

Fontenay-aux-Roses, le 27 octobre 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## AVIS IRSN N° 2020-00165

---

**Objet :** Avis relatif à la demande d'accord de conditionnement des capsules de titanate de strontium issues de l'atelier Elan II B en colis CSD-S

---

**Réf. :** Lettre ASN n°CODEP-DRC-2019-044046 du 27 novembre 2019

---

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a sollicité l'avis de l'IRSN sur le dossier de demande d'accord de conditionnement de 15 capsules de titanate de strontium issues de l'INB n°47 (Atelier Elan II B) en colis standard de déchets de strontium, dits « colis CSD-S », dans l'Atelier de Compactage des Coques (ACC) de l'INB n°116 du site de La Hague, transmis par Orano.

### 1. CONTEXTE TECHNIQUE, ENJEUX ET POINTS EXAMINÉS PAR L'IRSN

L'atelier Elan II B a été mis en service en 1970 et exploité par le CEA sur le site de La Hague. Cette installation permettait notamment la fabrication de sources scellées de titanate de strontium ( $\text{SrTiO}_3$ ). La poudre de titanate de strontium était réceptionnée sous forme de capsules. Après ouverture, la poudre était fractionnée et conditionnée sous forme de sources scellées. La production a été arrêtée en 1973 et l'installation a été mise à l'arrêt définitif en 1977. La responsabilité de son démantèlement, incluant les opérations de reprise et de conditionnement des déchets (RCD) anciens, a été transférée à Orano en 1978. Ainsi, 15 capsules de titanate de strontium non utilisées, entreposées dans cette installation et considérées comme des déchets anciens, doivent faire l'objet d'une reprise et d'un conditionnement avant respectivement le 31/12/2024 et le 31/12/2026, conformément à la décision de l'ASN<sup>1</sup> relative à la reprise et au conditionnement des déchets anciens de l'INB n°47.

Dans cet objectif, Orano prévoit le conditionnement des 15 capsules en 3 colis standard de déchets de strontium (CSD-S) de haute activité (HA) dans l'atelier ACC du site de La Hague, aujourd'hui principalement destiné au conditionnement en colis standard de déchets compactés (CSD-C) des coques et embouts provenant du

---

<sup>1</sup> Décision ASN n°2014-DC-0472 du 09/12/2014

retraitement de combustibles usés par les usines du site ainsi que des déchets technologiques issus des différents ateliers du site. Les étapes du conditionnement en colis CSD-S (cf. figure 1 en annexe au présent avis) consistent à :

- introduire une capsule de titanate de strontium dans chacune des 5 alvéoles de la galette dite de conditionnement en acier inoxydable 316 L ;
- obturer chacune des alvéoles par frettage<sup>2</sup> à froid d'un bouchon conique en acier du même type que la galette. Le bouchon est refroidi par trempage dans l'azote liquide puis mis en place pour obturer l'alvéole, la dilatation du bouchon lors du retour à température ambiante assure alors l'efficacité du serrage ;
- empiler dans un conteneur en acier inoxydable 316 L, une galette de remplissage en partie inférieure, la galette de conditionnement puis deux galettes de remplissage en partie supérieure. Les galettes de remplissage, inférieure et supérieures, sont constituées d'une enveloppe en acier inoxydable 316 L (épaisseur de 5 mm) remplie de billes de verre de type borosilicate ;
- fermer le conteneur par soudage du couvercle.

Orano prévoit d'entreposer les 3 colis CSD-S produits dans l'entreposage des colis compactés (ECC) de l'INB n°116 ou son extension, puis qu'ils soient stockés en tant que colis de type HA en conteneur de stockage dans l'installation Cigéo, actuellement en projet, lors de sa phase industrielle pilote. En phases de fabrication et d'entreposage du colis, ainsi qu'en phase d'exploitation du stockage, les alvéoles de la galette de conditionnement et leurs bouchons frettés à froid ont pour fonction de compléter le confinement des radionucléides assuré par les capsules double enveloppe en acier inoxydable renfermant la poudre de titanate de strontium. La fonction de tenue mécanique est portée par le conteneur en acier 316 L, identique à celui utilisé pour le conditionnement des coques et embouts en colis CSD-C produit selon la spécification 300 AQ 055. Ce conteneur, dont le couvercle est soudé, concourt également à la fonction de confinement. Enfin, les galettes de remplissage ont quant à elles pour fonction de contribuer à la maîtrise du taux de vide dans le colis, critère requis en phase de stockage.

