

Fontenay-aux-Roses, le 10 juillet 2018

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN n° 2018-00190

Objet : Transport - Agrément du modèle de colis TN 17 MAX chargé d'assemblages combustibles irradiés de type REP 15x15

Réf. 1. **Lettre ASN CODEP-DTS-2018-004831 du 23 janvier 2018**
2. Règlement de transport de l'AIEA N° 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'agrément transmise par la société ORANO TN, dénommé ci-après le requérant, pour le nouveau modèle de colis TN 17 MAX.

Cette demande d'agrément concerne le transport par voies terrestre, maritime ou fluvial, sur la voie publique, de l'emballage TN 17 MAX chargé d'assemblages combustibles à base d'oxyde d'uranium ou d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium irradiés dans des réacteurs à eau pressurisée. Il s'agit d'une demande d'agrément dit multilatéral de type B pour matières fissiles, dans la mesure où certains paramètres spécifiés dans la réglementation ne sont pas retenus pour la conception du modèle de colis. Par exemple, la température minimale d'utilisation des joints d'étanchéité du modèle de colis est de - 27 °C, alors que la réglementation fixe une température minimale forfaitaire de - 40 °C. Dès lors, il devra être vérifié, avant expédition, que la température des joints ne pourra pas être inférieure à - 27 °C durant le transport.

Les justifications de sûreté présentées par le requérant ont été expertisées par l'IRSN au regard des exigences applicables de la réglementation citée en seconde référence. De cette expertise, il ressort les points suivants.

Adresse Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

1 DESCRIPTION DU MODELE DE COLIS

L'emballage TN 17 MAX, de forme générale cylindrique, est composé d'un corps constitué d'une virole épaisse en acier au carbone et d'un fond soudé. La surface externe de l'emballage est recouverte en partie radiale d'une protection radiologique traversée par des conducteurs thermiques vissés sur la virole. La cavité de l'emballage est fermée par deux systèmes indépendants : un bouchon équipé de joints d'étanchéité en élastomère maintenu par une bride de serrage et un couvercle secondaire également muni de joints. Le bouchon, le couvercle

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

secondaire et le corps de l'emballage sont équipés d'orifices permettant d'accéder à la cavité (opérations de vidange, de contrôle...). Ces orifices sont fermés par des composants équipés de joints d'étanchéité en élastomère. En outre, le corps est équipé, à chacune de ses extrémités, d'un capot amortisseur de chocs rempli de blocs de mousse de carbone. Un amortisseur interne est enfin disposé sur la surface intérieure du bouchon, pour protéger celui-ci d'un impact du contenu. Ce nouveau modèle de colis est de conception similaire au modèle de colis TN G3, les dimensions des principaux composants étant inférieures pour le modèle de colis TN 17 MAX.

La cavité de l'emballage, mise en dépression et inertée avant expédition, accueille un panier comportant neuf logements. Le contenu faisant l'objet de la présente demande d'agrément (contenu n°1) est constitué d'au plus neuf assemblages combustibles irradiés, dont au plus trois à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX).

2 EXPERTISE DE SURETE

2.1 Comportement mécanique du modèle de colis

Le requérant évalue la tenue mécanique du colis dans toutes les conditions de transport afin notamment de déterminer l'état de l'emballage et du contenu à prendre en compte dans les analyses du comportement thermique du colis, du confinement, de la radioprotection et de la sûreté-criticité.

2.1.1 Conditions de transport de routine

Le requérant justifie le dimensionnement des principaux composants du colis et de leurs vis de fixation au regard des sollicitations rencontrées dans les conditions de transport dites « de routine » et lors des opérations de manutention. Ces points n'appellent globalement pas de remarque de l'IRSN.

Concernant les opérations d'arrimage et de manutention du colis, le requérant démontre la tenue sous charge statique et à la fatigue des tourillons utilisés, en tenant compte des sollicitations rencontrées pendant toute la durée d'utilisation prévue de l'emballage (environ 40 ans). Il devrait toutefois confirmer que les modifications apportées au cours de l'instruction ne mettent pas en cause cette démonstration. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.1 présentée en annexe 2 du présent avis.**

2.1.2 Conditions normales et accidentelles de transport

L'analyse du comportement mécanique du modèle de colis lors des épreuves réglementaires de chute associées aux conditions normales et accidentelles de transport repose principalement sur :

- des essais de chute réalisés avec une maquette (échelle 1/3) du modèle de colis TN G3, de conception similaire au modèle de colis TN 17 MAX ;
- des calculs numériques complémentaires fondés sur des principes de modélisation similaires à ceux utilisés pour le modèle de colis TN G3.

