

Fontenay-aux-Roses, le 23 janvier 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2017-00029

**Objet :** Transport - Études génériques - Vieillissement et perméation des joints en élastomères

**Réf.**

1. **Lettre ASN CODEP-DTS-2016-011280 du 21 mars 2016**
2. Gas permeation through common elastomer sealing materials, Vuoto, Vol. XX, N°2, Avril-Juin 1990
3. Règlement de transport des matières radioactives, AIEA, SSR-6, Edition de 2012

Par lettre citée en première 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 éléments transmis par la société AREVA TN, en mars 2016, dans le cadre de l'étude générique relative à l'évaluation des propriétés de perméation d'une nuance de joints en élastomère.

Pour rappel, cette étude vise notamment à répondre à des engagements pris par la société AREVA TN dans le cadre des réunions du Groupe permanent d'experts chargé des transports (GPT) concernant les demandes d'agrément des modèles de colis TN 112 et TN 117.

**Adresse courrier**  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

### Contexte

Le règlement cité en troisième référence spécifie des relâchements maximaux d'activité radiologique des colis à l'issue des épreuves simulant les conditions dites normales et accidentelles de transport. Ainsi, les requérants réalisent des études de relâchement en considérant notamment le phénomène de perméation des gaz radioactifs dans les joints en élastomère. Pour réaliser ces études, compte tenu des données disponibles, la société AREVA TN utilise le coefficient de perméation de l'hélium dans les joints en élastomère pour évaluer l'activité de tritium potentiellement relâchée. Les engagements précités visent à justifier le conservatisme de cette démarche à partir de mesures expérimentales.

**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

Pour cela, en 2013, la société AREVA TN a présenté une spécification d'essais relatifs à la perméation de l'hydrogène, dont le comportement est proche de celui du tritium, dans les joints en élastomère d'une certaine nuance. Ces essais devaient permettre d'évaluer les coefficients de perméation de l'hydrogène dans les joints équipant plusieurs emballages conçus par la société AREVA TN. L'IRSN a estimé l'approche retenue globalement acceptable.

Toutefois, compte tenu de difficultés de mise en œuvre, la société AREVA TN n'envisage plus la réalisation de ces essais. Aussi, elle a transmis une nouvelle analyse basée, d'une part sur les marges mises en évidence dans les études présentées dans les dossiers de sûreté des modèles de colis, d'autre part sur des résultats bibliographiques.

Par ailleurs, dans le cadre de l'étude générique précitée, le requérant a transmis, en 2013, une spécification d'essais visant à caractériser l'influence du vieillissement d'une nuance de joints en élastomère, lié à des cycles thermiques, sur ses propriétés de perméation à l'hélium et au krypton. L'IRSN a estimé que ces essais, réalisés avec de l'hélium, permettront d'apprécier l'influence des conditions de vieillissement, mais que le nombre d'échantillons testés devait être plus important.

Aussi, la société AREVA TN a transmis la mise à jour de cette spécification, intégrant une augmentation du nombre d'échantillons testés ainsi que la justification des conditions de vieillissement thermique retenues.

De l'expertise des compléments transmis et des modifications apportées au programme d'essais, l'IRSN retient les points importants ci-après.

#### **Perméation à l'hydrogène dans les joints en élastomère d'une nuance particulière**

La société AREVA TN présente une synthèse des études de relâchement d'activité réalisées pour ses modèles de colis qui conclut, pour la contribution due à la perméation du tritium, à des marges importantes (au moins un facteur 10), par rapport aux critères de la réglementation citée en troisième référence. Elle considère que ces marges couvrent une éventuelle sous-estimation de l'activité relâchée liée à l'utilisation du coefficient de perméation de l'hélium au lieu de celui du tritium.

