



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 9 février 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00020

Objet : Transport de substances radioactives – Études génériques – Qualification d'une nouvelle nuance de joint

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2022-049251 du 7 octobre 2022.
[2] Règlement des transports des matières radioactives de l'AIEA – N° SSR-6, édition de 2018.
[3] Norme ISO 11359-2 de 1999.
[4] Norme ISO 2782-1 de 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 le domaine de qualification d'une nouvelle nuance de joint en élastomère présenté dans une note d'essais de caractérisation, transmise par la société Orano NPS dénommée ci-après « le requérant », dans le cadre des études génériques portant, d'une part sur le comportement des joints élastomères utilisés pour les enveloppes de confinement des modèles de colis, d'autre part sur les conséquences, en conditions accidentelles de transport, de l'éventuelle combustion du bois des capots amortisseurs équipant les modèles de colis. La saisine de l'ASN porte en particulier sur les hypothèses, les méthodes utilisées et leurs limites d'application, ainsi que sur le bénéfice apporté par cette nouvelle nuance de joint au regard du risque lié à la poursuite de la combustion du bois des capots à l'issue de l'épreuve d'incendie réglementaire.

Actuellement, les joints en élastomère utilisés par le requérant pour ses divers modèles de colis sont des nuances des familles EPDM (éthylène-propylène-diène monomère) et FKM (fluorocarbène, abréviation du terme allemand *Fluorkautschuk Material*). Les premières présentent en général un très bon comportement à basse température, une faible dilatation thermique par rapport aux autres familles et entrent dans le cadre d'applications dont la température maximale d'utilisation est limitée. Ce dernier point limite leur utilisation pour les colis à forte puissance thermique, comme ceux transportant des combustibles usés, et ceux pour lesquels une poursuite de la combustion du bois des capots après un incendie réglementaire conduirait à une augmentation de la température des joints significative. Les secondes présentent en général un bon comportement à haute température et entrent dans le cadre d'applications dont la température d'utilisation est supérieure à -27 °C en raison du risque de fragilisation de l'élastomère sous cette température. Ce dernier point implique que les emballages de transport équipés de tels joints de confinement ne peuvent être agréés qu'en tant que colis du type B(M) puisque le règlement cité en deuxième référence impose une température de dimensionnement de -40 °C pour les colis du type B(U).

La nouvelle nuance de joint est présentée par le requérant comme permettant de couvrir l'utilisation des familles d'élastomères mentionnées ci-avant, à basse et haute températures, en conditions normales et accidentelles de

MEMBRE DE
ETSON

transport. La qualification réalisée par le requérant consiste en des essais de tenue à basse et haute températures ainsi qu'en la détermination des caractéristiques de cette nuance de joint (coefficient de dilatation, loi de vieillissement et lois de perméabilité). Ces essais de qualification sont similaires à ceux qui ont été réalisés pour les joints EPDM et FKM qui équipent les modèles de colis actuellement agréés.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des éléments apportés par le requérant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

1. DILATATION THERMIQUE

Des essais visant à déterminer le coefficient de dilatation thermique ont été réalisés, suivant la norme citée en troisième référence, sur six éprouvettes prélevées sur deux joints provenant de lots différents, à des températures comprises dans la plage de températures susceptibles d'être rencontrées en conditions normales et accidentelles de transport. **La démarche du requérant et les résultats obtenus n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

2. TENUE À BASSE TEMPÉRATURE

Des essais à basse température ont été réalisés pour déterminer les performances de la nouvelle nuance de joint. Pour ces essais, des mesures d'étanchéité ont été réalisées à basse température sur des joints toriques placés dans une maquette constituée d'une bride et d'une contre-bride. Le nombre de lots et de joints testés n'étant pas justifié, **l'IRSN estime que le requérant pourrait justifier l'échantillonnage retenu au regard des incertitudes liées à la maîtrise des paramètres de fabrication des élastomères.**

Lors de ces essais, les mesures d'étanchéité des joints maintenus à basse température quelques dizaines d'heures n'ont pas mis en évidence de fuite « interfaciale ». Ces résultats sont identiques à ceux des essais réalisés pour les joints EPDM et FKM qui équipent les modèles de colis actuellement agréés, **ce qui est satisfaisant.**

