères retenus. Il précise, sur la base d'une étude bibliographique, qu'un cylindre

résistant à une chute de 1,2 m sur une cible indéformable résiste à une chute de 3,84 m sur un sol en terre dur, représentatif des zones de manutention des cylindres 30B sur le site de Romans-sur-Isère.

L'IRSN estime que, pour une chute d'une hauteur de 1,4 m en manutention, le sol peut être considéré comme une cible déformable et que les éléments présentés par l'exploitant sont donc recevables. En revanche, pour une chute représentative des CAT, en cas de collision de l'engin de transport, l'IRSN considère que la cible doit être supposée indéformable. Aussi, l'IRSN estime que la hauteur de 1,25 m calculée n'est pas couverte par la démonstration de sûreté présentée par l'exploitant, celle-ci se basant sur le comportement mécanique des cylindres 30B à l'issue d'une chute d'une hauteur de 1,2 m. Les marges et les critères retenus dans cette démonstration n'ayant pas été présentés par l'exploitant, l'IRSN considère en l'état que la résistance des cylindres pourrait être mise en cause. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe 2 au présent avis. Par conséquent, la demande de l'ASN relative à la hauteur de chute ne peut donc pas être soldée.**

Concernant l'épreuve de chute sur poinçon, celle-ci n'est pas étudiée par l'exploitant. À cet égard, il indique que le parcours est effectué sur une voie dégagée, dépourvue d'obstacles. **Ceci n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

Concernant l'épreuve d'immersion de la réglementation AIEA en troisième référence, celle-ci est amendée par les RGTI du site, qui indiquent que le colis peut en être dispensé si les conditions de transport rendent impossible une immersion. Le modèle de colis fait l'objet d'une mesure compensatoire interdisant au convoi de longer ou de traverser une source d'eau non protégée. **Toutefois, cette mesure n'est pas déclinée dans les RGE.**

De manière générale, plusieurs mesures compensatoires présentées par l'exploitant, notamment dans le dossier de conformité des cylindres 30B, ne sont pas déclinées dans les RGE. Étant donné que ces dernières constituent le recueil définissant le domaine autorisé de fonctionnement et les prescriptions de conduite associées pour le transport interne sur le site de Romans-sur-Isère, l'IRSN estime que toutes les mesures compensatoires associées au transport interne des cylindres 30B non munis de coque devraient y être déclinées. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe 2 au présent avis.**

2.2. COMPORTEMENT THERMIQUE DU COLIS À L'ÉPREUVE D'INCENDIE

L'épreuve d'incendie représentative des CAT de la réglementation AIEA en troisième référence est amendée par les RGTI du site, qui spécifient une épreuve d'incendie définie par un feu enveloppant le colis pendant 15 minutes avec une température de flamme de 800°C. Cette épreuve ne doit pas conduire à la rupture de l'enveloppe de confinement du colis.

Critères retenus

Sur la base d'une étude numérique évaluant la montée en pression dans les cylindres en cas d'incendie, l'exploitant détermine la contrainte transmise à la virole. Selon lui, cette contrainte, associée à un coefficient de sécurité de 1,25, ne doit pas dépasser la résistance limite à la rupture de l'acier de la virole à la température atteinte par cette dernière. En réponse à une demande de l'ASN portant sur la justification du coefficient de sécurité retenu, l'exploitant indique qu'il calcule celui-ci sur la base des Criteria RCC-M. Depuis, il a mené de nouvelles études numériques où il utilise dorénavant comme critère une marge de 10 % par rapport à la résistance limite à la rupture de la virole.

L'IRSN estime que le nouveau critère retenu par l'exploitant à l'égard de la résistance limite à la rupture de la virole, moins conservatif que celui de 1,25, n'est pas satisfaisant. L'IRSN considère qu'un coefficient de sécurité de 1,43 devrait être retenu, tel que spécifié par le code de mécanique RCC-M pour les équipements nucléaires. En outre, le point critique de l'UF₆, se situant à une température de 233 °C pour une pression de 46,6 bar, doit également être retenu comme critère. En l'état, l'IRSN estime que l'exploitant ne dispose pas de critère pertinent à l'égard de la résistance limite à la rupture des cylindres 30B. **Par conséquent, la demande de l'ASN relative à la justification du coefficient de sécurité ne peut pas être soldée.**

