

Entité Propriétaire [REDACTED]

Type doc NTD NOTES TECHNIQUES DIVERSES

**VERSION CONSULTABLE DE LA SPECIFICATION [REDACTED]  
 [REDACTED] DU 9 NOVEMBRE 2016  
 "SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS  
 VITRIFIES (CSD-V) PRODUITS EN POT DE FUSION A LA  
 HAGUE"**

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

Signataires :			
	Nom	Entité	Visa
Rédacteur	[REDACTED]	[REDACTED]	22/10/2020
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	22/10/2020
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	22/10/2020
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	23/10/2020
Approbateur	[REDACTED]	[REDACTED]	23/10/2020

Les signatures électroniques portées ci-dessus sont garanties par la GEIDE

Référence : 2020-60522 v 1.0

Révision :

V1.0

PAGE 1/25

Numéro de projet :

AREVA  
BUSINESS UNIT RECYCLAGE



Date :

12/12/2016

**SPECIFICATION EVOLUEE DU  
COLIS STANDARD DE DECHETS  
VITRIFIES (CSD-V) PRODUIT EN  
POT DE FUSION A LA HAGUE**

Nom

Dpt.

Visa

Approbateur :

Vérificateur :

Rédacteur :

Diffusion

Normale

Diffusion aux destinataires et au sein d'AREVA NC sans autorisation préalable de l'émetteur

(Dossier communicable au public)

Avertissement

Conformément au V de l'article R. 593-16 du code de l'environnement, « les informations susceptibles de porter atteinte aux intérêts mentionnés au I de l'article L. 124-4 et au II de l'article L. 124-5 figurant dans les documents mentionnés au présent article peuvent être occultées ou faire l'objet d'un dossier séparé ».

Sur le présent document ont été retirés les éléments de nature à porter atteinte aux intérêts protégés par la loi.

REVISIONS

Révision	Date	Modifications
1.0	09/11/2016	Première émission

**AREVA NC**

Tour AREVA - 92400 Courbevoie - France - Tél. : +33 (0)1 34 96 60 00

Siège social : Tour AREVA • 1, place Jean Millier - 92400 Courbevoie - France  
SA AU CAPITAL DE 100 259 000 EUR • 305 207 169 RCS NANTERRE

Le 23/10/2020 - Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 2/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		

**SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
(CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE**

**TABLE DES MATIERES**


INTRODUCTION .....	4
1 OBJET .....	4
2 PRESENTATION DU CONTENU DE LA SPECIFICATION.....	5
PREMIERE PARTIE.....	6
1 PERFORMANCES ATTENDUES DU COLIS .....	6
1.1 Caractéristiques du conteneur .....	6
1.2 Composition chimique des colis à produire.....	6
1.3 Comportement à long terme .....	6
2 PARAMETRES GARANTIS.....	7
2.1 Paramètres garantis à la production .....	7
2.1.1 Approvisionnement des conteneurs .....	7
2.1.2 Paramètres relatifs à la composition chimique du verre.....	7
2.1.3 Paramètres relatifs au procédé.....	8
2.1.4 Puissance thermique par CSD-V à la production .....	8
2.1.5 Masse d'actinides par CSD-V à la production .....	8
2.1.6 Dose $\alpha$ cumulée à 10 000 ans.....	8
2.2 Paramètres garantis à l'expédition.....	9
3 QUALITE DU COLIS .....	10
3.1 Qualification du domaine de fonctionnement.....	10
3.1.1 Domaine de composition chimique.....	10
3.1.2 Conditions d'élaboration .....	10
3.1.3 Comportement à long terme .....	10
3.2 Qualification du conteneur .....	11
3.3 Paramètres de contrôle de la qualité du colis .....	11
3.3.1 Dossier Qualité Conteneur.....	11
3.3.2 Documents relevant du contrôle et de l'assurance qualité .....	12
DEUXIEME PARTIE.....	13
ANNEXE A : SPECIFICATION DE GESTION DU COLIS DANS SES PHASES ULTERIEURES .....	13
4 MAINTIEN DE LA QUALITE DU VERRE .....	13
5 MAINTIEN DE LA QUALITE DU COLIS.....	13
6 INTERFACES DU COLIS.....	14
ANNEXE B : CARACTERISTIQUES ET PROPRIETES DU COLIS .....	15
7 CARACTERISTIQUES DU CONTENEUR VIDE .....	15
7.1 Matériau du conteneur et du couvercle.....	15
7.2 Caractéristiques nominales.....	15

