

Fontenay-aux-Roses, le 15 mars 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00056

Objet : Transport - Demande d'agrément du modèle de colis R85

Réf. : [1] Lettre ASN CODEP-DTS-2021-008259 du 21 avril 2021.
[2] Règlement de transport de l'AIEA - SSR-6 - Édition de 2018.
[3] Avis IRSN n° 2020-00127 du 30 juillet 2020.
[4] Guide de l'ASN n° 28 - Version du 25 juillet 2017.

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 conformité à la réglementation des transports de matières radioactives du nouveau modèle de colis R85, dont la société ROBATEL Industries (dénommée le requérant dans la suite de l'avis) a demandé l'agrément en novembre 2020.

Cette demande concerne le transport sur la voie publique, par voies routière, ferroviaire ou fluviale, de l'emballage R85 chargé de tubes guides de grappes issus du parc électronucléaire français.

Le requérant sollicite un agrément de type B(U) pour le modèle de colis R85 selon l'édition de 2018 du règlement de transport de matières radioactives de l'AIEA citée en deuxième référence. Cette révision de la réglementation demande notamment de tenir compte du vieillissement des composants du colis à la conception, en particulier lorsque celui-ci est susceptible d'être transporté après une période d'entreposage.

Le modèle de colis R85 pourra également être utilisé pour des transports à l'intérieur du périmètre des CNPE (centres nucléaires de production d'électricité) d'EDF ou pour un entreposage temporaire des tubes guides de grappes pour une durée de cinq ans au plus. L'expertise de l'IRSN ne porte pas sur ces utilisations, qui dépendent des sites concernés, hormis pour ce qui concerne les aspects en lien avec un transport intervenant après une phase d'entreposage.

Sur la base des documents transmis, tenant compte des informations apportées par le requérant et des engagements qu'il a adressés à l'ASN à l'issue de l'expertise, l'IRSN retient les éléments suivants.

1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE COLIS

1.1. EMBALLAGE

L'emballage R85 est constitué d'un corps d'emballage de forme cylindrique composé d'une enveloppe interne et d'une enveloppe externe, en acier inoxydable. Entre ces deux enveloppes, sont placées des viroles en acier

inoxydable, complétant la protection radiologique de l’emballage, et du compound dédié à la protection thermique. Le corps de l’emballage R85 est équipé de tourillons en acier inoxydable pour la manutention et l’arrimage du colis.

L’enveloppe de confinement de l’emballage R85 est délimitée par l’enveloppe interne de l’emballage qui est fermée par un couvercle en acier inoxydable. Ce couvercle est équipé de joints d’étanchéité en élastomère et d’un orifice d’accès à la cavité couvert en transport par une tpe de fermeture munie de joints d’étanchéité également en élastomère. La face intérieure du couvercle est équipée de doigts de centrage assurant le maintien en position des tubes guides de grappes dans la cavité de l’emballage.

Chaque extrémité (avant et arrière) de l’emballage R85 est équipée d’un capot de protection. Ces capots sont constitués par des enveloppes étanches en acier inoxydable dans lesquels sont disposés des blocs de bois et du compound.

1.2. CONTENU ET AMÉNAGEMENTS INTERNES

L’emballage R85 est destiné au transport des tubes guides de grappes usagés, se présentant sous forme de structures tubulaires en acier inoxydable. Ces tubes guides, utilisés dans le cœur des réacteurs électronucléaires du parc d’EDF, sont activés et potentiellement contaminés. Il en existe trois types, respectivement pour les réacteurs de 900 MWe, de 1 300 MWe et de 1 450 MWe, qui se différencient principalement par leur longueur. Dans le dossier de sûreté, le requérant définit les limites maximales admissibles pour les caractéristiques (thermiques, radiologiques, etc.) du chargement complet.

La cavité de l’emballage R85 est équipée d’un panier dans lequel sont placés les tubes guides de grappes. Pour le chargement de tubes guides de grappes courts, une entretoise en acier inoxydable est fixée, à l’aide de vis, sur la face inférieure du couvercle afin d’assurer le calage longitudinal.

2. COMPORTEMENT MÉCANIQUE

2.1. EN CONDITIONS DE TRANSPORT DE ROUTINE ET NORMALES DE TRANSPORT

Le requérant s’appuie sur des calculs numériques et analytiques pour justifier la tenue mécanique de l’enveloppe de confinement, des aménagements internes et des organes d’arrimage et de manutention pour les épreuves associées aux conditions de transport de routine (CTR).