Pour justifier cette conclusion, la société AREVA TN s'appuie principalement sur la publication citée en deuxième référence, qui présente des mesures de perméation de l'hélium et du deutérium, pour une nuance de joint en élastomère donnée, réalisées à différentes températures (jusqu'à 120°C). A cet égard, l'IRSN estime acceptable l'assimilation du tritium au deutérium pour l'analyse de la perméation des gaz, compte tenu de la nature chimique très proche de ces deux éléments. L'article précité, conclut, pour la nuance de joint testée, que le deutérium présente des propriétés de perméation plus importantes que l'hélium. En extrapolant les résultats de cette étude sur la plage de température d'utilisation des joints qui équipent ses colis, la société AREVA TN estime le rapport à considérer dans les études de sûreté entre les coefficients de perméation du deutérium et de l'hélium.

Ce rapport étant couvert par les marges identifiées dans les études réalisées pour ses colis, la société AREVA TN conclut qu'il est acceptable d'évaluer le relâchement d'activité par perméation associé au tritium en utilisant les coefficients de l'hélium. Par ailleurs, pour les futures études, elle indique que les coefficients de perméation de l'hélium, dans les joints en élastomères de la nuance étudiée, seront corrigés du rapport précité.

Toutefois, la société AREVA TN ne justifie pas la représentativité de la nuance de joint utilisée lors des essais, par rapport aux nuances des joints équipant ses modèles de colis. À cet égard, les nuances commerciales contiennent des éléments d'addition, en proportion élevée, pouvant entraîner une variabilité importante de leurs propriétés. Sur ce point, la publication citée en deuxième référence précise que les résultats obtenus doivent être utilisés avec prudence du fait des variations importantes observées sur les propriétés d'un élastomère en fonction des éléments d'addition contenus.

Selon la synthèse des études présentée par la société AREVA TN, pour une partie des modèles de colis considérés, une augmentation du coefficient de perméation associé au tritium d'un facteur supérieur à 1 000, ne met pas en cause les conclusions des études. Pour ces modèles de colis, l'IRSN estime que les marges dégagées couvrent les éventuelles variations de coefficient de perméation liées aux propriétés des joints de la nuance étudiée. Il conviendra néanmoins, dans les futures études associées à ces modèles de colis, que la société AREVA TN quantifie les marges concernant le relâchement d'activité par perméation du tritium, de manière à justifier le maintien d'un coefficient de sécurité important par rapport aux critères réglementaires. **Ce point fait l'objet de l'observation n°1.1 présentée en annexe 2 du présent avis.**

En revanche, les marges associées à certains colis sont plus faibles. **Aussi, l'IRSN estime que la société AREVA TN devrait réaliser des essais de perméation à l'hydrogène, ou éventuellement au deutérium, pour les nuances de joints qui équipent ces derniers colis, afin de justifier l'utilisation du coefficient de perméation à l'hélium des joints pour les études de relâchement du tritium.** Dans le cadre de ces essais, le requérant devrait également évaluer les propriétés de perméation des autres nuances de joints en élastomère qui équipent ses modèles de colis agréés.

**Ces points font l'objet de la recommandation n°1 présentée en annexe 1 du présent avis.**

La température maximale des essais présentés dans la publication citée en deuxième référence étant inférieure à celles maximales considérées dans les études de relâchement réalisées, la société AREVA TN extrapole en température les coefficients de perméation présentés, à l'aide d'une loi de type Arrhenius. La littérature disponible confirme que le phénomène de perméation des gaz peut être extrapolé par une loi de ce type, sous réserve de l'absence de dégradation thermique du matériau. **L'IRSN estime cette démarche acceptable.**

### Étude de l'effet du vieillissement de joints en élastomère d'une nuance particulière

La société AREVA TN a transmis en 2013 une spécification d'essais de caractérisation de l'influence du vieillissement sur les propriétés de perméation d'une nuance de joints en élastomère. Concernant cette spécification, l'IRSN a recommandé d'augmenter le nombre de spécimens testés en cas de dispersion des mesures afin de réduire, sur la base d'une approche statistique à justifier, l'incertitude sur les valeurs mesurées. Par ailleurs, l'IRSN a recommandé que la société AREVA TN détermine, en s'aidant des fabricants d'élastomères, les paramètres de production pouvant avoir une influence sur les propriétés de perméation des joints.