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

**SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
(CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE**

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

7.3	Schéma de l'enveloppe.....	16
8	CARACTERISTIQUES D'UN COLIS MOYEN.....	17
8.1	Caractéristiques radiologiques.....	18
8.2	Débit de dose d'un colis moyen .....	18
8.3	Dégagement thermique d'un colis moyen en fonction du temps .....	19
9	PROPRIETES DU COLIS .....	20
9.1	Propriétés mécaniques et physiques .....	20
9.2	Propriétés thermiques.....	20
9.2.1	Conductivité thermique et chaleur massique du verre .....	20
9.2.2	Températures significatives du verre.....	20
9.2.3	Coefficient d'expansion thermique du verre .....	20
9.2.4	Emissivité du colis .....	20
9.3	Volatilité.....	21
9.4	Tenue à la lixiviation hors irradiation.....	21
9.4.1	Vitesse initiale de lixiviation $V_0$ .....	21
9.4.2	Influence de la température et du pH .....	21
9.4.3	Vitesse résiduelle d'altération .....	21
9.4.4	Relâchement des radioéléments .....	21
9.5	Comportement sous irradiation .....	22
	ANNEXE C : CARACTERISTIQUES DES DECHETS A CONDITIONNER ET DESCRIPTIF PROCEDE .....	23
10	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES DECHETS A CONDITIONNER .....	23
10.1	Solutions à conditionner.....	23
10.2	Additifs .....	23
10.2.1	Solution d'ajustage.....	23
10.2.2	Additifs de calcination .....	23
10.2.3	Fritte de verre .....	23
11	DESCRIPTIF PROCEDE.....	24
11.1	Généralités.....	24
11.2	Préparation et alimentation des solutions à calciner.....	24
11.3	Calcination et vitrification.....	24
11.3.1	Calcination .....	24
11.3.2	Vitrification .....	24
11.4	Conditionnement des colis de déchets vitrifiés .....	24
11.4.1	Refroidissement des colis et soudage des couvercles .....	24
11.4.2	Décontamination et contrôle de la contamination.....	24
11.4.3	Entreposage des colis .....	25

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 4/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

## INTRODUCTION


### 1 OBJET

La présente spécification concerne les colis CSD-V, Colis Standard de Déchets Vitriifiés, produits en pot de fusion dans les ateliers de vitrification de La Hague.

Cette production est constituée majoritairement de flux issus du traitement de combustibles UOX ; des flux annexes, tels que des flux issus de combustibles MOX, pouvant être mis en mélange, dans le respect de la présente spécification (dans la suite du document, ces flux seront désignés par le terme solutions UOX).

La spécification a été établie sur la base de la longue expérience acquise en France en matière de recherche et développement dans le domaine de la vitrification des solutions de hautes activités et en prenant en compte les Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) suivantes émises par les Autorités Françaises :

- RFS III 2 a du 24 septembre 1982 relative à la production, au contrôle, au traitement, au conditionnement et à l'entreposage des déchets radioactifs résultant du traitement de combustibles irradiés dans des réacteurs nucléaires à eau ordinaire sous pression,
- RFS III 2 b du 12 novembre 1982 relative à la production, au contrôle, au traitement, au conditionnement et à l'entreposage des déchets vitrifiés résultant du traitement de combustibles irradiés dans des réacteurs nucléaires à eau ordinaire sous pression,
- Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde du 12 février 2008 émis par l'Autorité de Sûreté Nucléaire française.

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 5/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

## 2 PRESENTATION DU CONTENU DE LA SPECIFICATION


La présente spécification comporte deux parties principales.

La première partie constitue la spécification de production du colis CSD-V présentant les performances attendues et fixant les engagements d'AREVA NC. Elle comprend les chapitres se rapportant :

- aux paramètres garantis,
- aux modalités de contrôle de ces paramètres,
- aux exigences en matière de documentation pour chaque CSD-V produit.

La deuxième partie comprend les annexes techniques se rapportant :

- aux recommandations et principaux critères à respecter pour la gestion ultérieure du colis,
- aux caractéristiques et propriétés principales du colis moyen,
- au descriptif procédé et aux caractéristiques des déchets à conditionner.

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 6/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

## PREMIERE PARTIE

### 1 PERFORMANCES ATTENDUES DU COLIS

Il s'agit de performances relatives :

- au conteneur,
- à la composition chimique,
- au comportement à long terme du verre.

#### 1.1 Caractéristiques du conteneur

Le conteneur doit présenter des caractéristiques (dimensions, conception, propriétés mécaniques, résistance à la corrosion, contamination surfacique) permettant :

- la manutention du colis pendant ses différentes phases de vie jusqu'au stockage,
- l'entreposage du colis et
- le transport du colis,

dans le respect des règles de sûreté et en adéquation avec le dimensionnement des équipements et installations existantes.

#### 1.2 Composition chimique des colis à produire

Le verre dit de type R7/T7<sup>1</sup> a été développé pour confiner les produits de fission et les actinides mineurs issus du traitement des combustibles UOX, de taux de combustion nominal de 33 000 MWj/tU.

La quantité d'actinides mineurs dans le verre liée aux évolutions des caractéristiques nucléaires des assemblages irradiés à traiter ne remet pas en cause la qualité du verre de type R7T7.

Les éléments scientifiques disponibles permettent de préciser et quantifier l'impact d'une teneur en actinides mineurs allant jusqu'à une dose  $\alpha$  cumulée à 10 000 ans de  $2,5 \cdot 10^{19}$  des./g de verre.

#### 1.3 Comportement à long terme

L'évolution des paramètres garantis concernant la radiologie ne doit pas remettre en cause le comportement long terme du verre type R7T7.

<sup>1</sup> Le verre dit de type R7T7 est un verre de confinement des produits de fission et actinides mineurs issus du traitement des combustibles eau légère dans les ateliers de La Hague dont la composition est bornée par le domaine de composition garanti (cf. 2.1.2).

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

## 2 PARAMETRES GARANTIS

L'atteinte des performances attendues du colis passe par :

- l'utilisation d'un conteneur identique à celui utilisé pour le conditionnement des verres R7/T7, ce en raison de :
  - ses propriétés réfractaires (bonne tenue mécanique et bonne tenue à l'oxydation et la corrosion à haute température),
  - ses caractéristiques dimensionnelles (adaptées aux outils de manutention et installations existants),
  - son adéquation avec le conditionnement des solutions UOX.
- un matériau vitreux homogène garanti par une composition chimique et des conditions d'élaboration adaptées.