L'IRSN estime cette démarche acceptable. Cependant, en raison des différences de dimensions entre les emballages TN G3 et TN 17 MAX, leurs modes propres devraient différer. Aussi, des fréquences de filtrage différentes devraient être retenues pour traiter les signaux accélérométriques relevés lors des chutes, de manière à ne pas sous-estimer les accélérations maximales du colis dans certaines configurations de chute. Toutefois, l'IRSN estime que les conclusions des études du requérant ne seront pas mises en cause compte tenu des hypothèses pénalisantes retenues. Le requérant devrait cependant confirmer ce point, en s'appuyant notamment sur une analyse modale du modèle de colis TN 17 MAX. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.2 présentée en annexe 2 du présent avis.**

Les calculs réalisés pour une chute du colis en positions inclinée et horizontale conduisent à des déformations plastiques de certains composants de l'enveloppe de confinement supérieures à leur allongement à rupture, ce qui n'est pas réaliste. L'IRSN estime donc que le requérant devrait approfondir l'analyse du comportement de ces composants en considérant les phénomènes physiques réellement rencontrés. En particulier, il devrait définir un critère à la rupture permettant de conclure sur l'intégrité des composants étudiés à l'issue des chutes et confirmer le maintien des performances d'étanchéité des composants de fermeture de la cavité au regard des niveaux de déformation calculés. À cet égard, lors de l'instruction relative à la demande d'agrément du modèle de colis TN G3, il a apporté des justifications complémentaires montrant une bonne concordance des déformations des composants du colis déterminées par calculs et celles observées à l'issue des épreuves de chute. Le requérant conclut que le modèle numérique développé reproduit correctement le comportement en chute du colis. Dans un avis de mars 2018, l'IRSN a estimé acceptable ces éléments, qui restent pertinent pour le modèle de colis TN 17 MAX. L'IRSN estime que le requérant devrait intégrer ces éléments dans le dossier de sûreté de ce modèle de colis. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.3 présentée en annexe 2 du présent avis.**

2.1.3 Influence du châssis de transport en chute

Au cours de l'instruction, le requérant a transmis des calculs visant à démontrer que la présence du châssis de transport n'engendre pas de dommages supérieurs à ceux qui ont été évalués dans les configurations de chutes libres, en considérant un impact sur le châssis. Il n'a toutefois pas transmis de description des composants du châssis (matériaux, dimensions, masses). En outre, le critère retenu pour simuler la rupture du tourillon (deux fois l'allongement à la rupture du matériau) devrait être mieux justifié. Enfin, la configuration de chute de 9 mètres avec un premier impact sur le colis, le châssis étant positionné sur la génératrice opposée, devrait être étudiée dans le cas où la masse du châssis représente plus de 10 % de celle du colis. **Ces points font l'objet de la recommandation présentée en annexe 1 au présent avis.**

2.1.4 Rupture fragile

Le requérant analyse le risque de rupture fragile, à basse température, de certains composants en acier de l'emballage TN 17 MAX sensibles à ce phénomène. Cette analyse repose sur une évaluation des facteurs d'intensité de contraintes dans ces composants, dans lesquels sont considérés des défauts de référence, et leur comparaison aux valeurs de ténacité dynamique spécifiés pour les opérations de fabrication des exemplaires d'emballage. Il ressort de cette étude que le risque de rupture fragile des composants de l'emballage est écarté.

Toutefois, les calculs réalisés, considérant un modèle élasto-plastique, montrent une légère plastification de certains composants à l'issue des chutes simulant les conditions accidentelles de transport. A cet égard, la prise en compte d'un comportement linéaire élastique des composants, tel que recommandé dans les codes de conception usuels, conduirait à une valeur de contrainte supérieure à celle calculée par le requérant. Toutefois, les marges de sûreté par rapport au critère de résilience retenu apparaissent suffisantes pour écarter le risque de rupture fragile des composants. Nonobstant, le requérant devrait réviser son analyse lors de la prochaine demande de prorogation d'agrément du modèle de colis en tenant compte d'une loi de comportement des matériaux adaptée. **Ceci fait l'objet de l'observation n° 1.4 présenté en annexe 2 du présent avis.**

