

Fontenay-aux-Roses, le 21 décembre 2017

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2017-00398

Objet : Transport - Extension - Emballage LR 144 chargé d'effluents aqueux de haute activité

Réf. 1. Lettre ASN CODEP-DTS-2017-031418 du 16 octobre 2017
2. Règlement de transport de l'AIEA SSR-6 édition 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 la demande d'extension d'agrément présentée en mai 2017 par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives pour l'emballage LR 144 chargé d'effluents aqueux de haute activité.

Le modèle de colis LR 144 est agréé en tant que colis de type B(M) contenant des matières fissiles. Il s'agit d'une cuve, de capacité approximative de 1 000 litres, conçue pour transporter des effluents aqueux acides (jusqu'à 3 mol/l) sulfo-nitriques contenant des concentrations limitées en ions chlorures et fluorures. La demande du CEA porte sur l'augmentation de l'acidité des effluents transportés (jusqu'à 7 mol/l), ainsi que sur des modifications des modalités d'utilisation du colis et de son programme de maintenance.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN par rapport au règlement cité en deuxième référence. De cette expertise, il ressort les points importants ci-après.

1 DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

1.1 Description de l'emballage

L'emballage LR 144, de forme cylindrique, est constitué d'un corps, ou cuve, surmonté d'un puits d'accès, d'un bouchon en plomb obturant la base du puits, d'un couvercle obturant la partie supérieure du puits et d'un capot supérieur de protection du couvercle. Une instrumentation (canne de remplissage/vidange, mesure de niveau...) est disposée dans le puits et dans la cuve. La protection mécanique de ces éléments est assurée par des couches de mousse phénolique et la protection radiologique par une couche de plomb.

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

Outre l'épaisseur d'acier dédiée à la tenue mécanique de la cuve, une surépaisseur d'acier a été prise en compte dans la conception de l'enveloppe de confinement afin de tenir compte de la dissolution du métal par la corrosion. Le choix de cette surépaisseur se base sur des critères spécifiés dans le dossier de sûreté (vitesse de corrosion généralisée de l'acier, durée d'exposition de la cuve aux effluents) et permet de définir la durée de vie de l'emballage.

1.2 Description du contenu

Les contenus n°1 et n°2 actuellement agréés sont constitués d'au plus 1 m³ d'effluents aqueux de très haute activité, de densité voisine de 1, ne contenant ni matière plus hydrogénée que l'eau, ni effluents organiques.

Dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément, le CEA souhaite modifier les contenus n°1 et n°2 actuellement agréés. La concentration maximale d'acide autorisée est ainsi portée à 7 mol/l contre 3 mol/l dans le certificat d'agrément en vigueur. Les autres caractéristiques des contenus n°1 et n°2 sont inchangées.

Pour l'IRSN, la description de la composition chimique des contenus telle que présentée par le CEA dans le projet de certificat d'agrément peut porter à confusion. En effet, le projet de certificat autorise deux cas de chargement distincts pour un seul contenu. Le premier cas de chargement est composé d'acide nitrique seul et le second est à la fois composé d'acide nitrique et d'acide sulfurique. Or, une non-conformité du contenu relative aux conditions physico-chimiques des effluents transportés est susceptible d'induire un risque important de corrosion de la cuve (vitesse de dissolution importante de l'acier, production d'hydrogène, corrosion localisée par piqûration). **Ainsi, l'IRSN propose de spécifier dans le projet de certificat d'agrément, pour les contenus n°1 et n°2, le cas où le contenu est composé uniquement d'acide nitrique (sous-contenu a) et le cas où le contenu est composé d'acide sulfurique et d'acide nitrique (sous-contenu b). Pour chaque sous-contenu, les concentrations minimales et maximales des éléments chimiques transportés devront être indiquées.** Le requérant a donné son accord sur cet ajout au cours de l'instruction.