À l’égard des épreuves mécaniques associées aux conditions normales de transport (CNT), le requérant considère que les épreuves d’aspersion d’eau, de gerbage de colis et de pénétration par chute de barre de 6 kg sont sans influence sur la sûreté du modèle de colis R85. L’épreuve de chute libre d’une hauteur de 0,3 m du colis est prise en compte dans les études du comportement mécanique du modèle de colis R85 en conditions accidentelles de transport (CAT), par le cumul de la hauteur de cette épreuve et de celle de chute libre associée aux CAT (hauteur totale de chute de 9,3 m).

Les justifications du requérant relatives au comportement mécanique du modèle de colis R85 en CTR et en CNT n’appellent pas de remarque de l’IRSN.

2.2. EN CONDITIONS ACCIDENTELLES DE TRANSPORT

2.2.1. Démarche retenue par le requérant

Le requérant considère que la tenue mécanique de l’enveloppe de confinement lors de l’épreuve d’immersion du colis sous une hauteur de 15 m d’eau associée aux CAT est couverte par les calculs réalisés pour les CTR. **Ceci n’appelle pas de remarque de la part de l’IRSN.**

Pour les analyses du comportement mécanique du modèle de colis R85 lors des épreuves de chute associées aux CAT (chute libre d’une hauteur de 9 m et chute du colis d’une hauteur de 1 m avec impact sur poinçon), le

requérant s'appuie uniquement sur des simulations numériques du modèle de colis, réalisées à l'aide d'un code de calcul aux éléments finis. Ces analyses ne sont pas confortées par une approche expérimentale, s'appuyant sur des essais de chute du modèle de colis R85 ou d'un modèle de colis considéré représentatif. À cet égard, à l'issue de l'instruction du dossier d'options de sûreté, objet de l'avis cité en troisième référence, cette démarche du requérant a fait l'objet de demandes de compléments formulées par l'ASN en 2020, portant sur :

- la qualification du code de calcul et la validité des modèles numériques utilisés, ainsi que les incertitudes associées aux résultats des simulations ;
- les critères permettant d'apprécier les résultats des modélisations du comportement mécanique du modèle de colis, notamment pour ce qui concerne le taux de fuite utilisé dans l'évaluation de relâchement d'activité du modèle colis en CAT.

Concernant la première demande, l'IRSN rappelle que le processus de qualification d'un outil de calcul scientifique repose sur trois étapes : la vérification¹, la validation² et la quantification des incertitudes. Ces éléments sont notamment précisés dans le guide n° 28 de l'ASN cité en quatrième référence.

L'IRSN estime que les éléments présentés par le requérant dans le cadre de la présente expertise répondent de façon satisfaisante à la première étape du processus présenté ci-avant. Concernant les autres points, le requérant n'apporte pas d'élément relatif aux modèles aux éléments finis utilisés, concernant en particulier :

- la validation de la capacité de ces modèles à reproduire les phénomènes physiques d'intérêt, notamment par des études de sensibilité aux principaux paramètres du modèle ;
- la définition de leur domaine de validité ;
- la détermination et l'appréciation des incertitudes associées aux résultats des simulations numériques.

Dans ce contexte, la démonstration de sûreté ne peut pas s'appuyer uniquement sur les simulations numériques, telles que conduites par le requérant. Aussi, l'IRSN estime que le requérant n'a pas répondu de manière satisfaisante à la première demande de l'ASN rappelée ci-avant.

Concernant la seconde demande de l'ASN, les critères retenus par le requérant en lien avec les fonctions de protection thermique et de protection contre les rayonnements ionisants en CAT n'appellent pas de commentaire de l'IRSN.

Pour la fonction de confinement, le requérant indique que, compte tenu des caractéristiques du contenu et de son comportement en CAT (fraction de l'activité considérée comme pouvant se disperser), il n'est pas nécessaire de conserver l'étanchéité du système de fermeture du colis pour respecter la limitation réglementaire du relâchement d'activité en CAT (1 A₂ sur une semaine). Aussi, il ne définit pas de critère de taux de fuite de l'enveloppe de confinement à l'issue des épreuves de chute en CAT et n'apporte pas d'élément permettant de relier les grandeurs traitées dans les simulations à un tel critère. En outre, selon le requérant, les études numériques réalisées permettent de considérer que l'étanchéité de l'enveloppe de confinement est maintenue à l'issue des épreuves de chute en CAT.