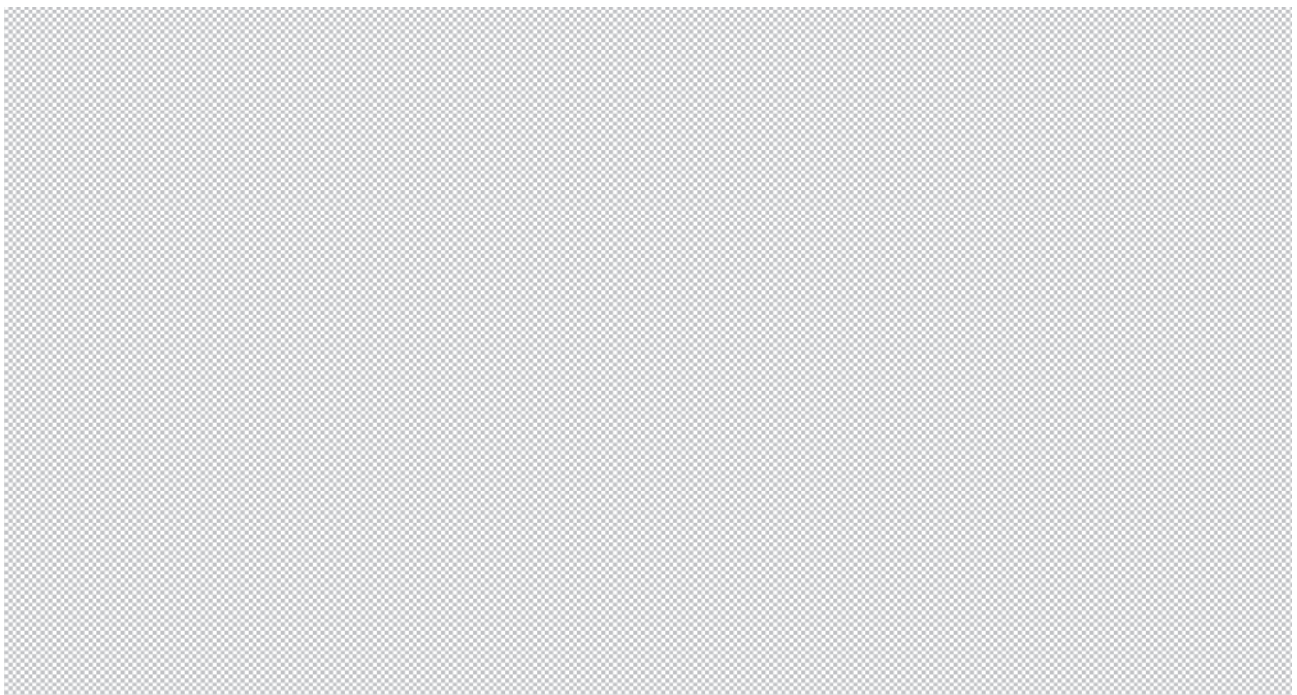
### 2.1 Paramètres garantis à la production

#### 2.1.1 Approvisionnement des conteneurs

Les caractéristiques dimensionnelles du conteneur vide et du couvercle ainsi que les caractéristiques du matériau de constitution sont garanties par la mise en œuvre de dispositions d'Assurance de la Qualité lors de la fabrication des conteneurs.

#### 2.1.2 Paramètres relatifs à la composition chimique du verre

Les éléments du verre qui sont spécifiés sont issus des solutions ajustées à vitrifier et de la fritte de verre. Pour chaque colis, les teneurs spécifiées en pourcentage massique par coulée sont les suivantes :





Référence :	
Révision :	2020-60522 v 1.0
	V1.0 PAGE 8/25
Numéro de projet :	
Diffusion	2 - Diffusion limitée

**AREVA BU RECYCLAGE**  
**Direction Innovation Recherche et Projets**  
**PROCEDURE**



**SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
(CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE**

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

2.1.3 Paramètres relatifs au procédé

2.1.3.1 Conditions d'élaboration

[Redacted]

En cas de changement de géométrie de la buse de coulée, le débit minimal de coulée associé sera défini pour respecter la corrélation entre le débit et les dimensions de la buse.

2.1.3.2 Procédure de refroidissement du conteneur après coulée

Un délai minimum [Redacted] est à respecter entre la fin de la dernière coulée de verre et le soudage du couvercle.

2.1.4 Puissance thermique par CSD-V à la production

La puissance thermique du colis à la production ne dépassera pas : 3 kW/CSD-V

2.1.5 Masse d'actinides par CSD-V à la production

Les masses d'actinides par CSD-V à respecter sont les suivantes :

U < [Redacted]


Pu < [Redacted]

2.1.6 Dose  $\alpha$  cumulée à 10 000 ans

Pour chaque colis, les masses d'actinides [Redacted] par coulée doivent satisfaire à la relation suivante :

[Redacted]

$$\leq 2,5 \times 10^9 \text{ dés}\alpha / \text{g de verre}$$

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 9/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

## 2.2 Paramètres garantis à l'expédition

### ➤ Puissance thermique à l'expédition


La puissance thermique du colis à l'expédition ne dépassera pas : 2 kW/CSD-V

### ➤ Contamination surfacique non fixée mesurée sur chaque conteneur à l'expédition

La contamination surfacique non fixée, mesurée sur chaque conteneur, sera inférieure ou égale à :

4. 10<sup>4</sup> Bq.m<sup>-2</sup>                      pour les émetteurs bêta – gamma

**Nota :** De manière conservative, il est admis que la contamination surfacique en émetteurs α se trouve, par rapport à la contamination surfacique en émetteurs βγ, dans le même rapport que celui des activités correspondantes des verres.