Par ailleurs, l'IRSN relève que le requérant ne spécifie pas de limitations sur le pH ou sur le potentiel d'oxydo-réduction des effluents transportés. **Ces paramètres conditionnant la passivation de l'acier de la cuve et donc le ralentissement de sa vitesse de corrosion, l'IRSN estime que le requérant devrait préciser, dans le dossier de sûreté de l'emballage, l'ensemble des conditions physico-chimiques autorisées par le projet de certificat (pH, potentiel d'oxydo-réduction..) et justifier que ces paramètres permettent de rester dans le domaine de passivation de la cuve quelle que soit la nature et la concentration des effluents transportés. Ceci fait l'objet de l'observation n°1.1 présentée en annexe 3 du présent avis.**

2 DEMONSTRATIONS DE SURETE

Dans le cadre de la présente demande d'extension d'agrément, le requérant a modifié la composition chimique des effluents et transmis l'analyse des risques de corrosion afférente, les modalités d'utilisation du colis ainsi que son programme de maintenance. En effet, le requérant considère que l'augmentation de l'acidité de la solution ne conduit pas à modifier les autres parties de la démonstration de sûreté. **Cela n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

2.1 Risques liés à la corrosion

Afin de justifier que l'augmentation de la teneur en acide n'a pas d'influence sur l'intégrité des parois de la cuve, l'analyse des risques de corrosion transmise s'appuie sur deux études menées en 2009 et en 2013 par le CEA sur

l'acier constitutif de la cuve de l'emballage LR 144. L'étude menée en 2013 s'appuie sur des essais réalisés (tests d'immersion) avec une solution d'essai dont la teneur en acide est celle qui fait l'objet de la présente demande d'extension (7 mol/l), mais qui diffère par ses teneurs en halogénures (plus faible pour les ions chlorures et plus élevée pour les ions fluorures). L'étude de 2009 permet, quant à elle, d'étudier l'influence des halogénures mais avec une concentration d'acide plus faible, similaire aux contenus agréés dans le cadre de la dernière demande de prorogation du colis LR 144 ; cette étude a été réalisée sur la base d'essais électrochimiques et d'essais d'immersion. Les deux programmes d'essais prennent en compte des éprouvettes avec et sans cordon de soudure. Les éprouvettes avec un cordon de soudure ont été soudées suivant le protocole de soudage de la cuve de l'emballage. Les températures des solutions sont cohérentes avec celles retenues dans les démonstrations de sûreté.

Sur la base de ces essais, le CEA a estimé que la vitesse maximale de corrosion (environ 90 µm/an) est inférieure à celle spécifiée dans le dossier de sûreté de 100 µm/an (durée de présence de la solution dans la cuve). En outre, le CEA considère que les essais n'ont pas mis en évidence de corrosion par piqûration même si des ilots d'indentation ont été observés au niveau de soudures des éprouvettes testées. En conclusion, le CEA considère que l'augmentation de l'acidité des effluents ne modifie pas la démonstration présentée des risques de corrosion.

L'IRSN relève que les essais d'immersion réalisés en 2013 pour une concentration d'acide de 7 mol/l (concentration maximale admissible du nouveau contenu) et une concentration en halogénures non représentative des contenus objet de la présente demande ont montré un phénomène de corrosion localisée au niveau de la soudure des éprouvettes soudées. Compte tenu de la forme des ilots d'indentation observés pouvant évoquer une géométrie intergranulaire et la profondeur maximale atteinte par ces ilots, l'IRSN estime qu'un risque de corrosion intergranulaire se traduisant par une vitesse de corrosion généralisée importante ne peut, sans éléments de justifications complémentaires, être exclu. **Ceci pourrait donc conduire à dépasser la vitesse de corrosion spécifiée dans le dossier de sûreté de 100 µm/an.**

En outre, l'IRSN relève que la composition des solutions testées diffère de la composition réelle des contenus objet de la présente demande d'extension d'agrément. En effet, la concentration en ions chlorures est inférieure d'un facteur 20 par rapport à la concentration maximale admissible du nouveau contenu et la concentration en ions fluorures est quatre fois plus élevée que la concentration spécifiée dans le projet de certificat d'agrément. Le rôle de ces halogénures dans le phénomène de corrosion généralisée et localisée est complexe et dépend de nombreux paramètres physico-chimiques tels que le pH ou la concentration des autres espèces chimiques en solution. A cet égard, sur la base des informations disponibles, l'IRSN ne peut se prononcer sur le caractère pénalisant des essais réalisés. **Ainsi, l'IRSN estime qu'il subsiste des incertitudes concernant les risques de corrosion généralisée et localisée de la cuve de l'emballage LR 144.**

Aussi, l'IRSN estime que le requérant devra compléter la démonstration de sûreté du colis afin de lever ces incertitudes, sur la base d'essais complémentaires prenant en compte la concentration maximale des effluents susceptibles d'être transportés qui permettent d'évaluer les différents mécanismes de corrosion envisageables. Dans l'attente de telles justifications, l'IRSN estime que l'augmentation de l'acidité des effluents transportés doit s'accompagner d'un renforcement de la surveillance de la cuve de l'emballage LR 144. *Ceci fait l'objet de la recommandation présentée en annexe 1 au présent avis.* L'IRSN a modifié le projet de certificat d'agrément en conséquence. Le requérant n'a pas donné son accord sur ce point.