Évaluation de la montée en pression interne et résistance de la virole

Validation du code de calcul employé

En réponse à une demande de l'ASN relative à la qualification du code de calcul utilisé par l'exploitant pour modéliser la montée en pression au sein du cylindre 30B, l'exploitant a effectué une étude comparative entre le calcul numérique et un autre essai du programme TENERIFE que celui pris initialement. Cette étude montre un décalage temporel de montée en pression entre l'essai et la simulation numérique. En outre, une étude de sensibilité concernant plusieurs phénomènes physiques thermodynamiques se produisant en cas de chauffe de l'UF₆ a été réalisée, afin de quantifier leur influence sur la pression interne obtenue à la fin de l'incendie et *a fortiori* sur la marge minimale par rapport à la résistance limite à la rupture obtenue. Les résultats de ces études ne font pas apparaître d'influence significative des paramètres étudiés sur la marge à la rupture de la virole. L'IRSN estime que retenir le décalage temporel observé dans les simulations numériques par rapport aux essais TENERIFE dans l'évaluation de montée en pression est satisfaisant. Par ailleurs, les plages d'incertitudes retenues par l'exploitant sur les paramètres physiques étudiés sont globalement acceptables. **Ceci permet de répondre de manière satisfaisante à la question de sûreté portée par la demande de l'ASN.**

Étude de sensibilité sur les hypothèses d'étude

En réponse à une demande de l'ASN visant à étudier la montée en pression dans le cylindre en cas d'incendie lorsque l'épaisseur de la virole est égale à la valeur minimale autorisée par la norme ISO 7195, l'exploitant a réalisé une étude de sensibilité relative à l'épaisseur de la virole, à la masse d'UF₆ transportée et à la durée de l'incendie. Pour une durée d'incendie de 15 minutes, l'exploitant indique que l'épaisseur de la virole a une influence importante sur les résultats. À cet égard, lorsque l'épaisseur de la virole est minimale, les valeurs de pression interne calculées sont supérieures à la pression de rupture de la virole, quelle que soit la masse d'UF₆ transportée. Cependant, l'exploitant indique que le retour d'expérience en exploitation n'a pas permis de mettre en évidence de corrosion interne ou externe des cylindres. De plus, le très court maintien à haute température de la virole n'induit qu'une corrosion négligeable. L'épaisseur du cylindre n'est donc pas susceptible d'être réduite par ces phénomènes. **L'IRSN estime que ces éléments permettent de répondre à la question de sûreté à l'origine de la demande l'ASN.**

En réponse à une demande de l'ASN relative à la justification du comportement mécanique de l'acier de la virole au-delà de 400 °C, l'exploitant calcule la durée d'incendie résultant de la combustion du volume de carburant de l'engin de manutention et du volume d'huile du système à pinces hydrauliques maintenant le cylindre, qu'il évalue à 5 minutes. En outre, il précise que les opérations de transport sont effectuées avec un balisage au sol prescrivant l'accès au convoi à tout autre véhicule. Enfin, les RGE spécifient la présence, dans le moyen de transport, d'un extincteur manuel. Lorsque l'incendie est réduit à cette durée, l'exploitant indique que la pression interne calculée est très inférieure à la pression de rupture de la virole (marge de plusieurs dizaines de bar).

L'IRSN relève que, dans les études réalisées par l'exploitant pour une durée d'incendie de 15 minutes en considérant une épaisseur de la virole proche de sa valeur nominale, l'acier est supposé retrouver ses propriétés mécaniques à environ 400 °C après avoir été porté à une température supérieure à 600 °C sous pression. Or, dans ces conditions, le comportement du matériau pourrait ne plus être élastique. De plus, ces niveaux de températures sont significativement supérieurs à la température pour laquelle des phénomènes de fluage sont susceptibles d'apparaître sur la virole, augmentant le risque de rupture de cette dernière. Pour ce qui concerne l'incendie d'une durée de 5 minutes, les résultats de l'exploitant mettent également en évidence une température maximale atteinte par la virole du cylindre de plus de 520 °C. Ces points, associés aux valeurs de pressions internes calculées et à l'absence de critère pertinent à l'égard de la résistance limite à la rupture de la virole, ne permettent pas de justifier la tenue de la virole des cylindres à l'épreuve d'incendie. **La demande de l'ASN concernant la justification du comportement mécanique de l'acier de la virole au-delà de 400 °C ne peut être soldée.**