Toutefois, ces essais n'ont pas été réalisés pour une température de joint égale à -40 °C pendant une durée représentative des conditions de transport. En se fondant sur des résultats d'essais présentés dans la littérature, le requérant considère que cette nuance de joint conserverait son étanchéité à -40 °C sur une telle durée. Néanmoins, les essais cités par le requérant ont été réalisés sur des échantillons non comprimés d'une nuance de joint différente de la nouvelle nuance de joint. **Aussi, l'IRSN considère que, même si les résultats d'essais présentés dans la bibliographie semblent favorables, la justification du requérant mériterait d'être consolidée pour la nouvelle nuance de joint, y compris lorsqu'ils sont comprimés.**

Par ailleurs, pour ce qui concerne les effets du vieillissement sur les performances de cette nouvelle nuance de joint, les essais ont été réalisés sur des joints neufs. Selon le requérant, l'endommagement maximal de la nouvelle nuance de joint, dans les conditions représentatives des conditions normales de transport, est très faible selon la loi de vieillissement déterminée à partir des essais à haute température présentés au paragraphe 3 du présent avis. Il considère donc que les résultats des essais à basse température, pour un joint préalablement vieilli thermiquement dans les conditions précitées, ne seraient pas significativement modifiés. Or la justification du requérant ne tient pas compte de la durée d'utilisation des joints et de la variation de la déformation rémanente après compression du joint engendrée par un vieillissement à la température maximale des conditions normales de transport. **Aussi, il appartient au requérant de tenir compte de ces phénomènes dans l'étude de vieillissement requise au titre du règlement cité en deuxième référence.**

3. TENUE À HAUTE TEMPÉRATURE

Des essais à haute température ont été réalisés pour déterminer les performances de la nouvelle nuance de joint. Pour ces essais, les joints ont été placés dans des gorges usinées dans des brides en acier, fermées par une contre-bride, et soumis à une température élevée, constante, jusqu'à atteindre leur fin de vie. Les essais ont été

menés à quatre températures différentes. Pour chaque essai, deux joints de lots différents ont été testés. L'influence de l'échantillonnage ou la justification de son dimensionnement ne sont pas présentées. Compte tenu du nombre limité d'essais et des incertitudes inhérentes liées à la maîtrise des paramètres de fabrication des élastomères, **l'IRSN estime qu'un traitement statistique permettant de caractériser les incertitudes dues à l'échantillonnage et aux effets de lot, pourrait être présenté par le requérant afin de définir les paramètres enveloppes à prendre en compte dans les démonstrations de sûreté.**

Le requérant détermine trois critères, liés à la perte d'étanchéité, déterminant la fin de vie du joint. À partir des durées de vie observées pour chaque température et chaque lot de joints, il détermine une loi de vieillissement de la nouvelle nuance de joint, fondée sur un modèle de type Arrhenius. La loi d'Arrhenius reposant sur la connaissance de l'énergie d'activation du phénomène physico-chimique étudié, le requérant détermine une énergie d'activation à l'aide des essais mentionnés ci-dessus.

Lorsque plusieurs phénomènes se produisent simultanément, l'utilisation de cette loi peut être acceptée sur une plage de températures si les effets d'un phénomène sont prépondérants par rapport aux autres. Toutefois, les essais du requérant n'ont été réalisés que sur une plage limitée de températures. En outre, le requérant n'a pas justifié qu'il n'existe qu'un seul phénomène physico-chimique prépondérant ou que l'énergie d'activation caractérisée à partir des mesures ne serait pas significativement modifiée sur la plage de températures représentatives des conditions normales et accidentelles de transport. Par ailleurs, la loi de vieillissement ainsi déterminée ne tient pas compte des effets de l'oxydation et de l'irradiation ainsi que de l'évolution de la déformation rémanente après compression au cours du temps, en particulier sur le temps long, compte tenu des conditions d'exploitation par rapport aux conditions d'essai. Enfin, l'effet d'échelle de la taille des joints sur les performances d'étanchéité n'est pas étudié. **Toutefois, compte tenu de la périodicité de remplacement des joints définie dans les dossiers de sûreté des modèles de colis actuellement agréés, l'IRSN estime que la loi de vieillissement est adaptée. En tout état de cause, il appartient au requérant de tenir compte de ces phénomènes dans l'étude de vieillissement requise au titre du règlement cité en deuxième référence.**