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 10/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

### 3 QUALITE DU COLIS

La qualité du colis CSD-V est maîtrisée :

- d'une part par des dispositions visant à respecter les conditions d'élaboration et les caractéristiques du conteneur et du verre telles que qualifiées,
- d'autre part par le suivi de paramètres significatifs en cours de production.

#### 3.1 Qualification du domaine de fonctionnement

##### 3.1.1 Domaine de composition chimique

Les études de formulations de verre ont permis de déterminer :

- une composition de référence du verre UOX type R7/T7,
- des compositions de fritte de verre associées<sup>3</sup>.

Les élaborations et caractérisations de verres autour de la composition de référence ont permis de qualifier le verre R7/T7 et notamment :

- de vérifier la compatibilité du verre avec le procédé,
- de vérifier la qualité du verre produit,
- de valider un domaine de composition dans lequel les propriétés du verre sont satisfaisantes.

##### 3.1.2 Conditions d'élaboration

Les essais réalisés dans le cadre de la qualification du procédé permettent :


- de démontrer la faisabilité des verres R7T7 avec le procédé retenu,
- de s'assurer de la reproductibilité des conditions d'élaboration du colis et
- de définir les paramètres de fonctionnement associés importants pour sa conduite.

Les qualifications du verre R7T7 et du procédé ont donc permis de déterminer les plages acceptables en terme de variation de composition chimique (domaine de composition chimique) et de fonctionnement du procédé (conditions d'élaboration) à l'intérieur desquelles la qualité du verre est garantie.

##### 3.1.3 Comportement à long terme

Les études complémentaires relatives aux effets de l'augmentation des teneurs en actinides sur le verre montrent que jusqu'à des doses de désintégrations  $\alpha$  à 10 000 ans de l'ordre de  $2,5 \cdot 10^{19}$  par gramme de verre la qualité intrinsèque du verre (état vitreux, durabilité chimique, propriétés mécaniques) n'est pas remise en cause.

<sup>3</sup> Chaque évolution de composition de fritte de verre fait l'objet d'une qualification.

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 11/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

### 3.2 Qualification du conteneur

La qualification du conteneur pour le conditionnement des solutions UOX a permis de vérifier que les propriétés du conteneur (résistance à la corrosion et tenue mécanique) sont satisfaisantes.

### 3.3 Paramètres de contrôle de la qualité du colis

Les CSD-V sont élaborés selon les règles en conformité avec le système Qualité applicable sur le site de La Hague.

L'édifice documentaire, constitué notamment d'un Plan d'Assurance de la Qualité et d'un Programme de Contrôle de Qualité, décline les dispositions nécessaires :

- à assurer une qualité du produit conforme à la spécification,
- à garantir la production, l'entreposage et le désentreposage du colis dans le respect de sa qualité et de son intégrité.

Pour chaque colis, les paramètres garantis ou complémentaires sont déterminés soit par calcul soit par mesure directe ou indirecte et figurent dans les documents de suivi de qualité associés au colis.

#### 3.3.1 Dossier Qualité Conteneur

Un Dossier Qualité Conteneur, dont le contenu est présenté dans le Plan d'Assurance de la Qualité, est établi pour chaque colis.

Il comprend notamment :


- la déclaration attestant de la conformité du conteneur vide et du couvercle à la spécification de fabrication applicable ;
- les fiches signalétiques.

Les fiches signalétiques, rappelant le numéro du conteneur et la date de production ou la date d'expédition, comportent les informations suivantes :

➤ Fiches signalétiques à la production :

Paramètres garantis :

- la composition chimique du verre par coulée,
- le respect des conditions d'élaboration,
- la puissance thermique à la production,
- les masses d'actinides par colis (U, Pu),
- la dose  $\alpha$  cumulée à 10 000 ans,
- le respect de la durée de refroidissement avant soudage.

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 12/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES          (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

Paramètres complémentaires tels que :

- l'activité <sup>137</sup>Cs
- l'activité <sup>90</sup>Sr
- l'activité βγ totale par colis,
- l'activité α totale par colis,
- les activités des radionucléides βγ par colis,
- la masse de verre par colis,
- la masse totale du colis,
- les masses d'actinides,
- la masse de particules métalliques,
- les compositions isotopiques U et Pu,
- le respect des paramètres de soudage.

➤ Fiches signalétiques à l'expédition :

Paramètres garantis :

- la puissance thermique du colis,
- la contamination surfacique βγ non fixée.

Paramètres complémentaires tels que :

- le débit de dose βγ et neutron au contact et à 1 mètre,
- l'inspection visuelle du conteneur.


### 3.3.2 Documents relevant du contrôle et de l'assurance qualité

#### 3.3.2.1 Documents remis aux clients d'AREVA NC

Le Plan d'Assurance de la Qualité est transmis aux clients d'AREVA NC. Il décrit l'organisation mise en œuvre pour garantir la conformité à la présente spécification des CSD-V produits en pot de fusion à La Hague.