Le défaut de référence considéré dans le calcul des facteurs d'intensité de contrainte doit couvrir les défauts vraisemblables compte tenu des procédés de fabrication utilisés, des performances et de la fiabilité des moyens de contrôle. Pour ce qui concerne la soudure entre les composants de l'enveloppe de confinement du colis, la performance de la méthode de contrôle retenue a été justifiée sur la base d'essais effectués sur des maquettes dont l'épaisseur et le revêtement étaient comparables à ceux du modèle de colis TN 17 MAX. Ces éléments ont été examinés par l'IRSN dans un avis de novembre 2017. Les conclusions de l'IRSN formulées dans cet avis sont applicables à la fabrication et au contrôle des emballages TN 17 MAX.

Enfin, des dispositions doivent être définies pour le processus de fabrication de la bride de serrage du bouchon de la cavité, afin de garantir une ténacité dynamique minimale à basse température justifiant l'absence de rupture fragile. Les capacités de détection du défaut de référence retenu devraient également être justifiées, au regard des moyens de contrôle mis en œuvre. **Aussi, le requérant devrait formaliser un dossier de qualification de ces contrôles, justifiant que les contrôles réalisés permettent l'atteinte de ces objectifs.**

2.2 Comportement thermique du modèle de colis

Le requérant évalue par calculs numériques le comportement thermique du modèle de colis TN 17 MAX dans toutes les conditions de transport. Le modèle par éléments finis utilisé repose sur des hypothèses simplificatrices. En particulier, les ailettes de refroidissement présentes sur la surface externe n'ont pas été modélisées, un coefficient d'échange thermique par convection, déterminé par essais, a été appliqué sur cette zone. Le requérant a simulé les échanges thermiques par convection, rayonnement et conduction au sein des composants. La cavité de l'emballage étant inertée à l'aide d'un gaz de remplissage à l'issue des opérations de chargement, il a tenu compte de l'influence sur la conductivité thermique de ce gaz de remplissage, d'une pénétration d'air dans la cavité par capillarité au niveau des joints. **Ces points n'appellent pas de remarque.**

La température des composants du colis déterminée en tenant compte des conditions d'ambiance réglementaires simulant les conditions normales de transport ne met pas en cause les fonctions de sûreté du modèle de colis. Cependant, au regard de la puissance thermique des assemblages combustibles chargés, la température des surfaces accessibles du colis peut être supérieure à 50 °C en l'absence d'ensoleillement. Par conséquent, selon la réglementation citée en seconde référence, les transports du modèle de colis devront être réalisés selon les modalités des transports dites sous « utilisation exclusive ». **L'IRSN propose de spécifier ce point dans le certificat d'agrément du modèle de colis.**

Pour ce qui concerne l'étude du comportement du modèle de colis TN 17 MAX à l'issue de l'épreuve réglementaire d'incendie associées aux conditions accidentelles de transport (feu de 800 °C pendant 30 minutes), il ressort que les températures maximales des composants importants pour la sûreté du colis présentent des marges par rapport à leurs températures maximales admissibles. À cet égard, la modélisation de l'emballage tient compte de dommages plus sévères que la plupart de ceux estimés à l'issue des chutes associées aux conditions accidentelles de transport.

Toutefois, l'étude du requérant ne prend pas en compte l'évolution des propriétés thermiques des composants métallique du colis sur toute la plage de températures. L'IRSN considère que cela ne met pas en cause les conclusions de cette étude compte tenu des marges dégagées. Néanmoins, ce point devrait être confirmé par le requérant. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 2.1 présentée en annexe 2 du présent avis.**

En outre, comme pour le modèle de colis TN G3, l'IRSN estime que le coefficient d'échange convectif retenu au niveau de la zone ailette du corps de l'emballage lors de la phase de refroidissement du colis devrait être mieux justifié. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 2.2 présentée en annexe 2 du présent avis.**

