

Fontenay-aux-Roses, le 14 juin 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00101

Objet	: Transport - Validation d'agrément du modèle de colis MST-30 chargé d'un cylindre 30B d'UF₆
Réf.	: [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2020-039024 du 31 juillet 2020. [2] Règlement de transport - SSR-6 - Édition 2012. [3] Guide n° 7 de l'ASN - Transport à usage civil de substances radioactives sur la voie publique - Révision 2 du 15 février 2016.

Par 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 la demande de validation d'agrément présentée par la société DAHER NCS, dénommée ci-après « le requérant », pour le compte de la société Mitsubishi Nuclear Fuel (MNF).

Cette demande concerne le transport, par voies routière, ferroviaire et maritime, du modèle de colis MST-30 contenant un cylindre 30B chargé d'hexafluorure d'uranium (UF₆) en tant que colis du type A contenant des matières fissiles. Le dernier certificat d'agrément, délivré par l'ASN, pour le transport de ce modèle de colis sur le territoire français a expiré en septembre 2019.

A l'appui de sa demande, le requérant a transmis une révision du dossier de sûreté du modèle de colis et des éléments en réponse aux demandes de l'ASN formulées lors de la précédente demande de validation.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN au regard du règlement cité en seconde référence. De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des informations apportées par le requérant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

1. DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

Le modèle de colis MST-30, conçu par la société MNF, est composé de l'emballage MST-30, dénommé ci-après « surcoque », et d'un cylindre 30B contenant de l'UF₆ issu d'uranium naturel enrichi au maximum à 5 % en ²³⁵U. Dans le cadre de la présente demande, un anneau en acier inoxydable est inséré dans l'espace existant entre la surcoque et l'extrémité du cylindre 30B du côté du bouchon, afin de limiter les déformations pouvant se produire sur la surface interne de la surcoque en cas de sollicitation mécanique. Le requérant a examiné l'influence de cette modification sur les démonstrations de sûreté et conclut que la présence de cet anneau ne modifie pas les conclusions de ces démonstrations. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

1.1. DESCRIPTION DE L'EMBALLAGE

La surcoque délimite une cavité destinée à accueillir un cylindre 30B. Elle est constituée de deux sous-ensembles amovibles, appelés « demi-coques », fixés entre eux au moyen de dix dispositifs d'attache boulonnés. La surcoque est munie de protections thermiques en mousse phénolique au niveau de sa partie centrale et en mousse polyuréthane à ses extrémités.

En réponse à des demandes de l'ASN relatives à la définition du modèle de colis, le requérant a complété la description de la surcoque. Il a notamment précisé dans la mise à jour du dossier de sûreté le couple de serrage appliqué aux boulons du dispositif de fermeture des deux demi-coques. Le requérant a également détaillé la nature des soudures entre les pattes de manilles et la virole externe de la surcoque, ainsi que la description du dispositif permettant de s'assurer que la vanne de remplissage du cylindre se situe bien au droit de l'évidement de la demi-coque supérieure lors des opérations de fermeture de l'emballage. Il a enfin transmis les plans détaillés du système de protection de la jupe du cylindre 30B et les caractéristiques mécaniques du matériau constitutif de ce système.

L'IRSN estime que ces éléments répondent de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN relatives à la définition du modèle de colis. Toutefois, l'IRSN estime que ces éléments devraient être intégrés au dossier de sûreté. Ce point est repris au paragraphe 5, relatif au système de management de la qualité, du présent avis.

1.2. DESCRIPTION DU CYLINDRE 30B

Les cylindres 30B, conçus selon 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, sont équipés d'une vanne et d'un bouchon situés chacun sur un des fonds bombés du cylindre. Dans le cadre de la présente demande de validation, le requérant a indiqué que seuls les bouchons non protubérants à tête creuse peuvent être utilisés. Ces bouchons ont été développés pour remplacer les bouchons initialement prévus qui étaient équipés d'une tête hexagonale protubérante, ce qui induisait, en situation accidentelle de transport, un risque de perte d'étanchéité du cylindre en cas de contact entre le bouchon et la coque utilisée pour le transport.

L'IRSN souligne que le retour d'expérience d'utilisation des bouchons non protubérants à tête creuse fait état de problèmes lors de leur montage ou démontage (déformations des six pans du bouchon, perte d'étanchéité, etc.), ce qui a conduit la *World Nuclear Transport Institute* (WNTI) à élaborer un guide d'utilisation de ces bouchons.