Les principaux enjeux de sûreté associés au colis CSD-S sont l'atteinte et le maintien dans le temps de ses performances mécaniques et de confinement durant toutes les phases de la vie du colis.

En réponse à la demande de l'ASN et compte tenu de ces enjeux, le présent avis traite successivement : (i) des caractéristiques des capsules de titanate de strontium à conditionner en colis CSD-S dans l'ACC, (ii) des paramètres visant à garantir les performances du colis CSD-S, (iii) du programme de qualification du colis CSD-S et (iv) du comportement du colis en entreposage et en stockage.

## 2. CARACTERISTIQUES DES CAPSULES DE TITANATE DE STRONTIUM A CONDITIONNER EN COLIS CSD-S

Les 15 capsules de titanate de strontium, scellées par soudure, sont constituées d'un étui externe et d'un étui interne chacun en acier inoxydable 304 L d'une épaisseur de 1,6 mm. Elles contiennent entre 483 et 578 g de poudre de SrTiO<sub>3</sub> ; 14 d'entre elles sont actuellement placées dans un château de transport SV44 (emballage de type B) entreposé dans le local 804 de l'INB n°47 tandis que la quinzième, en raison d'une déformation qui a nécessité de vérifier son intégrité, est placée dans un bouteillon inséré dans un conteneur en plomb entreposé dans le local 815 de cette INB. Les contrôles réalisés par Orano sur la partie déformée ont montré l'absence de contamination surfacique et donc l'intégrité de la capsule.

Les compositions chimiques et radiologiques de la poudre ont été établies par le CEA en 1989 d'après les données du producteur, l'Oak Ridge National Laboratory (ORNL), à la date de fabrication initiale des capsules (mars 1970).

---

<sup>2</sup> Technique d'assemblage mécanique qui permet d'assurer la cohésion d'un ensemble de pièces reposant sur la dilatation d'un des éléments suite à un traitement thermique.

Les seuls radionucléides présents dans la poudre sont le  $^{90}\text{Sr}$  et son descendant radioactif  $^{90}\text{Y}$ , tous deux émetteurs  $\beta$  purs, de périodes radioactives respectives de 28,8 ans et 2,67 jours. Le couple  $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$  étant à l'équilibre séculaire<sup>3</sup>, leurs activités sont égales. Sur la base d'une activité moyenne par capsule de 370 TBq en  $^{90}\text{Sr}$  déclarée par le CEA en février 1989, l'exploitant a calculé une activité moyenne des capsules de 156 TBq en  $^{90}\text{Sr}$  au 01/01/2025, date de référence retenue pour la production des CSD-S. Orano a également réalisé des calculs d'activité, à partir de pesées et de mesures de débits de dose<sup>4</sup> réalisées en 2014, en considérant une masse volumique de poudre pénalisante<sup>5</sup> de  $4 \text{ g.cm}^{-3}$ , supérieure à la masse volumique moyenne déclarée par le fabricant de  $3,5 \text{ g.cm}^{-3}$ . A partir de ces éléments, l'exploitant retient une activité enveloppe des capsules de 198 TBq en  $^{90}\text{Sr}$  à la date de production des CSD-S. **L'IRSN considère que la démarche d'estimation de l'activité radiologique des capsules retenue par Orano, fondée principalement sur les informations enregistrées lors de la fabrication des capsules et complétées par des pesées et des mesures de débits de dose, conduit à une estimation adaptée à l'étape de dimensionnement des CSD-S.**

L'IRSN relève par ailleurs qu'Orano prévoit de conforter cet inventaire préalablement au conditionnement des capsules. L'exploitant indique ainsi que ces activités radiologiques seront précisées, lors de la production des colis dans l'ACC, par une mesure par calorimétrie de l'énergie calorifique dégagée par chaque capsule. En effet, Orano précise que les postes de mesure existants dans l'ACC ne sont pas adaptés à la mesure de l'activité radiologique d'émetteurs  $\beta$  purs.

Le calorimètre est constitué d'un bloc thermostaté entourant une cellule de mesure et une cellule de référence. Les faces de chaque cellule sont recouvertes de modules Peltier permettant de recueillir un signal électrique proportionnel à la puissance transmise entre l'intérieur de la cellule et le bloc thermostaté. La disposition des modules Peltier sur toutes les faces permet de comptabiliser la quasi-totalité du flux de chaleur produit dans la cellule. Orano a calculé la part d'énergie déposée dans les zones dites mortes du calorimètre ne participant pas à la mesure afin de les prendre en compte dans l'estimation de l'incertitude systématique de mesure. Enfin, Orano précise que la durée de la mesure sera ajustée pour atteindre l'équilibre thermique dans la cellule dans l'objectif d'atteindre la précision recherchée (incertitude inférieure à 5 %). La puissance thermique mesurée permet alors de calculer l'activité de chaque capsule. À partir de cette donnée, l'exploitant calcule l'activité totale du colis ainsi que le débit de dose à 1 m et la puissance thermique du colis.