Concernant le risque de corrosion localisé par piqûration, le requérant estime que la possibilité d'une corrosion par piqûration est uniquement liée à la présence d'ions chlorures dans les effluents. La concentration maximale en ions chlorures des contenus objet de la présente demande (1g/l) n'excède pas la concentration maximale des contenus agréés. Le CEA se fonde ainsi sur les essais électrochimiques réalisés en 2009 avec des effluents ayant une

concentration en acide nitrique de 3 mol/l et une concentration en ions chlorures de 1g/l à l'issue desquels aucune trace de corrosion par piqûre n'a été mise en évidence. Le CEA indique qu'une augmentation à 7 mol/l de la teneur en acide nitrique n'est pas susceptible d'induire un risque de corrosion par piqûration. Toutefois, l'IRSN note qu'aucun test électrochimique n'a été réalisé pour confirmer l'absence de risque de corrosion par piqûration. L'IRSN estime donc que les tests d'immersion réalisés ne permettent pas à eux seuls d'affirmer l'absence de ce type de risque d'autant plus que les débuts d'attaques localisées observées dans les soudures des éprouvettes testées lors des essais de 2013 ne permettent pas d'exclure ce risque. **Ainsi, dans le cadre de la recommandation formulée en annexe 1 au présent avis, le requérant devra compléter la justification d'absence de risque de corrosion par piqûration.**

2.2 Utilisation du modèle de colis

Le niveau des effluents chargés dans la cuve est un paramètre utilisé dans les démonstrations de sûreté de l'emballage (mécanique, thermique, relâchement d'activité...). Aussi, un double contrôle de niveau des effluents chargés, par deux moyens distincts de mesure de niveau, est spécifié dans le dossier de sûreté du modèle de colis. Le requérant souhaite pouvoir utiliser les moyens de mesure de l'installation expéditrice du colis LR 144 en cas de défaillance d'une des deux sondes de mesure du niveau d'effluents. Cette modification permettrait de poursuivre le transport en cours en cas de dysfonctionnement d'une sonde de mesure du niveau des effluents, et de poursuivre l'exploitation de l'emballage. Le CEA indique que la remise en service de la sonde défectueuse sera réalisée *a minima* lors de chaque petite maintenance tous les trois ans ou 30 cycles.

L'IRSN estime que la possibilité d'utiliser les moyens de mesure de l'installation pour vérifier le niveau du contenu chargé dans la cuve de l'emballage n'affecte pas le principe de double-contrôle du niveau des effluents spécifié dans le dossier de sûreté du colis. De plus, les deux sondes de mesure de niveau ne sont pas des éléments importants pour la sûreté du colis, et sont, à cet égard, classés sans influence pour la sûreté dans le dossier de sûreté de l'emballage. Néanmoins, la poursuite de la procédure de chargement en cours n'est rendue possible que dans le cas où l'installation expéditrice du colis dispose des moyens nécessaires pour mesurer le niveau des effluents. **L'IRSN estime donc que le requérant devrait spécifier dans le chapitre utilisation du dossier de sûreté du modèle de colis que la mesure du niveau des effluents en installation est autorisée uniquement dans le cas où l'installation expéditrice du colis dispose de moyens de mesure dont la précision est au moins équivalente à la sonde défectueuse. En outre, le requérant devrait spécifier que la remise en service de la sonde défectueuse sera réalisée au plus tard lors de chaque « petite » maintenance tous les trois ans ou 30 cycles. Ceci fait l'objet de l'observation n°2.1 présentée en annexe 3 au présent avis.**

Enfin, l'IRSN estime que le requérant devrait, pour la prochaine demande de prorogation d'agrément de l'emballage, inclure dans le retour d'expérience d'utilisation et de maintenance du modèle de colis un point particulier concernant les sondes de mesure de niveau des effluents. *Ceci fait l'objet de l'observation n°2.2 présentée en annexe 3 au présent avis.*