Le requérant a indiqué que les préconisations du guide précité sont prises en compte sur le site de la société MNF et qu'il sera demandé aux différents opérateurs d'appliquer ce guide. **Ceci est satisfaisant sur le principe.** L'IRSN estime que l'utilisation de ce guide devrait être mentionnée dans le dossier de sûreté. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe 2 au présent avis.**

2. COMPORTEMENT MECANIQUE

2.1. REPRESENTATIVITE DU CONTENU UTILISE LORS DES ESSAIS DE CHUTE

Pour rappel, l'évaluation du comportement mécanique du modèle de colis MST-30, à l'issue des épreuves réglementaires simulant les conditions normales (CNT) et accidentelles de transport (CAT), repose en partie sur des essais de chutes réalisés en 1997 avec un spécimen à l'échelle 1. L'intégrité du cylindre 30B a été conservée après ces essais. Lors de ces essais, l'UF₆ était simulé par un lest constitué de grenaille d'acier, alors qu'il est composé d'un bloc superposé d'une croûte friable sein du cylindre 30B. La fracturation de cette croûte lors des chutes libres pourrait générer, dans la cavité du cylindre 30B, des débris de plusieurs centaines de kilogrammes.

En réponse à une demande de l'ASN relative à la justification du caractère enveloppe du lest utilisé lors des essais de chute, le requérant a analysé l'influence des caractéristiques du lest vis-à-vis de l'angle de chute à retenir au regard de la fonction d'étanchéité de la vanne. Il conclut que l'angle pénalisant pour le modèle de colis chargé d'UF₆ est légèrement supérieur à celui obtenu pour le spécimen chargé de grenaille d'acier, mais que cette

variation n'a pas d'impact sur les dommages du cylindre et de la surcoque. L'IRSN note que l'augmentation de l'angle de chute pourrait diminuer la surface d'impact de la surcoque, ce qui pourrait augmenter son taux d'écrasement et donc l'endommagement du cylindre 30B. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe 2 au présent avis.**

D'autre part, le requérant n'a pas apporté d'éléments techniques permettant de garantir que la quantité d'énergie de chute emmagasinée dans le volume de grenaille soit représentative de celle qui serait absorbée par un bloc compact d'UF₆.

Aussi, l'IRSN estime que le requérant ne répond pas de manière satisfaisante à la demande de l'ASN relative au caractère enveloppe du lest utilisé lors des essais.

2.2. IMPACT DIFFERE

En réponse à une demande de l'ASN relative à l'évaluation de l'influence d'un impact différé entre l'UF₆ et la surface interne du cylindre au droit de la vanne de remplissage en CAT sur l'étanchéité du cylindre 30B, le requérant a transmis une étude numérique avec plusieurs modélisations du contenu du modèle de colis (état liquide, multitude de billes en acier selon différentes répartitions) en chute axiale.

L'IRSN relève que le requérant modélise le contenu par une colonne de billes qui s'effondre sur elle-même. Or, le contenu est constitué d'un bloc solide d'UF₆ et de blocs plus petits de plusieurs centaines de kilogrammes issus de la fracturation de la croute d'UF₆ située en partie supérieure du cylindre. Aussi, l'IRSN estime que la modélisation du contenu par des billes ne permet pas d'apprécier le phénomène d'impact différé. De plus, le requérant considère uniquement la chute axiale sans justifier qu'il s'agit de la configuration la plus pénalisante vis-à-vis du risque d'impact différé de l'UF₆ sur la vanne. **Aussi, l'IRSN estime que le requérant ne répond pas de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

2.3. LOI DE COMPORTEMENT DES MOUSSES EN POLYURETHANE

Dans le dossier de sûreté, le requérant a réalisé des calculs numériques complémentaires aux essais de chute afin d'évaluer le comportement mécanique du modèle de colis sur la plage de températures réglementaires. Ces calculs ont été réalisés en considérant, pour modéliser le comportement des blocs de mousse en polyuréthane, des lois extrapolées à partir de résultats d'essais de compression effectués sur des échantillons de mousses.