L'IRSN estime que les effets pouvant perturber la mesure ont bien été identifiés par l'exploitant et pris en compte dans la configuration de mesure retenue. **Le recours à cette technique de mesure par calorimétrie de la puissance thermique émise par une capsule n'appelle donc pas de remarque de l'IRSN sur le plan des principes.** L'IRSN souligne toutefois qu'elle n'est pas qualifiée au moment de l'examen de la présente demande d'accord de conditionnement. A cet égard, l'exploitant a indiqué au cours de l'instruction que la qualification du calorimètre reposera en particulier sur un étalonnage de la machine à l'aide d'une résistance étalon certifiée. La carte d'étalonnage asservissant la tension et l'intensité de la résistance et les mesures de la puissance thermique de la résistance étalon seront certifiées par un laboratoire COFRAC<sup>6</sup>. **L'IRSN appelle l'attention sur l'importance de cette qualification au regard du respect des différents paramètres garantis (activité du colis, débit de dose à 1 m et puissance thermique du colis) contrôlé à partir de cette unique mesure à la production du colis et sur l'importance de ces paramètres pour la sûreté des opérations de conditionnement, de transport, d'entreposage et de stockage.**

<sup>3</sup> Un équilibre séculaire s'établit lorsque, dans une chaîne de décroissance radioactive, un noyau père a une période beaucoup plus longue que son noyau fils. L'activité des descendants ne dépend alors pas de la période de ces noyaux mais seulement de celle du noyau père.

<sup>4</sup> Le débit de dose généré par la source est dû aux photons produits par le rayonnement de freinage des électrons émis par les désintégrations  $\beta$ .

<sup>5</sup> Pour une masse donnée de poudre, l'activité calculée pour un débit de dose donné dans la capsule augmente avec la densité du fait des phénomènes d'auto-absorption dans la poudre qui réduisent le débit de dose apparent.

<sup>6</sup> Comité français d'accréditation

Compte tenu de l'absence de matière fissile, de matière organique, d'eau et de matériaux pyrophoriques dans les capsules, l'IRSN convient que les risques de criticité, radiolyse et pyrophoricité tout au long de la gestion des colis peuvent être écartés.

### 3. PARAMETRES VISANT A GARANTIR LES PERFORMANCES DU COLIS CSD-S

L'atteinte des performances mécaniques, de confinement et de protection radiologique attendues aux différentes étapes de gestion d'un colis, garantes de la sûreté des opérations de production, d'entreposage et de stockage, repose sur la définition de paramètres garantis ainsi que leurs modalités de contrôle. La pertinence de ces paramètres et des valeurs associées est notamment évaluée au regard de leur compatibilité avec les spécifications d'acceptation des colis de déchets dans ces installations. Les paramètres garantis définis par l'exploitant pour le colis CSD-S sont présentés en annexe 2 du présent avis.

S'agissant de la fabrication dans l'ACC et de l'entreposage dans l'ECC, l'exploitant a indiqué qu'un dossier de demande de modification notable<sup>7</sup>, relatif au conditionnement des capsules de titanate de strontium dans l'atelier ACC et à l'entreposage des colis CSD-S dans l'atelier ECC, était en cours d'élaboration. La transmission de ce dossier, qui comprendra la version révisée des spécifications d'acceptation dans l'ECC, est prévue fin 2020. Dans l'attente, Orano a défini les paramètres garantis du colis CSD-S au regard des critères d'acceptation dans l'ECC des colis CSD-C, qui sont constitués de la même enveloppe métallique et partagent certaines étapes de production (approvisionnement, transfert, soudure du couvercle et contrôles identiques). L'IRSN convient du bien-fondé de cette approche et, de manière générale, des paramètres garantis qui en découlent. **L'IRSN relève toutefois que les valeurs garanties de puissance et d'activité radiologique du CSD-S sont supérieures à celles des CSD-C entreposés dans l'ECC.** L'IRSN estime en première approche que l'impact de la puissance thermique et de l'activité radiologique des CSD-S sur les conditions d'entreposage dans l'ECC devrait être limité, compte tenu du très faible nombre de colis CSD-S au regard du nombre de CSD-C entreposés dans cette installation. Néanmoins, ces éléments, développés au chapitre 5 du présent avis, devront faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre de la demande d'autorisation précitée. Enfin, l'IRSN note qu'un certain nombre de paramètres ne sont garantis qu'au désentreposage du colis, soit avant leur envoi vers le stockage. Ainsi, Orano propose que les dimensions du colis CSD-S, le débit d'équivalent de dose à 1 m, la contamination surfacique labile et la puissance thermique ne soient garantis qu'au désentreposage alors que ces paramètres contribuent à démontrer la compatibilité des colis CSD-S avec les installations de production et d'entreposage des colis CSD-S. **L'IRSN recommande donc que, d'une façon formelle, les paramètres garantis relatifs aux dimensions, à la puissance thermique et au débit de dose à 1 m du colis CSD-S soient définis dès la phase de production du colis.**