#### 3.3.2.2 Autres documents

Les autres documents, identifiés dans le référentiel méthodologique en vigueur sur le site de La Hague, permettent d'assurer et d'attester de la conformité du produit. Avec l'accord d'AREVA NC, ils sont accessibles à l'audit technique mandaté par les clients.

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 13/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES          (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

## DEUXIEME PARTIE

### ANNEXE A : SPECIFICATION DE GESTION DU COLIS DANS SES PHASES ULTERIEURES

Les données présentées ci-après constituent des critères à respecter ou des recommandations pour conserver les propriétés du colis dans ses phases ultérieures de gestion (jusqu'au stockage).

#### 4 MAINTIEN DE LA QUALITE DU VERRE

Pour pouvoir garantir les propriétés à long terme du verre il est nécessaire de garantir le maintien de l'état vitreux.

De fait l'installation est dimensionnée pour que la température à cœur du verre demeure inférieure à [REDACTED]°C.

#### 5 MAINTIEN DE LA QUALITE DU COLIS

Pour pouvoir garantir les propriétés du colis en termes de tenue mécanique et de tenue à la corrosion, il est recommandé de satisfaire aux conditions suivantes :

- Sollicitations mécaniques supportées par le colis compatibles avec le dimensionnement du conteneur :
  - Le dimensionnement mécanique du conteneur doit être compatible avec l'empilement vertical [REDACTED], sans flambement de la virole du conteneur inférieur ;
  - Un entreposage des colis en puits équipés d'amortisseurs (limitation des risques de défaillance mécanique du conteneur en cas d'accident de manutention) est préconisé.
- Risque de corrosion limité par des dispositions particulières en entreposage :
  - La maîtrise du degré hygrométrique de l'air de refroidissement permet de limiter les phénomènes de condensation sur la paroi externe du colis. La corrosion interne du colis et l'oxydation externe du colis sont par ailleurs négligeables dans les conditions thermiques imposées (température à cœur du verre inférieure à [REDACTED]°C).
  - La filtration et le renouvellement de l'air au contact du colis permet de limiter sa corrosivité par la diminution des teneurs en polluants de type aérosols salins et par l'évacuation des produits de radiolyse de l'air.

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

Référence :	
Révision :	2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 14/25
Numéro de projet :	
Diffusion	2 - Diffusion limitée

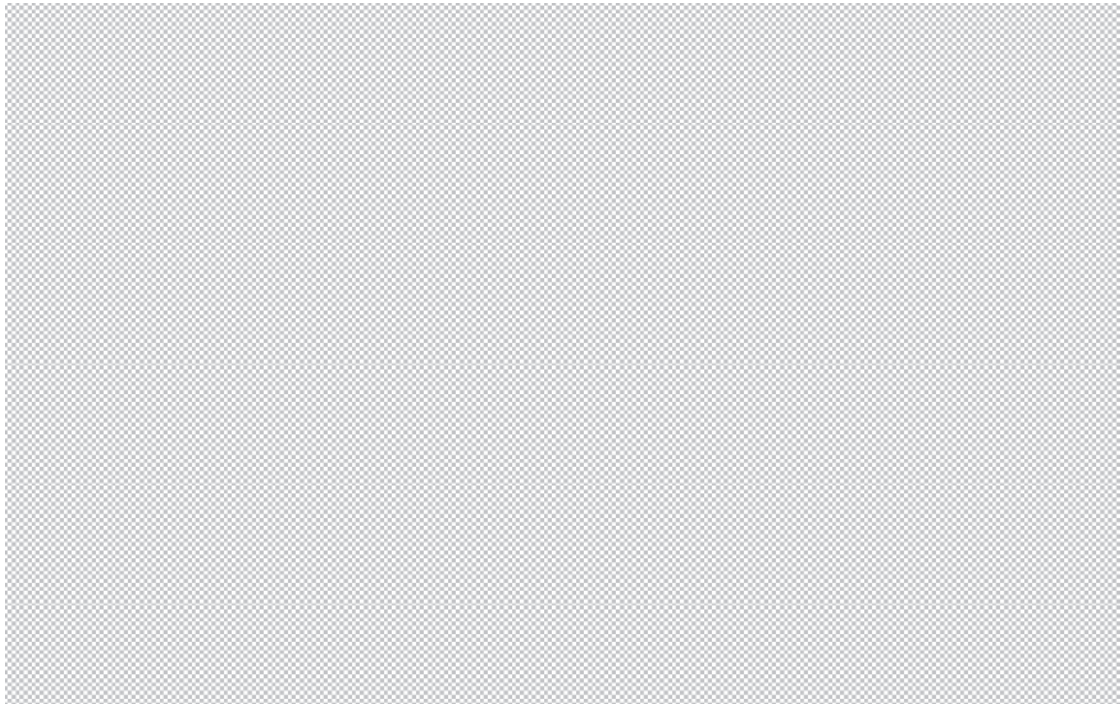
**AREVA BU RECYCLAGE**  
Direction Innovation Recherche et Projets  
**PROCEDURE**



**SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
(CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE**

## 6 INTERFACES DU COLIS

Pour dimensionner les interfaces de manutention, la géométrie suivante est à considérer :



Pour dimensionner les emballages de transport, un diamètre extérieur maximal [ ] est à considérer.

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

## ANNEXE B : CARACTERISTIQUES ET PROPRIETES DU COLIS

Cette annexe technique est donnée à titre informatif et ne constitue en aucun cas un engagement d'AREVA NC.