4. PERMÉATION

Des essais de perméation à l'hélium, au krypton et à l'hydrogène ont été réalisés suivant la norme citée en quatrième référence, sur trois à cinq échantillons issus de lots différents, en fonction de la température testée. Ces essais ont pour objectif de déterminer des lois de perméabilité fondées sur un modèle de type Arrhenius. **Comme mentionné pour les essais à haute température, l'influence de l'échantillonnage ou la justification de son dimensionnement ne sont pas présentées.**

Certains échantillons ont été préalablement vieillis en température afin d'évaluer l'influence de ce phénomène. Le requérant indique que la variation des coefficients de perméabilité à l'hélium et au krypton entre échantillons non vieillis et vieillis est du même ordre de grandeur que les incertitudes de mesures. Il conclut que le vieillissement thermique n'a pas d'effet sur le coefficient de perméabilité de la nouvelle nuance de joint. **Comme précédemment, l'IRSN souligne que le vieillissement ne tient pas compte de l'ensemble des phénomènes représentatifs des conditions d'exploitation.**

Pour ce qui concerne la comparaison de la perméation à l'hélium et à l'hydrogène, le requérant indique, sur la base des résultats de ses essais et des essais décrits dans la littérature, que les coefficients de perméabilité à l'hélium et à l'hydrogène ne sont pas significativement différents sur la plage de températures d'utilisation de la nouvelle nuance de joint. La justification du requérant repose sur une unique température d'essai pour la nouvelle nuance de joint, **ce qui n'est pas suffisant. L'IRSN estime que le requérant pourrait confirmer sa conclusion par la réalisation de nouveaux essais de perméation à des températures différentes de celle de l'essai déjà réalisé.**

Afin de justifier l'extrapolation des lois de perméation à haute température, le requérant indique que les résultats des essais décrits dans la littérature montrent, pour une nuance de joint proche de la nouvelle nuance, une très

bonne corrélation entre la loi de type Arrhenius et les mesures réalisées pour l'hélium jusqu'à une certaine température. Dans la mesure où cette valeur est inférieure à la température maximale d'utilisation de la nouvelle nuance de joint, **l'IRSN considère qu'une loi d'Arrhenius peut être utilisée par le requérant jusqu'à la température mentionnée dans la littérature. Au-delà, il appartient au requérant de s'assurer que les démonstrations de sûreté faisant usage de ces lois présentent des marges suffisantes.**

Enfin, le requérant indique que la valeur du coefficient de perméabilité dans les calculs de relâchement d'activité a une importance moindre en conditions accidentelles de transport par rapport aux conditions normales de transport, en raison d'une marge généralement bien plus conséquente à l'égard du critère réglementaire de relâchement d'activité associé aux conditions accidentelles de transport. **Cette justification, qui paraît acceptable pour les modèles de colis actuels développés par le requérant et dont l'IRSN a connaissance, ne peut s'appliquer *a priori* aux futurs modèles de colis pour lesquels les démonstrations et les marges de sûreté ne sont pas connues.**

5. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par la société Orano NPS au cours de l'expertise, l'IRSN considère que les résultats des essais de qualification de la nouvelle nuance de joint sont acceptables.

La température maximale à laquelle le requérant a qualifié la nouvelle nuance de joint étant supérieure à la température maximale d'utilisation des joints EPDM, l'IRSN estime que la nouvelle nuance de joint devrait permettre d'améliorer la sûreté des modèles de colis actuellement équipés de joints EPDM, notamment à l'égard de la combustion du bois des capots. En outre, en raison de son bon comportement jusqu'à des températures de -40 °C, l'IRSN estime qu'elle devrait également permettre d'améliorer la sûreté des modèles de colis actuellement équipés de joints FKM en vue d'obtenir des agréments du type B(U).

Toutefois, la méthode de qualification des joints présentée par le requérant pourrait être améliorée en tenant compte, en particulier dans l'étude de vieillissement requise au titre du règlement cité en deuxième référence, des remarques formulées dans le présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Anne-Cécile JOUVE

Adjointe au Directeur de l'expertise de sûreté