S'agissant du stockage dans l'installation Cigéo, l'acceptabilité des colis CSD-S est examinée au regard des exigences définies par l'Andra dans la dernière version (juin 2017) des spécifications préliminaires d'acceptation des colis dans Cigéo. **L'IRSN considère que les paramètres garantis retenus et les valeurs associées rendent bien compte des exigences précitées.** En particulier, l'IRSN observe que les valeurs des activités radiologiques des capsules retenues par Orano pour dimensionner le colis (cf. chapitre 2 du présent avis), permettent de respecter l'exigence de 300 W par colis liée à la puissance thermique des colis devant être stockés dans le quartier HA0 au cours de la phase industrielle pilote de l'installation de stockage en projet Cigéo. En effet, la puissance thermique d'un colis intégrant les 5 capsules les plus actives est estimée à 206 W par l'exploitant, ce dont l'IRSN convient. Par ailleurs, s'agissant du taux de vide, l'IRSN relève, d'une part, que la hauteur des galettes de remplissage a été déterminée de manière à assurer un taux de vide de 21 % et, d'autre part, que les billes de verres constitutives

<sup>7</sup> Les modifications notables d'une installation nucléaire de base concernent les changements apportés par l'exploitant relatifs aux systèmes, structures et composants de l'installation ainsi qu'à ses modalités d'exploitation autorisées.

de ces galettes présentent une faible compressibilité sous une pression de 12 MPa (de l'ordre de 1 %). Aussi, l'IRSN estime que le taux de vide des colis CSD-S est compatible avec l'exigence définie dans les spécifications préliminaires d'acceptation des colis primaires à Cigéo, à savoir un taux de vide inférieur à 25 %.

## 4. PROGRAMME DE QUALIFICATION DU COLIS CSD-S

Le programme de qualification a pour objectif de montrer que les paramètres de fabrication du colis permettent d'atteindre les niveaux de performances mécaniques, de protection radiologique et de confinement requis. Le maintien dans le temps de ces performances relève également de la qualification du colis à produire. Ce point est examiné au chapitre 5 du présent avis.

### *Galette de conditionnement*

Des essais en inactif réalisés en 2018 ont permis de qualifier la procédure de fretage à froid des bouchons des alvéoles de la galette de conditionnement par télé-opération ainsi que l'efficacité du confinement, notamment vis-à-vis du risque de chute, avec un taux de fuite toujours inférieur à  $10^{-4}$  Pa.m<sup>-3</sup>.s<sup>-1</sup>. La conformité de cette séquence de fretage sera suivie au titre d'un paramètre complémentaire<sup>8</sup>. L'IRSN considère que l'ensemble des éléments présentés par l'exploitant relatifs au système composé du double étui de la capsule et de l'alvéole obturée par un bouchon freté, qualifie de façon satisfaisante les performances de confinement de la galette de conditionnement