2.3 Confinement de la matière radioactive

Le requérant vérifie le respect des critères réglementaires de relâchement d'activité du modèle de colis en conditions normales et accidentelles de transport, en tenant compte du relâchement de la matière radioactive sous formes d'aérosols et de gaz au travers des joints d'étanchéité. Les calculs ont été réalisés en considérant un taux de rupture forfaitaire des gaines des crayons combustibles égal à 5 % à l'issue des conditions normales de transport, et de 100 % à l'issue des conditions accidentelles de transport. Le taux de relâchement des gaz de fission, hors des crayons ruptés, retenu en conditions normales de transport est inférieur aux valeurs spécifiées par l'ASN en juillet 2014 pour les assemblages combustibles irradiés dans des réacteurs étrangers de type REP. Le requérant analyse le conservatisme des valeurs retenues en se fondant sur des calculs tenant compte des conditions d'irradiation rencontrées dans le réacteur étranger où sont irradiés les assemblages prévus d'être transportés dans le modèle de colis TN 17 MAX. Toutefois, le dossier de qualification du code d'irradiation utilisé montre une sous-estimation, pouvant atteindre un facteur deux, des taux de relâchement calculés par rapport à ceux mesurés sur certains types de combustibles.

A cet égard, la prise en compte des taux de relâchement des gaz de fission préconisés par l'ASN conduit à un dépassement du critère réglementaire de relâchement d'activité en conditions normales de transport ($10^{-6} A_2/h$). Lors de l'instruction, le requérant a diminué le taux de fuite maximal admissible de la seconde barrière d'étanchéité, la pression initiale de remplissage de la cavité ainsi que la durée maximale de transport afin que le relâchement d'activité maximal reste inférieur à $10^{-6} A_2/h$ en conditions normales de transport en tenant compte des taux de relâchement de gaz de fission spécifiés par l'ASN. **Ceci est satisfaisant.**

L'étude du dimensionnement des joints des composants de fermeture de la cavité de l'emballage n'appelle pas de remarque de l'IRSN. En effet, dans toutes les conditions de transport, les taux de remplissage des gorges sont inférieurs à 100 % et les taux de compression des joints sont supérieurs à 15 % (assurant l'étanchéité du montage). En outre, le requérant a vérifié que l'endommagement des joints sous l'effet du cyclage thermique est limité.

2.4 Radioprotection

Le requérant a établi un système d'inéquations définissant les caractéristiques maximales du contenu. Il permet de justifier, avant le chargement de l'emballage, le respect des critères réglementaires d'intensité maximale de rayonnement. La méthodologie utilisée a déjà été mise en œuvre pour d'autres emballages (TN G3 notamment).

Ce système d'inéquations repose sur des ratios associés aux différents types de rayonnements ionisants émis, permettant de comparer leurs activités à des termes sources de référence. Ils sont établis à partir de calculs de débit d'équivalent de dose au contact du colis associés à des termes sources unitaires pour chaque type de rayonnement.

La méthodologie retenue ne considère donc pas le critère réglementaire de débit d'équivalent de dose à 2 m du véhicule ou du colis (au plus 0,1 mSv/h). À cet égard, l'ASN a indiqué en octobre 2016 que le débit d'équivalent de dose à 2 mètres du véhicule ou du colis devait être évalué en tenant compte des caractéristiques maximales du contenu transporté. Dans le cas où le respect du critère précité ne serait pas garanti, l'ASN précise que le chapitre du dossier de sûreté relatif aux conditions d'utilisation du colis doit indiquer que des dispositions particulières devront être mise en place préalablement au chargement du modèle de colis. **Le requérant devrait compléter son dossier sur ce point.**

En outre, les inéquations ont été définies sans prendre de marge de sûreté par rapport aux critères, contrairement à la démarche adoptée pour d'autres modèles de colis. Il convient de noter à cet égard que des contrôles du respect des critères de radioprotection sont réalisés après chargement du colis. En tout état de cause, l'IRSN estime que le requérant devrait, en collaboration avec les exploitants, constituer à l'issue des premiers transports du modèle de colis TN 17 MAX un retour d'expérience, sur la base de comparaisons entre les débits d'équivalent de dose mesurés avant expédition et ceux évalués à partir des inéquations. **Ceci point fait l'objet de l'observation n° 3.1 présentée en annexe 2 du présent avis.**

Par ailleurs, le requérant a vérifié, en se fondant sur les dommages estimés dans la cadre de l'analyse du comportement mécanique du colis, que l'intensité maximale de rayonnement à la surface du colis n'augmentait pas de plus de 20 % à l'issue des épreuves simulant les conditions normales de transport. Enfin, le débit d'équivalent de dose à 1 m du colis à l'issue des épreuves simulant les conditions accidentelles de transport a été évalué en considérant deux contenus types, supposés ruinés. Au regard des résultats obtenus, il ressort que le critère réglementaire est respecté. Bien que le requérant n'ait pas, conformément aux exigences réglementaires, retenu les caractéristiques maximales des contenus, l'IRSN estime que la ruine totale des assemblages constitue une hypothèse suffisamment pénalisante pour couvrir ce point.