2.3 Maintenance

2.3.1 Contrôle des bouchons fusibles

Dans le cadre de la présente demande, le CEA souhaite modifier le programme de maintenance de l'emballage de manière à supprimer les tests d'étanchéité des bouchons fusibles prévus lors de la grande maintenance tous les six ans ou 60 cycles. Ces bouchons en polyéthylène sont situés sur la tôle extérieure du corps de l'emballage et sur la tôle supérieure du capot. Ils obstruent des trous destinés à permettre le dégazage de la mousse et de la résine en cas d'incendie.

A cet égard, il convient de rappeler que lors d'une opération de maintenance réalisée courant 2013, l'absence de plusieurs bouchons fusibles a été constatée sur le capot ainsi que sur le corps de l'emballage, et des suintements qui résultent de l'accumulation d'humidité condensée au niveau du relief développé par le bouchon ont été constatés sur certains bouchons du corps de l'emballage. En conséquence, la notice d'utilisation a été mise à jour par le requérant afin de spécifier des contrôles systématiques de présence des bouchons avant utilisation.

L'absence de bouchons peut conduire à une pénétration d'humidité à l'intérieur de la première enveloppe d'habillage extérieure où se situe la mousse phénolique. Aussi, l'ASN a demandé, à la suite de la dernière demande de prorogation d'agrément du modèle de colis LR 144, de quantifier par des mesures la reprise potentielle d'humidité due à l'absence de bouchons fusibles lors de certains transports et, le cas échéant, de justifier l'impact de la prise d'humidité sur les caractéristiques mécanique et thermique de la mousse. Cette reprise d'humidité pourrait également entraîner des risques de corrosion interne des capots mais également du corps de l'emballage en acier contenant la mousse phénolique. Dans le cadre de la présente demande, le requérant a indiqué que les résultats des essais relatifs à l'étude générique de corrosion des aciers en présence de résine ou de mousse phénolique en milieu aqueux sont attendus pour la fin de l'année 2018. **Ceci n'appelle pas de commentaires de la part de l'IRSN.**

Concernant les conséquences potentielles d'une variation du taux d'humidité par la mousse phénolique, l'IRSN relève que des essais de vieillissement en température des mousses phénoliques ont montré qu'une diminution du taux d'humidité de la mousse pouvait entraîner une augmentation de sa contrainte d'écrasement. Les spécifications techniques présentées dans le dossier de sûreté de l'emballage précise que les caractéristiques mécaniques et thermiques de la mousse ont été déterminées pour un taux d'humidité contenu dans un intervalle donné. A cet égard, l'IRSN estime qu'un défaut d'étanchéité au niveau d'un bouchon fusible pourrait induire par évaporation ou reprise d'humidité, un taux d'humidité non compris dans l'intervalle de test. En outre, l'IRSN estime qu'un simple contrôle visuel avant expédition ne permet pas de détecter un défaut d'étanchéité au niveau des bouchons fusibles.

A cet égard, l'IRSN estime que le requérant devrait justifier qu'une variation du taux d'humidité de la mousse par défaut d'étanchéité n'est pas de nature à remettre en cause les caractéristiques mécanique et thermique de la mousse prises en compte dans les démonstrations de sûreté de l'emballage. Dans l'attente de telles justifications, le requérant devrait maintenir les tests d'étanchéité des bouchons fusibles prévus en grande maintenance tous les 6 ans ou 60 cycles. Ceci fait l'objet de l'observation n°3.1 présentée en annexe 3 au présent avis.

2.3.2 Examen des coupons de corrosion

Dans le cadre du programme de surveillance de la corrosion effectué en grande maintenance tous les six ans ou 60 cycles, le dossier de sûreté du colis impose que les résultats des examens des coupons de corrosion soient

transmis à l'ASN huit mois après le début de la maintenance. Le requérant juge ce délai insuffisant compte tenu des contraintes opérationnelles associées à la maintenance de l'emballage et souhaite décaler l'échéance de transmission à l'ASN à huit mois après la date de fin de maintenance de l'emballage. **Cela n'appelle pas de commentaire de l'IRSN.**

3 CONCLUSION

De l'expertise des justifications de sûreté présentées par le CEA dans le dossier de sûreté, l'IRSN considère que le modèle de colis LR 144 chargé des contenu n°1 et n°2, tel que défini dans le projet de certificat modifié par l'IRSN, est conforme aux prescriptions réglementaires applicables au modèle de colis de type B(M) pour matière fissile sous réserve de la prise en compte de la recommandation formulée en annexe 1 au présent avis relatif à la surveillance de la corrosion de la cuve de l'emballage. Les modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat sont listées en annexe 2.