### *Transposabilité des essais de qualification du colis CSD-C*

S'agissant des performances mécaniques et de confinement du colis CSD-S, Orano indique que le retour d'expérience et les résultats d'essais réalisés dans le cadre du programme de qualification des colis CSD-C sont transposables au colis CSD-S, dont le conteneur (dimensions, masse et matériaux) et les opérations de mise en place et soudure du couvercle sont identiques. La démonstration des performances mécaniques (résistance au flambage, au fluage...) n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN. S'agissant plus particulièrement du comportement à la chute, les essais et les calculs portent sur un CSD-C tombant de 9 m en position verticale, configuration de chute retenue en phase d'entreposage et enveloppe de la configuration attendue en phase d'exploitation du stockage (chute de 5 m du colis primaire sur une dalle indéformable). Dans cette configuration, la répartition des masses à l'intérieur du conteneur n'a pas d'incidence significative sur l'absorption de l'énergie d'impact par déformation de la zone inférieure. Aussi, l'exploitant considère que la démonstration de la tenue à la chute réalisée pour le colis CSD-C est applicable au colis CSD-S. **Compte tenu des points mentionnés supra, l'IRSN convient de la pertinence de transposer les éléments de démonstration de tenue mécanique du colis CSD-C au colis CSD-S.**

## 5. COMPORTEMENT DU COLIS EN ENTREPOSAGE ET STOCKAGE

Le maintien des performances mécaniques et de confinement du colis CSD-S repose sur l'intégrité du conteneur vis-à-vis du risque de corrosion pendant la durée de son entreposage dans l'ECC et pendant la phase d'exploitation de Cigéo.

À l'instar des essais de qualification, Orano indique que les performances de résistance à la corrosion externe du colis CSD-C sont transposables au colis CSD-S dont le conteneur est identique. L'analyse du risque lié à la corrosion du colis CSD-C, qui a fait l'objet d'un examen de l'IRSN dans son avis n°2017-0393 du 20 décembre 2017, repose sur des éléments normatifs, la littérature et un retour d'expérience issu notamment d'un programme de surveillance de colis CSD-C témoins en conditions d'entreposage. L'IRSN convient que la mise

---

<sup>8</sup> L'exploitant définit des paramètres complémentaires ne possédant pas de borne préalablement fixée mais pouvant être nécessaires à la démonstration de sûreté des installations. Ces paramètres sont calculés ou mesurés lors de la production du colis ou de son envoi au stockage.

en œuvre du programme précité de suivi de la corrosion de l'acier inoxydable de colis témoins sur une longue durée en conditions d'entreposage est utile à la consolidation des connaissances de la phénoménologie de la corrosion localisée des aciers. Néanmoins, une démonstration fiable de l'absence de risque de corrosion localisée des colis CSD-C et, par transposition, des colis CSD-S est particulièrement difficile à apporter sur des durées pluri-décennales.

Par ailleurs, l'IRSN appelle l'attention sur la puissance thermique des colis CSD-S, dont la valeur limite supérieure à celle des CSD-C (300 W contre 90 W), peut conduire à augmenter la température en surface des colis CSD-S et par conséquent le risque de corrosion. À cet égard, Orano a indiqué au cours de l'instruction que des éléments de justification relatifs à la maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques des 3 colis CSD-S seront versés dans le dossier de demande de modification notable mentionné supra relatif au conditionnement des capsules de titanate de strontium dans l'atelier ACC et à l'entreposage des colis CSD-S produits dans l'atelier ECC. L'exploitant précise que ces éléments devront notamment confirmer que les conditions d'entreposage, et en particulier la température de l'air dans les locaux d'entreposage (capacité d'accueil opérationnelle d'environ 23 500 colis CSD-C) et le local tampon (capacité maximale de 120 colis CSD-C) de l'atelier ECC, permettent de limiter le risque de corrosion externe des colis. **L'IRSN recommande que l'exploitant évalue la température en surface des colis CSD-S en conditions d'entreposage afin de confirmer la transposabilité des performances du conteneur vis-à-vis du risque de corrosion telles que retenues pour les colis CSD-C.**

En outre, Orano écarte le risque de corrosion interne, tant que l'enveloppe du CSD-S reste intègre, du fait de :

- l'absence d'eau résiduelle et l'étanchéité du couvercle sans pastille de respiration ;
- l'absence de matériaux pouvant conduire à la production de gaz corrosifs ou de composés organiques acides produits par la radiolyse de matière organique ;
- la similitude de la nuance d'acier des galettes de conditionnement et de leurs bouchons, des galettes de remplissage et du conteneur prévenant ainsi le risque de corrosion galvanique résultant d'une différence de potentiel entre deux métaux de natures différentes.

#### **Ceci n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN.**

Durant la phase d'entreposage, l'exploitant estime les conditions d'environnement et de manutention des colis CSD-S similaires à celles en phase d'exploitation du stockage en conteneur de stockage telles que décrites au stade du dossier d'option de sûreté (DOS) de Cigéo. Ainsi, la démonstration de performances mécaniques et de confinement du colis CSD-S vis-à-vis des risques de chute, de fluage, de flambage et de corrosion du conteneur en phase d'entreposage est considérée, à ce stade, comme transposable à la phase d'exploitation du stockage par l'exploitant, ce dont l'IRSN convient.