En réponse à une demande de l'ASN relative aux justifications transmises pour couvrir des taux d'écrasement supérieurs à celui considéré dans les essais et pour évaluer les effets de la température, le requérant a réalisé des essais de compression à -40 °C et 70 °C sur des échantillons prélevés dans la mousse de deux surcoques de série. Il a comparé les courbes obtenues à celles utilisées dans le code de calcul numérique. S'agissant des essais de compression à 70 °C, le requérant conclut que la courbe retenue dans les calculs est pénalisante par rapport à celles issues des essais, ce qui est satisfaisant. S'agissant des résultats obtenus à -40 °C, ils ont conduit le requérant à réviser la courbe de comportement des mousses à -40 °C utilisée dans les calculs, ce qui est satisfaisant. **Globalement, l'IRSN considère que ces essais permettent de répondre à la demande de l'ASN.**

Toutefois, afin d'améliorer ses démonstrations de sûreté, le requérant devrait confirmer que les échantillons de mousses, sur lesquels ont été réalisés les essais de compression, sont représentatifs en termes de caractéristiques mécaniques des mousses utilisées dans le parc d'emballages MST-30 existants. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 3 en annexe 2 au présent avis.**

En réponse à une demande de l'ASN relative à la démarche de recalage des calculs numériques, le requérant a ajouté au dossier de sûreté une analyse du comportement mécanique du modèle de colis dans différentes configurations de chute, en considérant une loi représentative de l'irréversibilité de l'écrasement de la mousse. Le requérant conclut à l'absence de contact entre le cylindre 30B (vanne ou bouchon) et la surface interne de la surcoque lors des chutes avec des marges de sûreté suffisantes. **L'IRSN estime que ces éléments permettent de répondre de manière satisfaisante à la demande de l'ASN.**

2.4. CONCLUSION

Le dossier de sûreté n'indique pas les caractéristiques mécaniques des composants de la surcoque, notamment des mousses, utilisées pour le recalage des essais de chute à température ambiante. Par ailleurs, le contenu simulé est un fluide incompressible remplissant intégralement le cylindre, ce qui n'est pas représentatif du contenu réel en termes de géométrie et de comportement. Aussi, pour apprécier la représentativité du modèle numérique, l'IRSN estime nécessaire que le requérant justifie la représentativité des caractéristiques mécaniques des matériaux pris en compte dans le recalage des simulations numériques du comportement du modèle de colis MST-30. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 4 en annexe 2 au présent avis.**

Les réponses apportées par le requérant aux autres demandes de l'ASN concernant le comportement mécanique du modèle de colis n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.

À l'issue de la précédente expertise, l'IRSN avait conclu que la sûreté du modèle de colis était acceptable, notamment au regard des résultats des essais de chute. Les réponses du requérant aux demandes de l'ASN constituant des améliorations des démonstrations de sûreté, l'IRSN considère que ces conclusions ne sont pas mises en cause.

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Les justifications transmises par le requérant pour analyser le comportement thermique du modèle de colis MST-30 dans toutes les conditions de transport reposent, d'une part sur un essai au feu réalisé avec un spécimen représentatif du modèle de colis à l'échelle 1, d'autre part sur des calculs numériques.

3.1. MODELE THERMIQUE

En réponse à une demande de l'ASN relative à la modélisation du comportement thermique au niveau de l'enfoncement du poinçon, le requérant indique que l'étude transmise lors de la précédente expertise permet d'évaluer de manière satisfaisante la température maximale du modèle de colis MST-30 en s'appuyant notamment sur le fait que les températures évaluées par les calculs sont plus élevées que celles relevées sur le spécimen d'essai. Toutefois, l'IRSN rappelle que le caractère enveloppe de plusieurs paramètres pris en compte dans la modélisation n'est pas acquis. En outre, le dossier de sûreté ne présente pas les données relatives aux propriétés « telles que construites » de la mousse présente dans la structure du spécimen testé, aussi le conservatisme des résultats obtenus par calculs numériques n'est pas acquis. **Aussi, l'IRSN n'est pas en mesure de valider la conclusion du requérant.**

En réponse à une demande de l'ASN relative à la modélisation des gaz de combustion de la mousse phénolique, le requérant a transmis des éléments visant à justifier la température de la lame de gaz retenue dans la modélisation. Toutefois, il n'a pas précisé les modèles de comportement thermique utilisé (convection, rayonnement, conduction, condensation) pour modéliser la lame de gaz. En tout état de cause, la température retenue pour modéliser la lame de gaz entre la surcoque et le cylindre pourrait limiter les transferts thermiques vers le cylindre.