2.5 Criticité

Le requérant vérifie la sous-criticité du modèle de colis lors du transport en supposant une ruine totale du contenu à l'issue des épreuves représentatives des conditions accidentelles de transport et une quantité d'eau limitée dans la cavité. Compte tenu de la présence d'une double barrière d'étanchéité de haute qualité et de doubles contrôles indépendants de l'efficacité de la vidange, du séchage et de la fermeture de chacune de ces barrières, la prise en compte d'une quantité limitée d'eau dans la cavité du colis n'appelle pas de commentaires. Les calculs réalisés tiennent compte de la présence d'eau résiduelle à l'issue du séchage de la cavité et de la quantité d'eau susceptible d'y pénétrer lors des épreuves réglementaires d'immersion, ce qui est satisfaisant.

2.6 Fabrication, utilisation et maintenance

Les contrôles réalisés à l'issue des opérations de fabrication des exemplaires d'emballages sont présentés dans le dossier de sûreté. À cet égard, le requérant classe les différents composants du modèle de colis en fonction de leur importance pour la sûreté et associe, à chaque niveau, des exigences particulières en réception.

Il définit notamment les attendus en termes de conformité documentaire et établit la liste des essais à réaliser sur différents composants de l'emballage. Des contrôles additionnels ont été définis au cours d'instruction (fabrication des vis de classe de qualité 10.9 afin de prévenir le risque de fragilisation par l'hydrogène, contrôle à 100 % de la surface des soudures de liaison entre les conducteurs thermiques et la virole de l'emballage). **Ces compléments sont satisfaisants.** Par ailleurs, l'IRSN estime que le requérant devrait spécifier que le test effectué pour vérifier les capacités de dissipation de la puissance thermique devrait être réalisé en considérant *a minima* deux tiers de la puissance thermique totale maximale des assemblages combustibles répartie sur toute la hauteur du panier située au droit de leur zone active. **Ce point fait l'objet de l'observation n° 4.1 présentée en annexe 2 du présent avis.**

Le requérant présente les principales instructions pour l'utilisation du modèle de colis TN 17 MAX qui seront déclinées par les expéditeurs dans des consignes d'exploitation. Elles concernent notamment les opérations de chargement/déchargement du colis, les opérations de manutention et d'arrimage du colis. Il détaille les principales actions réalisées après le chargement des assemblages combustibles dans la cavité de l'emballage, réalisé sous eau, et justifie les critères de contrôle associés au séchage de la cavité. **Ces points sont satisfaisants.**

Enfin, le requérant définit la nature des opérations d'entretien périodique réalisées pour chaque composant du modèle de colis ainsi que leur fréquence. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Concernant l'influence du vieillissement de la mousse de carbone des capots amortisseurs sur son comportement en compression, la représentativité des sollicitations retenues lors des essais de vieillissement sous vibrations des blocs de mousse réalisés, par rapport à celles que subiront les emballages pendant toute leur durée d'exploitation (40 ans), n'étant pas acquise, le requérant s'est engagé à réaliser un suivi particulier d'un exemplaire d'emballage TN G3 de référence afin de confirmer le bon comportement des blocs de mousse des capots dans les conditions réelles d'utilisation. **Ce retour d'expérience pourra être valorisé pour justifier le comportement sous l'effet du vieillissement des capots amortisseurs de l'emballage TN 17 MAX, compte tenu des similitudes entre les deux concepts de capots.**

2.7 Conclusion

En conclusion, compte tenu du dossier de sûreté transmis par le requérant et des compléments apportés au cours de l'instruction, l'IRSN considère que le modèle de colis TN 17 MAX chargé d'assemblages combustibles irradiés est conforme aux prescriptions de l'édition 2012 de la réglementation des transports de l'AIEA applicables aux colis de type B(M) pour matières fissiles.

Le requérant devra cependant compléter ses démonstrations de sûreté en tenant compte de la recommandation présentée en annexe 1 de cet avis. En outre, l'IRSN propose des compléments pour le certificat d'agrément du modèle de colis TN 17 MAX, listés en annexe 3 de l'avis.