### 7 CARACTERISTIQUES DU CONTENEUR VIDE

Le conteneur en acier inoxydable réfractaire est conçu comme une enveloppe mécanique facilement soudable et permettant de manipuler les reliquats de verre de manière sûre depuis leur récupération jusqu'au stockage.

#### 7.1 Matériau du conteneur et du couvercle

Le conteneur et le couvercle sont constitués du même type d'acier :

- Acier inoxydable de type X12 CrNi 23.13 suivant la norme NF EN 10095 avec des impositions complémentaires

#### 7.2 Caractéristiques nominales

Caractéristiques	Valeurs
Masse vide sans couvercle (kg)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>
Diamètre intérieur utile (mm)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>
Volume interne (l)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>
Diamètre extérieur (mm)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>
Volume apparent (l)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>
Hauteur hors tout (mm)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>
Hauteur (avec couvercle) (mm)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>
Epaisseur de la paroi (mm)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>
Masse du couvercle (kg)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>
Epaisseur du couvercle (mm)	<div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 15px;"></div>



Référence :	
Révision :	2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 16/25
Numéro de projet :	
Diffusion	2 - Diffusion limitée

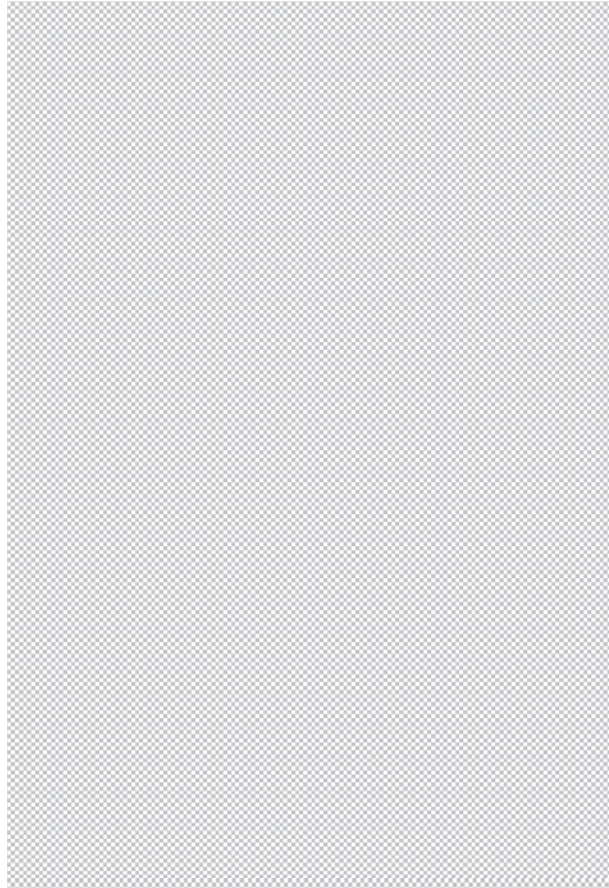
**AREVA BU RECYCLAGE**  
Direction Innovation Recherche et Projets  
**PROCEDURE**



**SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
(CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE**

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

**7.3 Schéma de l'enveloppe**





SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
 (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE

## 8 CARACTERISTIQUES D'UN COLIS MOYEN

Le colis moyen correspond au colis défini à partir d'un scénario de traitement moyen :

- Flux issu d'un combustible UOX de caractéristiques :

	Combustible UOX
TC	[REDACTED]
TR	[REDACTED]
Enrichissement ( <sup>235</sup> U)	[REDACTED]

- En mélange avec un flux issu d'un combustible MOX [REDACTED] de caractéristiques :

	Combustible MOX
TC	[REDACTED]
TR	[REDACTED]
Teneur en Pu	[REDACTED]

- Avec les flux additionnels, comme les produits de corrosion et de dégradation du solvant, les flux provenant des rinçages basiques, les solutions issues du traitement des concentrats d'effluents basiques (CEB) et les flux chimiques venant de l'unité de purification (UCD).

Les combustibles traités dans UP2 et UP3, selon les contrats de traitement, peuvent être différents du combustible utilisé pour déterminer le colis moyen. Par conséquent, la composition du verre peut varier mais demeure toutefois dans le domaine garanti de composition.

- Masse nominale de verre par colis : [REDACTED] kg
- Masse nominale du colis rempli : environ [REDACTED] kg

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

### 8.1 Caractéristiques radiologiques

Activité $\alpha$ totale en TBq/ colis	[REDACTED]
Activité $\beta$ totale en TBq/ colis	[REDACTED]

Principaux Radioéléments	Activité en TBq/ colis
<sup>241</sup> Am	[REDACTED]
<sup>243</sup> Am	[REDACTED]
<sup>244</sup> Cm	[REDACTED]
<sup>237</sup> Np	[REDACTED]
Pu	[REDACTED]
U	[REDACTED]
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	[REDACTED]
<sup>137</sup> Cs	[REDACTED]

### 8.2 Débit de dose d'un colis moyen

Débit de dose (Gy.h <sup>-1</sup> )	Au contact <sup>4</sup>	A 1 m
Emetteurs $\beta\gamma$	[REDACTED]	[REDACTED]
Emetteurs neutrons	[REDACTED]	[REDACTED]

<sup>4</sup> Les débits de dose au contact correspondent à des valeurs maximales obtenue en dessous du CSD-V et calculées sur la base d'une modélisation [REDACTED]