Pour ce qui concerne le comportement des colis CSD-S après la fermeture du stockage, Orano n'a pas caractérisé le comportement sous eau de la poudre de titanate de strontium compte tenu du faible nombre de colis concernés et considère que, de manière conservatrice, le relâchement des radionucléides au moment de l'arrivée de l'eau peut être considéré comme labile. L'IRSN convient que ce modèle est particulièrement conservatif et rappelle qu'au stade du DOS de Cigéo, l'Andra a en effet retenu, pour la famille COG-870 correspondant aux 3 colis CSD-S à produire, un relâchement labile des radionucléides. Par ailleurs, Orano rappelle que l'arrivée d'eau au contact des colis primaires HA stockés à Cigéo a été postulée par l'Andra, au stade du DOS de Cigéo, à 500 ans après la fermeture du stockage en situation enveloppe du scénario d'évolution normale. À cette échéance, l'activité radiologique en  $^{90}\text{Sr}$  du CSD-S intégrant les 5 capsules les plus actives sera inférieure à 7 GBq. Orano considère donc que l'activité résiduelle des colis CSD-S aura une incidence négligeable sur l'impact du stockage géologique, **ce dont convient l'IRSN compte tenu du très faible nombre de CSD-S prévu et au regard de l'inventaire radiologique des autres colis HA destinés à être stockés dans Cigéo.**

En conséquence, l'IRSN considère qu'il n'y a pas, en l'état des connaissances au moment du présent examen, d'élément réhibitoire à l'entreposage dans l'installation ECC et au stockage dans Cigéo des colis CSD-S.

## 6. CONCLUSION

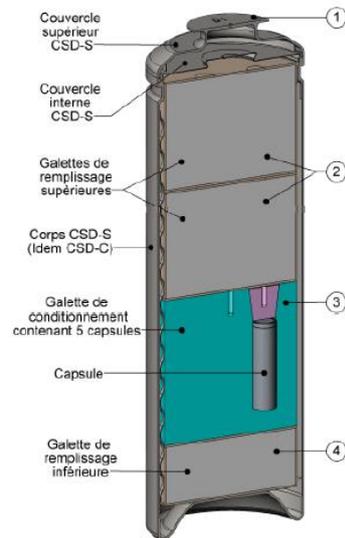
L'IRSN note que les éléments apportés par Orano en support à sa demande d'accord de conditionnement des capsules de titanate de strontium issues de l'atelier ELAN II B en colis CSD-S sont globalement satisfaisants du point de vue des caractéristiques des déchets à conditionner, des paramètres garantis et de leurs modalités de contrôle, du programme de qualification du colis CSD-S, ainsi que du comportement du colis en phase d'entreposage et de stockage.

Aussi, l'IRSN estime acceptable le conditionnement de capsules de titanate de strontium en colis CSD-S proposé par ORANO, sous réserve de la prise en compte des recommandations formulées dans le présent avis.

Pour le Directeur général et par délégation,  
Delphine PELLEGRINI  
Chef du Service des déchets radioactifs et des  
transferts dans la géosphère

## ANNEXE 1 A L'AVIS IRSN N°2020-00165 DU 27/10/2020

### Schéma de principe du colis CSD-S



## ANNEXE 2 A L'AVIS IRSN N°2020-00165 DU 27/10/2020

## Paramètres garantis du colis CSD-S

| Paramètre garanti   | Valeur limite  |
|---|--|
| Activité $\beta$<br>( $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ )        | $\leq 3\,380 \text{ TBq}$  |
| Masse du colis fini   | $\leq 850 \text{ kg}$  |
| Matériau de l'enveloppe   | acier inoxydable 316 L   |
| Dimensions du colis   | Diamètre $\leq 440 \text{ mm}$<br>Hauteur $\leq 1345 \text{ mm}$                       |
| Débit de dose $\gamma$<br>à 1 mètre                             | $\leq 100 \text{ mSv.h}^{-1}$  |
| Puissance thermique   | $\leq 300 \text{ W}$   |
| Contamination surfacique<br>non fixée $\alpha$ et $\beta\gamma$ | $\alpha \leq 4\,000 \text{ Bq.m}^{-2}$<br>$\beta\gamma \leq 40\,000 \text{ Bq.m}^{-2}$ |