Enfin, l'IRSN estime que le requérant devrait consolider ses démonstrations de sûreté dans la prochaine demande de prorogation d'agrément du modèle de colis TN 17 MAX en tenant compte des observations listées en annexe 2 du présent avis.

Pour le directeur général, par délégation

Igor LE BARS

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Annexe 1 à l’Avis IRSN n° 2018-00190 du 10 juillet 2018
Recommandation à prendre en compte avant le premier transport

Justifier les hypothèses retenues dans les calculs numériques concernant les caractéristiques mécaniques des bras supports du châssis ainsi que les critères retenus pour simuler la rupture du tourillon. Etudier la configuration de chute de 9 mètres avec un premier impact sur le colis, le châssis étant positionné sur la génératrice opposée, dans le cas où la masse du châssis représente plus de 10 % de celle du colis.

Annexe 2 à l'Avis IRSN n° 2018-00190 du 10 juillet 2018

Observations pour la prochaine demande de prorogation d'agrément du modèle de colis

1 Comportement mécanique du modèle de colis

- 1.1 Mettre à jour l'analyse de la tenue mécanique des tourillons dans les conditions de transport de routine en considérant la position de la portée sur le tourillon et en tenant compte de la réduction de l'angle d'appui du tourillon sur le bras support du châssis lié à l'existence d'un jeu radial entre ces éléments.
- 1.2 Justifier la fréquence de filtrage des signaux accélérométriques retenue pour les chutes du colis en position verticale sur la base d'une analyse modale de l'emballage TN 17 MAX et du panier.
- 1.3 Apprécier le comportement des composants présentant des niveaux de déformation plastique élevés lors d'une chute libre, d'une hauteur de 9,3 mètres, du colis en positions inclinée et horizontale en considérant les phénomènes physiques réellement rencontrés. Définir un critère à la rupture pertinent permettant de conclure sur l'intégrité des composants étudiés à l'issue des chutes et confirmer le maintien des performances d'étanchéité des composants de fermeture de la cavité au regard des niveaux de déformation calculés.
- 1.4 Evaluer le risque de rupture fragile de la bride de serrage du bouchon en considérant un modèle élasto-plastique du matériau dans les calculs de contrainte principale.

2 Comportement thermique du modèle de colis

- 2.1 Confirmer que la prise en compte de la plage de variation des températures pour les propriétés thermiques des composants métalliques du colis n'engendre pas une augmentation significative de la température des composants importants pour la sûreté du colis en conditions accidentelles de transport.
- 2.2 Justifier le conservatisme du coefficient d'échange convectif retenu au niveau de la zone ailetée du corps de l'emballage lors de la phase de refroidissement du colis.

3 Radioprotection

- 3.1 Constituer à l'issue des premiers transports du modèle de colis TN 17 MAX un retour d'expérience sur la base de comparaisons entre les débits d'équivalent de dose mesurés avant expédition et ceux évalués à partir du système d'inéquations proposé.

4 Fabrication, utilisation et maintenance

- 4.1 Vérifier les capacités de dissipation de la puissance thermique en considérant *a minima* deux tiers de la puissance thermique totale maximale admissible des assemblages combustibles répartie sur toute la hauteur du panier située au droit de leur zone active.

Annexe 3 à l'Avis IRSN n° 2018-00190 du 10 juillet 2018

Modifications apportées par l'IRSN au projet de certificat transmis par le requérant

Annexe 1, § 1

Ajout, à la fin de la note (d), de la phrase suivante : « De plus, l'exploitant nucléaire du réacteur doit également garantir que ces assemblages n'ont pas été reconstitués ou réparés. »

Ajout de la note (h) relative à l'enrichissement initial en $^{235}\text{U}/\text{U}$ par lot de pastilles, à la teneur initiale en plutonium ($\text{Pu}+^{241}\text{Am}$)/($\text{U}+\text{Pu}+^{241}\text{Am}$) par lot de pastilles et à la composition isotopique du plutonium avant irradiation par lot de pastilles : « Un lot de pastilles correspond à des pastilles issues du même lot de fabrication et ayant la même composition isotopique. »

Annexe 1, § 3

Ajout de la phrase suivante : « La justification de la sûreté criticité a été réalisée en considérant une quantité limitée d'eau dans la cavité du colis. La présence de matériaux plus hydrogénés que l'eau dans l'emballage est exclue. »