Les gaz de combustion de la mousse polyuréthane peuvent augmenter sensiblement la température de la tôle interne de la surcoque au droit du cylindre 30B. Sur la base de mesures thermogravimétriques sur cette mousse, le requérant estime qu'il n'existe pas de risque d'augmentation significative de la température du cylindre par combustion de la mousse en polyuréthane. À cet égard, l'IRSN rappelle que des déformations significatives au niveau du plan de fermeture de demi-surcoques ont été observées à l'issue des épreuves représentatives des CAT. Aussi, la pénétration d'oxygène dans la surcoque au cours de l'incendie ne peut être exclue. En outre, la température des gaz chauds issus de la décomposition du polyuréthane lors des essais précités étant plus élevée que celle considérée pour la lame de gaz modélisée, la température retenue pour modéliser la lame de gaz n'est pas complètement justifiée. **Aussi, l'IRSN estime que ces éléments ne permettent pas de répondre à la demande de l'ASN.**

3.2. CONCLUSION

En conclusion, l'IRSN estime que le requérant n'a pas répondu de manière satisfaisante aux demandes de l'ASN relatives à la validité du modèle numérique retenu pour étudier le comportement thermique du modèle de colis MST-30 en CAT.

Néanmoins, dans les compléments transmis en réponse aux demandes de l'ASN, le requérant indique que, bien que les températures de combustion des mousses aient été atteintes lors de l'essai de feu, les thermocouples disposés entre la surcoque MST-30 et le cylindre 30B n'ont pas révélé de montée en température qui traduirait de tels phénomènes.

L'IRSN convient que la combustion des mousses et le transfert de chaleur à l'intérieur de la surcoque suppose une voie d'accès des gaz issus de la décomposition des mousses à cet endroit, ce qui serait permis en cas de poinçonnement interne ou par une ouverture suffisante du plan de fermeture des deux demi-coques. Or, ces phénomènes n'ont pas été observés lors des essais, ni lors des simulations numériques. Même si les conditions de réalisation des essais de feu ne représentent jamais les conditions les plus dommageables pour le modèle de colis, les résultats des essais et des évaluations thermiques montrent des marges significatives pour les températures atteintes par la vanne, le bouchon et le contenu des cylindres 30B en situations accidentelles de transport. **Compte tenu de ces marges, l'IRSN estime que les conclusions du requérant concernant le comportement thermique du modèle de colis ne devraient pas être mises en cause.**

Enfin, le requérant a également apporté des réponses à une demande de l'ASN relative au comportement des éponges et des tampons en néoprène. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

4. PREVENTION DES RISQUES DE CRITICITE

Le requérant a mis à jour le chapitre du dossier de sûreté relatif à la prévention des risques de criticité, notamment pour répondre à la demande de l'ASN concernant la prise en compte de la présence de résidus d' UO_2F_2 hydratés dans l' UF_6 en retenant l'épaisseur d'acier minimale garantie pour le modèle de colis dans toutes les conditions de transport.

Le requérant détermine la masse maximale d'eau présent dans les conteneurs d' UF_6 en tenant compte des résidus hydratés dorénavant pris en compte dans les calculs. De façon enveloppe, le requérant considère dans ses calculs une quantité de résidus hydratés conduisant à une quantité d'eau près de 10 fois supérieure, **ce qui est satisfaisant.**

En outre, le requérant considère dorénavant dans ses calculs une épaisseur d'acier de 11 mm en CAT. Cette valeur est inférieure à l'épaisseur minimale définie pour le cylindre dans le dossier de sûreté, **ce qui est satisfaisant.**

Selon le requérant, parmi toutes les configurations étudiées, la plus pénalisante est celle tenant compte d'une répartition hétérogène des résidus hydratés (modélisés par de l' UO_2F_2) et des impuretés (modélisées par de l'HF) contenus dans l' UF_6 du cylindre 30B. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

En conclusion, l'IRSN estime que l'étude de criticité présentée par le requérant dans le cadre de la présente demande de validation d'agrément du modèle de colis MST-30 répond de manière satisfaisante à la demande formulée par l'ASN.