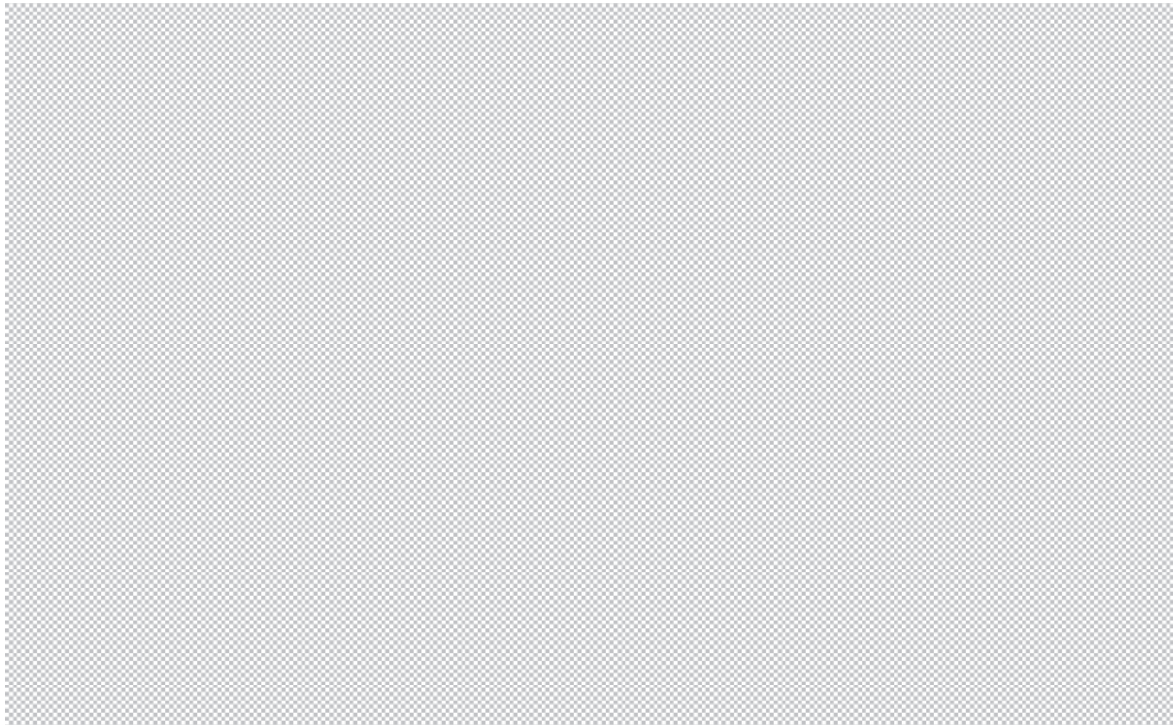
Référence :	
Révision :	2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 19/25
Numéro de projet :	
Diffusion	2 - Diffusion limitée

**AREVA BU RECYCLAGE**  
Direction Innovation Recherche et Projets  
**PROCEDURE**



**SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
(CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE**

**8.3 Dégagement thermique d'un colis moyen en fonction du temps**



Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

## 9 PROPRIETES DU COLIS

Les caractéristiques et propriétés du verre type R7/T7 suivantes sont basées sur les travaux R&D menés en France dans le cadre de la qualification du verre de référence type R7T7<sup>5</sup> et du procédé d'élaboration des CSD-V en pot de fusion.

### 9.1 Propriétés mécaniques et physiques

Module d'Young : de l'ordre de [redacted] Pa

Masse spécifique du verre : de l'ordre de 2,8 g.cm<sup>-3</sup>

### 9.2 Propriétés thermiques

#### 9.2.1 Conductivité thermique et chaleur massique du verre

T en °C	100	200	300	400	500	530 <T < 600
Conductivité thermique (W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Chaleur massique (J.g <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]

#### 9.2.2 Températures significatives du verre

Les températures de transition vitreuse et de déformation du verre, mesurées par dilatométrie, sont égales à :

Température moyenne de transition vitreuse : [redacted] °C

Température de déformation du verre : [redacted] °C

La température inférieure d'apparition des cristaux est égale à : [redacted] °C

#### 9.2.3 Coefficient d'expansion thermique du verre

Le coefficient d'expansion thermique à 300°C est de : [redacted] C<sup>-1</sup>

#### 9.2.4 Emissivité du colis

L'émissivité du colis est comprise entre [redacted]

<sup>5</sup> La composition du verre de référence type R7T7 correspond à une somme d'oxydes [redacted]

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020



SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
 (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE

9.3 Volatilité

La volatilité du <sup>137</sup>Cs et du <sup>90</sup>Sr à basse température, entre 350 et 600°C, déterminée par balayage de gaz (50L/h) au-dessus d'un bloc de verre de surface apparente 63 cm<sup>2</sup> sur une durée de trois jours, est la suivante :

T° (°C)	<sup>137</sup> Cs (g <sub>verre</sub> .cm <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup> )	<sup>90</sup> Sr (g <sub>verre</sub> .cm <sup>-2</sup> .j <sup>-1</sup> )
■	■	■
■	■	■
■	■	■

9.4 Tenue à la lixiviation hors irradiation

9.4.1 Vitesse initiale de lixiviation V<sub>0</sub>

Les vitesses de lixiviation V<sub>0</sub> sont mesurées en test Soxhlet à 100°C, pression atmosphérique et en eau pure.