L'IRSN considère que, sur le principe, le requérant n'a pas répondu à la demande de l'ASN pour la fonction confinement. Par ailleurs, d'un point de vue général, l'IRSN estime que l'approche du requérant, fondée sur la maîtrise de caractéristiques spécifiques des contenus, telles que la quantité de contamination non fixée, et de leur comportement en CAT, n'est pas adaptée à la démonstration de la sûreté d'un modèle de colis de type B. En effet, la sûreté d'un colis de type B, au regard des enjeux de sûreté et de radioprotection associés, doit

¹ La vérification consiste à s'assurer qu'un outil de calcul fonctionne comme voulu (réalisation informatique et numérique correcte, résultats numériques corrects).

² La validation consiste à s'assurer qu'un outil de calcul permet de simuler de manière satisfaisante les phénomènes physiques.

reposer avant tout sur la conception de l’emballage, notamment le maintien de ses fonctions de sûreté à l’issue des épreuves réglementaires.

En tout état de cause, l’IRSN a expertisé l’ensemble des éléments transmis par le requérant pour justifier la tenue mécanique du modèle de colis R85 en CAT. Dans ce cadre, l’IRSN souligne que son expertise porte en premier lieu sur les démonstrations de sûreté et sur les méthodes mises en œuvre par le requérant afin de garantir le respect des exigences réglementaires pour les modèles de colis de type B(U).

2.2.2. Chute libre d’une hauteur de 9 m

Les études de comportement mécanique du modèle de colis R85 lors d’une chute libre de 9 m prennent en compte la variation des caractéristiques des matériaux sur la plage de température des CNT, les différents angles de chute (chute axiale, chute latérale avec ou sans effet de fouettement, chute sur coin) et les différentes orientations angulaires de l’emballage autour de son axe. **Ces points n’appellent pas de commentaire de l’IRSN.**

Concernant l’absence de validation des modèles numériques utilisés et de quantification des incertitudes associées (cf. paragraphe 2.2.1 de l’avis), le requérant s’est engagé à :

- réaliser des contrôles du bois utilisé pour fabriquer les capots (essais de compression sur la plage de température des CNT) afin de garantir que le comportement mécanique réel du bois ne met pas en cause les études ;
- justifier la pertinence de la modélisation du système de fermeture et des vis de fixation des composants participant à une fonction de sûreté du modèle de colis R85 ;
- réaliser des essais de chute libre avec une maquette à taille réduite du modèle de colis R85 ; ces essais visent, d’une part à recueillir des données permettant de compléter les validations des simulations numériques (notamment pour ce qui concerne le bois des capots), d’autre part à confirmer les performances mécaniques du modèle de colis R85 (en particulier la vérification du maintien de l’étanchéité du système de fermeture en CAT).

L’IRSN estime globalement satisfaisants ces engagements, qui sont de nature à justifier le maintien des fonctions de sûreté de l’emballage en CAT.

En l’état actuel de la démonstration de sûreté, fondée uniquement sur des simulations, le comportement global du modèle de colis lors d’une chute libre de 9 m peut être considéré acceptable. Toutefois, en l’absence d’élément permettant de relier les résultats des simulations (notamment les ouvertures résiduelles du plan de joint de confinement et les déformations plastiques des vis de fixation du système de fermeture) au taux de fuite du colis, **l’IRSN ne peut formellement pas conclure sur l’absence de dégradation de l’étanchéité du colis à l’issue de la chute de 9 m.**

2.2.3. Chute sur poinçon d’une hauteur de 1 m

Les études du comportement du modèle de colis R85 lors d’une chute sur poinçon d’une hauteur de 1 m sont réalisées sur la base de simulations considérant deux familles de configurations : des chutes axiales avec impact au niveau du capot avant et des chutes latérales avec impact au niveau du corps de l’emballage. Pour ces études, le requérant n’a pas justifié le caractère conservatif de l’ensemble des paramètres caractérisant l’épreuve de chute sur poinçon. **Ceci conduit l’IRSN à formuler la recommandation n° 1 en annexe au présent avis.**