Enfin, l'IRSN considère que, pour améliorer les démonstrations de sûreté du modèle de colis LR 144, le requérant devrait tenir compte des observations mentionnées en annexe 3 du présent avis.

Pour le directeur général, par délégation

Jean-Paul DAUBARD

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l'Avis IRSN n° 2017-00398 du 21 décembre 2017

Recommandation

Risques liés à la corrosion

L'IRSN recommande que le CEA complète la démonstration de la maîtrise des risques de corrosion du modèle de colis LR 144, sur la base d'essais complémentaires prenant en compte la concentration maximale des effluents susceptibles d'être transportés, qui permettent d'évaluer l'ensemble des mécanismes de corrosion envisageables. Dans l'attente de telles justifications, le CEA devra, dans le cadre du transport d'effluents dont la concentration en acide nitrique est supérieure à 3 mol/l, réaliser le contrôle des coupons de corrosion après un an d'exploitation du colis (durée de contact des effluents dont la concentration en acide nitrique est supérieure à 3 mol/l avec l'acier de la cuve). Dans le cas où cette condition ne serait pas remplie au bout de 3 ans ou 30 cycles, les contrôles devront être réalisés dans le cadre de la petite maintenance du colis.

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2017-00398 du 21 décembre 2017
Modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat transmis par le requérant

Les points mentionnés ci-après en caractères gras sont ceux pour lesquels le requérant n'a pas donné son accord.

1 Annexe 0 paragraphe 3

Spécifier que :

« En cas de transport d'effluents dont la concentration en acide nitrique est supérieure à 3 mol/l, les contrôles sur les coupons de corrosion seront réalisés, après un an d'exploitation du colis (durée de contact des effluents dont la concentration en acide nitrique est supérieure à 3 mol/l avec l'acier de la cuve). Dans le cas où cette condition ne serait pas remplie au bout de 3 ans ou 30 cycles, les contrôles seront réalisés dans le cadre de la petite maintenance du colis. »

2 Annexe 1 paragraphe 1 et annexe 2 paragraphe 1

2.1 Spécifier une séparation distincte des contenus n° 1 et n° 2 en deux sous-contenus tels que présentés ci-après :

- a. sous-contenu composé uniquement d'acide nitrique ;
- b. sous-contenu composé d'acide sulfurique et d'acide nitrique.

Le CEA devra indiquer, pour chaque contenu, les concentrations minimales et maximales des éléments chimiques transportés.

Annexe 3 à l'Avis IRSN n° 2017-00398 du 21 décembre 2017

Observations

1 Définition du contenu

- 1.1 L'IRSN estime que le requérant devrait préciser l'ensemble des conditions physico-chimiques autorisées par le projet de certificat (pH, potentiel d'oxydo-réduction..) et justifier que ces paramètres permettent de rester dans le domaine de passivation de la cuve quelle que soit la nature et la concentration des effluents transportés.

2 Utilisation

- 2.1 L'IRSN estime que le CEA devrait spécifier dans le chapitre utilisation du dossier de sûreté de l'emballage que la mesure du niveau des effluents effectuée dans une installation est autorisée uniquement dans le cas où l'installation dispose des moyens de mesure dont la précision est au moins équivalente à la sonde défectueuse.
- 2.2 L'IRSN estime que le CEA devrait inclure les sondes de mesure de niveau des effluents dans le retour d'expérience d'utilisation du modèle de colis.

3 Maintenance

- 3.1 L'IRSN estime que le requérant devrait justifier qu'une variation du taux d'humidité de la mousse par défaut d'étanchéité n'est pas de nature à remettre en cause les caractéristiques mécanique et thermique de la mousse prises en compte dans les démonstrations de sûreté de l'emballage. Dans l'attente de telles justifications, le CEA devrait maintenir les tests d'étanchéité des bouchons fusibles prévus en grande maintenance tous les 6 ans ou 60 cycles.