Au vu de l'ensemble de ces éléments, l'IRSN estime que la limitation de la durée de l'incendie à une durée inférieure ou égale à 5 minutes apparaît donc nécessaire pour maintenir la sûreté du colis. Cependant, cette durée est déterminée par l'exploitant en considérant uniquement la combustion du volume de carburant et d'huile de l'engin de manutention. Aussi, afin de réduire significativement l'occurrence, la durée et les conséquences d'un incendie, l'exploitant doit mettre en place des dispositions opérationnelles supplémentaires dans les règles générales d'exploitation du site. À titre de comparaison, les RGE du site du Tricastin prescrivent d'éloigner autant que possible le transport des cylindres 30B, non munis de coque et contenant de l'UF₆, des capacités enfermant des carburants ou présentant un risque d'explosion, et la vitesse du convoi est au maximum de 10 km/h. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe 1 du présent avis.**

Tenue de la vanne et du bouchon

Les phénomènes de rétractation différentielle pouvant intervenir lors du refroidissement à l'issue d'un incendie sont susceptibles de conduire à une rupture de confinement au niveau des orifices de l'emballage. En réponse à une demande de l'ASN portant sur ces phénomènes, l'exploitant indique que les essais sur lesquels a été recalé le code de calcul employé pour simuler l'incendie ont été réalisés avec des bouchons conformes aux normes applicables et ont conclu à l'absence de fuite. De plus, ces conditions de feu étaient enveloppes des conditions de feu réelles sur site.

L'IRSN relève que la température atteinte par la virole dans les calculs de l'exploitant dépasse la température de fusion (183 °C) de l'étamage assurant l'étanchéité du montage entre la vanne et le cylindre et entre le bouchon de l'orifice de drainage et le cylindre. L'exploitant a réalisé des tests d'étanchéité sur une vanne et un bouchon non étamés. Il en résulte, pour la vanne, un taux de fuite qui dépasse le taux de fuite maximal admissible prescrit par la norme ISO 7195. En tout état de cause, une perte d'étanchéité de la vanne pour des températures supérieures à 183 °C ne peut pas être écartée. L'IRSN estime que la société FRAMATOME doit prendre des dispositions afin de limiter la montée en température de l'étamage de la vanne des cylindres 30B. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 2 en annexe 1 au présent avis. En l'état, l'IRSN estime que la demande de l'ASN ne peut donc pas être soldée.**

3. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés, et en tenant compte des informations transmises par FRAMATOME au cours de l'expertise, l'IRSN considère que les mesures compensatoires visant à assurer la sûreté des transports internes des cylindres 30B sur le site de Romans-sur-Isère, retenues par FRAMATOME dans son référentiel de sûreté, doivent être complétées conformément aux recommandations formulées en annexe 1 au présent avis et à certaines demandes précédemment formulées par l'ASN et rappelées dans le présent avis.

En outre, afin d'améliorer la démonstration de sûreté, FRAMATOME devrait également tenir compte des observations formulées en annexe 2 au présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2021-00032 DU 26 FÉVRIER 2021

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que la société FRAMATOME définisse, au chapitre Transports internes des matières dangereuses des RGE de l'INB n° 98 du site de Romans-sur-Isère, des mesures compensatoires supplémentaires afin de réduire significativement les risques de développement et les conséquences d'un incendie affectant un cylindre 30B.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que la société FRAMATOME prenne des dispositions afin de limiter la montée en température de l'étamage de la vanne des cylindres 30B en cas d'incendie.

ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2021-00032 DU 26 FÉVRIER 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que la société FRAMATOME devrait justifier, dans le référentiel de sûreté du site de Romans-sur-Isère, la résistance des cylindres 30B à une chute libre de 1,25 m sur une cible indéformable.

Observation n° 2

L'IRSN estime que la société FRAMATOME devrait inscrire l'ensemble des mesures compensatoires associées au transport interne des cylindres 30B non munis de coque dans le chapitre Transports internes des matières dangereuses des RGE de l'INB n° 98 du site de Romans-sur-Isère.