Concernant le premier point, la société AREVA TN a modifié la spécification d'essais pour indiquer que pour chaque modèle de joint testé, d'une part plusieurs éprouvettes issues de différents lots de fabrication seront utilisées, d'autre part que le nombre d'éprouvettes testées sera adapté en s'appuyant sur la reproductibilité des premiers résultats. L'IRSN estime ces modifications satisfaisantes. Toutefois, la société AREVA TN devra justifier, dans la note de synthèse des essais, l'approche statistique utilisée pour l'exploitation des résultats. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 2 présentée en annexe 2 du présent avis.**

La société AREVA TN détaille également la démarche retenue pour le vieillissement préalable des éprouvettes en élastomère testées. Ainsi, ces éprouvettes seront disposées sous une cloche à vide placée dans un four. Pour définir les conditions de vieillissement des éprouvettes, la société AREVA TN évalue, sur la base des études réalisées pour ses modèles de colis présentant un risque de relâchement d'activité par perméation et pour les différentes conditions de transport, les taux d'endommagement des joints de confinement. Les endommagements attendus en conditions normales de transport étant faible, elle prévoit de ne pas simuler un vieillissement des éprouvettes représentatif des conditions normales de transport. En outre, de manière pénalisante, l'endommagement thermique simulé lors des essais sera deux fois supérieur à celui évalué pour les joints de ses emballages en conditions accidentelles de transport. **Ces points n'appellent pas de commentaire de l'IRSN.**

Néanmoins, dans les futures études qui seront réalisées, il conviendra de s'assurer que les taux d'endommagement des joints d'étanchéité retenus pour le programme d'essai restent adaptés. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 1.2 présentée en annexe 2 du présent avis.**

### Conclusion

L'IRSN estime satisfaisante la mise à jour de la spécification des essais visant à évaluer l'influence du vieillissement thermique d'une nuance de joints en élastomère sur ses propriétés de perméation.

Concernant l'utilisation, dans les études de relâchement du tritium, des coefficients de perméation de l'hélium corrigé d'un facteur, l'IRSN estime que la société AREVA TN devrait réaliser des essais afin de confirmer le conservatisme des hypothèses considérées dans les études pour les colis présentant les marges les plus faibles par rapport aux critères réglementaires. Aussi, l'IRSN estime que les éléments transmis devraient être complétés en tenant compte de la recommandation de l'annexe 1 du présent avis.

En outre, l'IRSN estime que la société AREVA TN devrait inclure dans ces essais l'ensemble des nuances de joints en élastomère qui équipent ses modèles de colis afin de mieux appréhender leur propriétés de perméation au tritium.

Par ailleurs, la société AREVA TN devra tenir compte des observations formulées en annexe 2 au présent avis.

Pour le Directeur général et par délégation,  
Igor LE BARS,  
Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'avis IRSN 2017-00029 du 23 janvier 2017

**Recommandation**

- 1) Démontrer, sur la base d'essais, que les mesures comparant les coefficients de perméation de l'hélium et du deutérium dans une nuance de joints en élastomère, présentées dans la littérature, sont applicables aux nuances de joints équipant les modèles de colis présentant des marges limités concernant le relâchement d'activité par perméation du tritium.

Etendre cette étude à toutes les nuances de joints en élastomère qui équipent les différents modèles de colis.

Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2017-00029 du 23 janvier 2017

**Observations**

- 1) Dans les futures démonstrations de sûreté relatives au relâchement d'activité des modèles de colis :
  - 1.1) détailler les marges associées au relâchement d'activité par perméation du tritium, dans l'évaluation du relâchement d'activité total du colis, de manière à justifier le maintien d'un coefficient de sécurité important par rapport aux critères réglementaires ;
  - 1.2) justifier que les taux d'endommagement des joints testés, dans le cadre du programme d'étude du vieillissement des joints, restent représentatifs.
  
- 2) Dans la note de synthèse du programme d'étude de l'influence du vieillissement des joints en élastomère, détailler et justifier l'approche statistique retenue pour l'exploitation des résultats.