Concernant la validation des modèles numériques utilisés, le requérant s’est engagé à étayer, lors de la prochaine mise à jour du dossier de sûreté, les analyses de sûreté en s’appuyant sur des éléments de *benchmark*. Ces éléments, présentés dans une note transmise par le requérant en décembre 2021, sont notamment fondés sur un essai de perforation sur une maquette à échelle réduite, représentant un poinçon venant perforer la virole de l’enveloppe interne à une vitesse quasi-statique. **Compte tenu de son envoi tardif, en accord avec l’ASN, cette note n’a pas été intégrée à la présente expertise.**

Nonobstant, l'IRSN a expertisé les modèles numériques utilisés par le requérant, en particulier les hypothèses de modélisation qui ont une influence sur la sollicitation de la virole interne lors de la chute sur poinçon avec impact au niveau du corps de l'emballage.

Dans ses simulations, le requérant modélise la rupture des composants (viroles en acier et compound) en utilisant une méthode dite « érosion ». Des critères d'érosion sont définis pour les matériaux de ces composants et, lorsqu'ils sont atteints au sein d'un élément du modèle à éléments finis, cet élément n'est plus pris en compte dans la simulation. À cet égard, le requérant ne présente pas d'analyse de la validation des critères d'érosion retenus. En outre, l'IRSN estime qu'une valorisation du compound dans les analyses de comportement mécanique est acceptable sous réserve d'une caractérisation adaptée de ses propriétés mécaniques. Enfin, les phénomènes de rupture étant locaux, la dépendance des résultats des calculs à la taille des éléments du modèle devrait être analysée. **Ces éléments conduisent l'IRSN à formuler les recommandations n° 2 à n° 4 en annexe au présent avis.**

Par ailleurs, les modèles numériques utilisés par le requérant ne prennent pas en compte les zones soudées de la virole interne de l'emballage, qui présentent des caractéristiques mécaniques différentes de celles du matériau de base de cette virole. Les endommagements induits par le poinçon étant locaux, l'IRSN estime que le comportement de ces zones lors d'une chute sur poinçon doit être étudié. **Ce point conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 5 en annexe au présent avis.**

Compte tenu de l'absence de validation des modèles numériques et de quantification des incertitudes associées (cf. paragraphe 2.2.1), la validité des résultats des études du requérant concernant le comportement mécanique du modèle de colis R85 lors de la chute sur poinçon d'une hauteur de 1 m reste à justifier. Néanmoins, l'IRSN a analysé les principaux résultats présentés par le requérant qui permettent d'apprécier le comportement global du modèle de colis R85 lors d'une chute sur poinçon.

Pour les configurations de chutes axiales au niveau du capot avant, eu égard au comportement global du modèle de colis R85 et aux marges de sûreté identifiées, l'IRSN estime que les conclusions du requérant concernant l'étanchéité du système de fermeture du modèle de colis R85, présentées au paragraphe 4 de l'avis, s'appliquent également à ces configurations.

Pour les configurations de chutes latérales, les études du requérant concluent à de fortes déformations plastiques de la virole interne. Sur ce point, l'IRSN estime que de nombreuses incertitudes existent sur le caractère majorant de ces études. **Par conséquent, l'IRSN considère que l'absence de perforation de l'enveloppe de confinement, à l'issue de l'épreuve de chute sur poinçon avec impact au niveau du corps de l'emballage R85, n'est pas acquise à ce stade.**

3. COMPORTEMENT THERMIQUE

Pour les CTR, le requérant démontre le respect du critère réglementaire de température maximale de 50 °C sur les surfaces externes accessibles d'un colis, transporté sous utilisation non exclusive dans un environnement de 38 °C et en absence d'ensoleillement, sur la base de calculs analytiques en régime stationnaire. **Cette démonstration n'appelle pas de remarque de l'IRSN.**

En CNT et CAT, le requérant étudie le comportement thermique du modèle de colis à l'aide de calculs numériques.