La vitesse initiale de lixiviation V<sub>0</sub> à 100°C est de l'ordre de : ■ g.m<sup>-2</sup>.j<sup>-1</sup>

9.4.2 Influence de la température et du pH

La vitesse initiale d'altération du verre augmente :

- ■
- ■

La vitesse initiale d'altération du verre est :

- ■
- ■

9.4.3 Vitesse résiduelle d'altération

La vitesse résiduelle d'un verre R7T7 inactif mesurée en eau pure en condition de saturation est inférieure à ■ à 90°C.

9.4.4 Relâchement des radioéléments

Le relâchement des radioéléments est limité par l'altération de la matrice. Selon les conditions, une rétention des radioéléments dans les pellicules d'altération du verre est possible.

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

**SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
(CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE**


### 9.5 Comportement sous irradiation

Les effets de l'auto-irradiation  $\beta$ ,  $\gamma$  sont négligeables sur les propriétés physiques et mécaniques du verre.

L'auto-irradiation  $\alpha$  a peu d'impact sur les propriétés macroscopiques du verre (densité et propriétés mécaniques). En ce qui concerne la résistance à la lixiviation du verre, elle n'a pas d'impact sur la vitesse initiale d'altération des verres, mais induit en revanche un retard à l'atteinte d'une vitesse résiduelle d'altération donnée par rapport à un verre inactif.

La production d'hélium relative au colis moyen, supposé à température ambiante et pression atmosphérique, en fonction du temps est la suivante :

Durée	10 ans	50 ans	100 ans	1000 ans	10000 ans
Volume d'He (L CNTP/colis)	■	■	■	■	■

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 23/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

## ANNEXE C : CARACTERISTIQUES DES DECHETS A CONDITIONNER ET DESCRIPTIF PROCEDE

### 10 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DES DECHETS A CONDITIONNER

#### 10.1 Solutions à conditionner

Les solutions à conditionner sont majoritairement composées des solutions de produits de fission et de fines issues du traitement de combustibles usés de type UOX et MOX.

#### 10.2 Additifs

##### 10.2.1 Solution d'ajustage

Les solutions à conditionner en CSD-V sont ajustées avec des additifs inactifs [REDACTED] afin de faciliter la calcination et d'assurer la production d'un verre répondant aux paramètres spécifiés.


##### 10.2.2 Additifs de calcination

Un additif [REDACTED] peut être introduit dans le calcinateur afin d'éviter l'agglomération du calcinat. L'utilisation de cet additif de calcination ne modifie pas la composition du verre.

##### 10.2.3 Fritte de verre

Une fritte de verre est introduite dans le pot de fusion avec les solutions à conditionner afin de permettre l'élaboration du verre.



Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 24/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		
<b>SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES          (CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE</b>		

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

## 11 DESCRIPTIF PROCEDE

### 11.1 Généralités

Chaque atelier de vitrification comporte trois chaînes : A, B, C.

### 11.2 Préparation et alimentation des solutions à calciner

Les solutions à vitrifier sont préparées et ajustées dans des cuves [REDACTED]. Ces cuves sont agitées et refroidies en permanence.

Les fines sont préparées dans des cuves [REDACTED]. Ces cuves sont agitées et refroidies en permanence.

Une unité de distribution d'additifs permet de procéder à l'ajustement de la solution à vitrifier.

### 11.3 Calcination et vitrification

#### 11.3.1 Calcination

Le calcinateur est alimenté en continu par des roues doseuses à partir d'une cuve d'alimentation en PF et d'une cuve d'alimentation en fines. Un additif de calcination est également introduit dans le calcinateur.

Les gaz de calcination subissent un traitement. La solution issue du dépoussiéreur, situé sur la ligne de traitement des gaz de calcination, est recyclée dans le calcinateur.

Les calcinats tombent dans le pot de fusion, dans lequel s'effectue l'élaboration du verre.

#### 11.3.2 Vitrification

Le pot de fusion est alimenté en fritte de verre par un dispositif de dosage. Le verre fondu est coulé dans un conteneur par une buse de coulée.

La coulée du verre type R7T7 en pot de fusion se fait de manière nominale [REDACTED] de manière à optimiser le taux de remplissage des colis et leur nombre.

Le conteneur est ensuite désaccosté et pesé après chaque coulée.

### 11.4 Conditionnement des colis de déchets vitrifiés

#### 11.4.1 Refroidissement des colis et soudage des couvercles

Après refroidissement, le couvercle est soudé par une torche à plasma sur la totalité de sa périphérie.

#### 11.4.2 Décontamination et contrôle de la contamination

Le colis est ensuite décontaminé, la contamination surfacique labile est contrôlée.

Référence : [REDACTED]	<b>AREVA BU RECYCLAGE</b> Direction Innovation Recherche et Projets <b>PROCEDURE</b>	
Révision : 2020-60522 v 1.0 V1.0 PAGE 25/25		
Numéro de projet : [REDACTED]		
Diffusion 2 - Diffusion limitée		

**SPECIFICATION EVOLUEE DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES  
(CSD-V) PRODUIT EN POT DE FUSION A LA HAGUE**

**11.4.3 Entreposage des colis**

L'entreposage des colis est constitué de puits verticaux cylindriques pouvant contenir un nombre de colis qui varie selon l'entreposage (R7/T7 ou EEV/SE).

---

Edition GEIDE du 05/11/2020 - Etat Validé - Le 23/10/2020