5. SYSTEME DE MANAGEMENT PAR LA QUALITE

En réponse à une demande de l'ASN relative aux contrôles réalisés avant transport, le requérant indique que les résultats de tels contrôles sont transmis à l'ASN lorsque l'emballage est destiné à entrer sur le territoire français. L'IRSN rappelle que la synthèse de ces contrôles, attendue au titre du retour d'expérience, concerne les contrôles effectués sur le modèle de colis, quel que soit le pays dans lequel l'exemplaire est utilisé. En outre, le requérant n'a pas transmis le bilan des maintenances réalisées sur les cinq dernières années, ce document étant demandé

par le guide n° 7 de l'ASN, cité en troisième référence, lors des demandes de validation ou de prorogation d'agrément. **Aussi, l'IRSN estime que la demande formulée par l'ASN ne peut être soldée.**

En réponse à une demande de l'ASN relative aux critères de classification des non-conformités, le requérant a indiqué les critères conduisant à une déclaration à l'ASN. **Sur le principe, l'IRSN estime que ces précisions répondent à la demande de l'ASN.** Toutefois, le requérant ne fait pas mention du guide n° 31 de l'ASN relatif aux déclarations d'évènement à effectuer en cas d'anomalie, ce dernier étant par ailleurs cité en référence dans l'arrêté TMD modifié. **Aussi, l'IRSN propose de modifier le certificat d'agrément français du modèle de colis MST-30 en indiquant que l'ensemble des dispositions prises pour la déclaration des non-conformités et les critères associés doivent être en accord avec le guide n° 31 de l'ASN.**

Enfin, s'agissant du dossier de sûreté, le requérant n'a pas intégré les éléments importants apportés pour répondre aux demandes antérieures de l'ASN et lors des précédentes expertises, notamment les informations visant à justifier les recalages, l'influence de l'impact différé et la validité des simulations numériques du comportement thermique du modèle de colis. Aussi, le dossier de sûreté ne constitue pas un document autoportant permettant de pleinement apprécier le niveau de sûreté du modèle de colis vis-à-vis des exigences réglementaires. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe 1 au présent avis.**

6. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par la société DAHER NCS, l'IRSN considère que le modèle de colis MST-30, tel que défini dans le projet de certificat tenant compte des modifications proposées par l'IRSN, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables aux modèles de colis du type A pour matière fissile transportant de l'hexafluorure d'uranium, sous réserve de la prise en compte de la recommandation formulée en annexe 1 au présent avis.

De plus, l'IRSN estime que la société DAHER NCS doit apporter des éléments complémentaires à certaines demandes de l'ASN, notamment celles relatives à la prise en compte de l'impact différé et à la modélisation du comportement thermique du modèle de colis.

Enfin, l'IRSN considère que, afin d'améliorer la démonstration de sûreté, la société DAHER NCS devrait 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 A L'AVIS IRSN N° 2021-00101 DU 14 JUIN 2021

Recommandation de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que le requérant constitue un dossier de sûreté autoportant permettant de justifier le respect des exigences réglementaires notamment en intégrant les éléments relatifs à la justification des recalages, à l'étude de l'influence de l'impact différé et à la validité des simulations numériques du comportement thermique du modèle de colis.

ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N° 2021-00101 DU 14 JUIN 2021

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que le requérant devrait mentionner, dans le chapitre du dossier de sûreté relatif à l'utilisation de la surcoque MST-30, que les bouchons non protubérants à tête creuse équipant les cylindre 30B doivent être utilisés selon les préconisations du guide WNTI.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier que l'angle de chute pénalisant évalué pour le modèle de colis MST-30 chargé d'UF₆ lors des chutes représentatives des conditions accidentelles de transport ne conduit pas à augmenter les dommages du cylindre et de la surcoque observés lors de la chute du prototype d'essai.

Observation n° 3

L'IRSN estime que le requérant devrait compléter la démonstration de la représentativité des échantillons de mousses, sur lesquels ont été réalisés les essais de compression, en termes de caractéristiques mécaniques des mousses utilisées dans le parc d'emballages MST-30 existants.

Observation n° 4

L'IRSN estime que le requérant devrait justifier la représentativité des caractéristiques mécaniques des matériaux pris en compte dans le recalage des simulations numériques du comportement du modèle de colis MST-30.