Pour les CNT, les études réalisées visent à évaluer les températures moyennes et maximales du modèle de colis R85 afin de déterminer les données d'entrée des analyses de sûreté. Pour les CAT, en plus de la détermination des températures des composants, le requérant vérifie que les températures maximales des éléments sensibles (joints en élastomère et compound en particulier) restent en dessous de leur limite d'utilisation. Ces analyses sont effectuées en considérant une éventuelle poursuite de la combustion du bois des capots à issue de l'épreuve de feu. **Ces points n'appellent pas de remarque notable de l'IRSN.**

4. CONFINEMENT

Le requérant contrôle l'étanchéité de l'enveloppe de confinement du modèle de colis R85 au cours de sa fabrication et avant la mise en service d'un exemplaire d'emballage. En outre, le système de fermeture du couvercle fait l'objet de contrôles en cours d'exploitation (notamment avant une expédition) et lors des maintenances périodiques. Aussi, pour toute la durée de vie de l'emballage, le requérant ne prévoit qu'un seul contrôle d'étanchéité de la structure mécano-soudée de l'enveloppe interne qui comporte plusieurs soudures, sans en justifier le caractère suffisant notamment au regard des phénomènes de vieillissement. **Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation n° 6 en annexe au présent avis.**

Pour ce qui concerne les joints en élastomère du modèle de colis R85, le requérant a vérifié que les taux de remplissage des gorges de joint sont inférieurs à 100 % dans toutes les conditions de transport, ce qui permet d'écartier les risques associés à une extrusion. En outre, le requérant présente l'analyse du vieillissement des joints de l'enveloppe de confinement en élastomère justifiant leur fréquence de remplacement. **L'IRSN estime satisfaisants ces éléments.**

Sur la base du critère de taux de fuite mesuré avant transport du colis, le requérant évalue le relâchement d'activité en CNT. Le critère de relâchement d'activité de 10^{-6} A₂ par heure en CNT est respecté avec une marge de sûreté importante. **L'IRSN estime que ceci est satisfaisant.**

Pour les CAT, le requérant vise à démontrer que, indépendamment du niveau d'étanchéité de l'emballage, le relâchement d'activité en dehors de l'emballage ne peut pas être supérieur à 1 A₂. Les justifications présentées s'appuient notamment sur les caractéristiques radiologiques du contenu transporté et son comportement en CAT (part de contamination non fixée des tubes guides de grappes pouvant être dispersée) tenant compte de la mise en dépression interne de la cavité de l'emballage lors de sa fermeture.

En liminaire, comme présenté au paragraphe 2.2.1, l'IRSN considère que, au-delà du respect du critère réglementaire de relâchement d'activité de 1 A₂ sur une semaine, l'approche de sûreté du requérant n'est pas adaptée pour un modèle de colis du type B.

S'agissant du système de fermeture du colis, l'IRSN estime peu probable une défaillance importante du système de fermeture de l'emballage en CAT, compte tenu du maintien d'un taux de compression des joints non négligeable malgré les incertitudes mentionnées au paragraphe 2.2.2 du présent avis. De plus, pour rappel, le requérant s'est engagé à consolider les résultats des études sur la base d'un essai réalisé sur une maquette, à l'issue duquel l'étanchéité de cette dernière sera vérifiée.

Enfin, comme indiqué au paragraphe 2.2.3 du présent avis, l'IRSN considère que l'absence de perforation de la virole interne n'est pas acquise à l'issue de la chute sur poinçon. À cet égard, une éventuelle perforation de la virole du modèle de colis R85 pourrait mettre en cause le respect du critère de relâchement d'activité en CAT. En effet, d'un point de vue théorique, une exposition au feu de la cavité interne et des contenus transportés pourrait conduire à des phénomènes de convection et de circulation thermo-fluidique complexes pouvant mettre en cause les justifications présentées par le requérant dans une configuration de dégradation de l'étanchéité du système de fermeture, notamment le relâchement d'activité du colis en CAT par l'atteinte de l'équilibre de pression entre la cavité du colis et l'extérieur.

5. RADIOPROTECTION

Le requérant démontre, sur la base de calculs de type Monte Carlo, le respect des critères réglementaires de débit d'équivalent de dose (DED) au contact et au voisinage du modèle de colis R85 dans toutes les conditions de transport. **Les études réalisées pour les CTR et les CNT n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

En CAT, le requérant évalue le DED maximal à 1 m du modèle de colis afin de vérifier le critère réglementaire de 10 mSv/h. **Les calculs du requérant n'appellent pas de remarque de l'IRSN.**

Toutefois, une éventuelle perforation de la virole interne lors de l'épreuve de chute sur poinçon (cf. paragraphe 2.2.3 du présent avis) pourrait avoir une influence sur les conclusions des études du requérant, si elle conduit à une dégradation locale de la protection radiologique ou à une possible migration de la contamination non fixée à l'extérieur de l'enveloppe interne.

6. AUTRES RISQUES

6.1. RISQUE DE CORROSION

Le compound est un matériau de type « béton ». Habituellement, il est coulé dans une enveloppe en acier inoxydable qui est ensuite fermée de manière étanche par soudage. Afin d'étudier le risque de corrosion des composants en acier au contact du compound, le requérant a réalisé des échantillons témoins constitués de caissons en acier inoxydable, de même type que celui des enveloppes de l'emballage R85, remplis de compound. Après plus de 10 ans, un de ces caissons a été découpé et analysé. Les résultats de ces analyses fournissent des indications favorables pour ce qui concerne le risque de corrosion des composants en acier inoxydable au contact du compound. **L'IRSN estime adaptée l'analyse réalisée par le requérant.**

6.2. RISQUE D'INFLAMMATION INTERNE

Le risque d'inflammation interne est lié à la production éventuelle de gaz inflammable résultant des phénomènes de radiolyse et de thermolyse. Le requérant écarte ce risque pour le modèle de colis R85 en s'appuyant, d'une part sur la nature des contenus et des aménagements internes (structures en acier), d'autre part sur des contrôles de l'absence de corps étrangers, des opérations de séchage et des contrôles d'absence d'eau dans la cavité de l'emballage effectués lors des opérations de chargement. **L'IRSN estime acceptables les justifications présentées par le requérant.**

7. FABRICATION, UTILISATION, MAINTENANCE

Le requérant définit des opérations de vérification de la conformité des emballages à l'issue de leur fabrication, que l'IRSN considère acceptables. Il s'est par ailleurs engagé à effectuer des contrôles complémentaires relatifs aux caractéristiques mécaniques du bois des capots (cf. paragraphe 2.2.2 du présent avis).

À l'exception de l'absence de contrôle des soudures de l'enveloppe de confinement en maintenance, objet de la recommandation n° 6 du présent avis (cf. paragraphe 4 du présent avis), **l'IRSN estime globalement satisfaisantes les instructions d'utilisation et de maintenance de l'emballage R85 présentées par le requérant.**

8. VIEILLISSEMENT ET GESTION OPÉRATIONNELLE PENDANT L'ENTREPOSAGE

L'édition 2018 de la réglementation AIEA, citée en deuxième référence, a introduit des exigences en lien avec le vieillissement des composants des modèles de colis. Dans ce cadre, le requérant précise que les phénomènes de vieillissement sont pris en compte à la conception de l'emballage R85, par le choix de matériaux peu sensibles au vieillissement et ne présentant pas d'incompatibilité physico-chimique entre eux ou avec les contenus.

Le requérant considère que les sollicitations pouvant engendrer des phénomènes de fatigue sont celles induites par les cycles de lavage répétés ou par les effets inertiels de l'arrimage lors des transports. Ces sollicitations sont prises en compte dans les analyses du comportement mécanique du modèle de colis R85 en CTR.

Pour ce qui concerne l'entreposage de colis chargés sur site, le requérant considère que l'établissement des instructions, des consignes opérationnelles et des exigences en matière de surveillance, relève de la responsabilité de l'exploitant du site d'entreposage et de celle du propriétaire de l'emballage. S'agissant de l'expédition d'un colis R85 après entreposage, le requérant indique que les instructions d'utilisation spécifient

en particulier le remplacement des joints de confinement au-delà de la durée maximale de service des joints (période d'entreposage incluse) et un contrôle d'étanchéité des joints de confinement avant expédition.

L'IRSN estime que ces points répondent de manière globalement satisfaisante aux exigences de la réglementation précitée.

9. SYSTÈME DE MANAGEMENT PAR LA QUALITÉ

Le classement des composants du modèle de colis R85 est réalisé sur la base d'une analyse des modes de défaillances et de leur criticité (AMDEC) considérant les fonctions de sûreté afin, d'une part d'identifier l'importance de chaque composant pour la sûreté, d'autre part de classer les pièces pour définir les moyens de contrôle adaptés en fabrication, en utilisation et en maintenance. **L'IRSN estime satisfaisants ce système de classement et la démarche de contrôle associée.**

Par ailleurs, le requérant définit les principes d'assurance de la qualité applicables à l'ensemble des activités liées au modèle de colis R85 (conception, fabrication et mise en service des exemplaires, exploitation, transport du modèle de colis, maintenance et entretien, démantèlement, etc.). Le programme d'assurance de la qualité mis en œuvre est établi sur la base des recommandations des normes nationales ou internationales (par exemple la norme ISO 9001) et doit prendre en compte : l'organisation, la formation du personnel, la maîtrise des documents, le contrôle de toutes les opérations afférentes à l'exploitation du colis, le contrôle des approvisionnements des biens et des services, les actions correctives, les audits ou les inspections. **L'IRSN estime globalement acceptables les principes définis par le requérant pour le modèle de colis R85 en termes d'assurance de la qualité.**

10. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par le requérant au cours de l'expertise, ainsi que des engagements qu'il a pris auprès de l'ASN, l'IRSN considère que le modèle de colis R85 est conforme aux prescriptions réglementaires relatives aux conditions de transport de routine et aux conditions normales de transport, et que les principes de gestion opérationnelle et de management de la qualité sont globalement satisfaisants.

S'agissant des conditions accidentelles de transport, pour lesquelles il ne retient pas de critère quantitatif relatif à l'étanchéité du système de fermeture du colis, le requérant justifie le respect des critères réglementaires en faisant reposer, en partie, sa démonstration sur les caractéristiques du contenu et sur son comportement en conditions accidentelles de transport. Sur le plan des principes, l'IRSN estime que la sûreté d'un colis de type B doit reposer avant tout sur la conception de l'emballage et sa résistance aux épreuves réglementaires. L'IRSN relève que le requérant a pris des engagements en ce sens.

En outre, l'IRSN considère que l'absence de perte d'étanchéité de l'emballage, au niveau de sa virole interne, pour l'épreuve réglementaire de chute sur poinçon, n'est pas acquise au regard de l'approche uniquement numérique retenue pour la démonstration de sûreté du modèle de colis R85. Ce point est de nature à mettre en cause la démonstration du requérant. En conséquence, l'IRSN considère que le requérant doit compléter sa démonstration de sûreté en tenant compte notamment des recommandations relatives au comportement du modèle de colis R85 lors de la chute d'une hauteur de 1 m sur poinçon formulées en annexe au présent avis.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00056 DU 15 MARS 2022

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que le requérant justifie le caractère conservatif des paramètres suivants caractérisant l'épreuve de chute d'une hauteur de 1 m sur poinçon du modèle de colis R85 :

- les caractéristiques matérielles et géométriques du poinçon ;
- l'inclinaison du modèle de colis par rapport au poinçon.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande que le requérant justifie la représentativité physique des critères d'érosion retenus pour modéliser la rupture des aciers dans les études numériques du comportement du modèle de colis R85 lors de la chute d'une hauteur de 1 m sur poinçon.

Recommandation n° 3

L'IRSN recommande que le requérant justifie pour ce qui concerne les études numériques du comportement du modèle de colis R85 lors de la chute d'une hauteur de 1 m sur poinçon :

- le modèle de comportement retenu pour le compound ;
- la représentativité physique des critères d'érosion retenus pour modéliser la rupture du compound.

Recommandation n° 4

L'IRSN recommande que le requérant étudie l'influence du niveau de raffinement du maillage des zones impactées par le poinçon sur le résultat des simulations numériques relatives au comportement du modèle de colis R85 lors de la chute d'une hauteur de 1 m sur poinçon.

Recommandation n° 5

L'IRSN recommande que le requérant étudie le comportement mécanique des zones soudées (soudures et zones thermiquement affectées) de la virole interne lors de la chute d'une hauteur de 1 m sur poinçon du modèle de colis R85. Dans ce cadre, le requérant devra caractériser les propriétés mécaniques des zones soudées de l'enveloppe de confinement selon les modes opératoires de soudage mis en œuvre.

Recommandation n° 6

L'IRSN recommande que le requérant justifie l'absence de contrôle des soudures de l'enveloppe de confinement du modèle de colis R85 lors des opérations de contrôle périodique en maintenance.