

Entité Propriétaire [REDACTED]

Type doc NTD NOTES TECHNIQUES DIVERSES

**VERSION CONSULTABLE DE LA NOTE TECHNIQUE**  
**[REDACTED] DU 13 DECEMBRE 2016**  
**"ATELIERS DE VITRIFICATION R7/T7 ET ATELIER DE**  
**DESENTREPOSAGE DES RESIDUS VITRIFIES -**  
**DETERMINATION DES PARAMETRES COMPLEMENTAIRES ET**  
**INCERTITUDES ASSOCIEES DES COLIS DE DECHETS**  
**VITRIFIES PRODUITS SELON LA SPECIFICATION [REDACTED]**  
**[REDACTED]"**

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

Signataires :			
	Nom	Entité	Visa
Rédacteur	[REDACTED]	[REDACTED]	21/10/2020
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	21/10/2020
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	21/10/2020
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	21/10/2020
Approbateur	[REDACTED]	[REDACTED]	21/10/2020

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

Entité Propriétaire [REDACTED]

Type doc NT NOTE TECHNIQUE-DESCRIPTIF-NOTE DE CALCUL

NI PC [REDACTED]

**(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.**

<b>Signataires :</b>			
	Nom	Entité	Visa
Rédacteur	[REDACTED]	[REDACTED]	05/12/2016
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	05/12/2016
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	09/12/2016
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	13/12/2016
Vérificateur	[REDACTED]	[REDACTED]	13/12/2016
Approbateur	[REDACTED]	[REDACTED]	13/12/2016

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

[Voir Table des Matières](#)

## 1. INTRODUCTION

Ce document décrit la détermination des paramètres complémentaires des déchets vitrifiés CSD-V produits en pot de fusion selon la spécification [REDACTED] et leurs incertitudes. Ces paramètres concernent :

1. Activité du conteneur des émetteurs  $\beta\gamma$  analysés.
2. Activité du conteneur des émetteurs  $\beta\gamma$  calculés.
3. Activité totale du conteneur des émetteurs  $\beta\gamma$ .
4. Masse des actinides analysés.
5. Masse des actinides calculés.
6. Activité totale du conteneur des émetteurs  $\alpha$ .
7. Composition isotopique en U et Pu.
8. Masse de particules métalliques.
9. Masse du conteneur.
10. Débits de dose gamma et neutron.

**Nota :**

- Les paramètres 1 à 9 sont établis à la date de production.
- Le paramètre 10 est établi à une date de calcul proche de la date d'expédition.

## 2. DOMAINE D'APPLICATION

Les calculs développés dans cette note sont applicables pour un verre de composition donnée où il sera tenu compte de l'activité réelle ou de la masse réelle des éléments constitutifs du verre.

Les applications numériques ont été effectuées, à titre indicatif, sur la composition du verre en considérant la borne alpha augmentée définie à partir :

- De la composition du verre et de la solution à vitrifier correspondant à la configuration nominale décrite dans le document [2].
- Des activités et masses des radioéléments issues de la spécification des déchets vitrifiés [1] ou à défaut issues du code de calcul CESAR V5.31(AREVA NC).
- Des données nucléaires utilisées pour l'analyse des solutions de produits de fission et de suspension de fines à vitrifier (voir la Note Technique [3]).

### 3. ACTIVITE DES EMETTEURS $\beta\gamma$ ANALYSES

#### 3.1. Détermination

L'activité des émetteurs  $\beta\gamma$  analysés est déterminée grâce à des méthodes d'analyse physico-chimique.

Les analyses des émetteurs  $\beta\gamma$  sont réalisées avant la vitrification à partir :

- des solutions de Produits de Fission (PF) constituées de phase aqueuse concentrée du 1<sup>er</sup> cycle d'extraction dans laquelle sont ajoutés les effluents de rinçage primaire, les concentrats d'effluents basiques et les solutions inactives d'ajustage.
- des suspensions de fines qui sont constituées de suspensions aqueuses d'insolubles et de solution de clarification.

Les solutions ajustées de PF et suspensions de fines sont constituées d'un surnageant et d'un précipité. Pour permettre les analyses, les deux phases sont systématiquement séparées.

Pour déterminer l'activité, les émetteurs  $\beta\gamma$  suivants sont analysés :

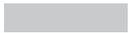
- A partir de la solution ajustée de PF :



- A partir des suspensions de fines :



Les méthodes d'analyses sont reportées dans le tableau ci-après :

Eléments ou radionucléide	Méthode d'analyse
	Inductive Coupled Plasma (ICP)**
	Spectrométrie gamma **

(\*) 

(\*\*) Ces méthodes sont décrites dans la note [6].

A partir des résultats d'analyse ( $a_{i/PF}$ ,  $a_{i/F}$ ), on calcule l'activité  $A_i$  par coulée d'un émetteur  $\beta\gamma$   $i$  analysé :

$$A_i \text{ par coulée} = A_{i/PF} + A_{i/F} = (a_{i/PF} \times V_{PF} \times n_{PF} + a_{i/F} \times V_F \times n_F) \times \frac{mp}{mt}$$

Avec :

$A_{i/PF}$  = activité de l'émetteur  $i$  présent dans la solution ajustée de PF

$A_{i/F}$  = activité de l'émetteur  $i$  présent dans les suspensions de fines

$a_{i/PF}$  = activité volumique de l'émetteur  $i$  dans la solution ajustée de PF (donnée par analyse)

$a_{i/F}$  = activité volumique de l'émetteur  $i$  dans les suspensions de fines (donnée par analyse)

$V_{PF}$  = [redacted]

$V_F$  = [redacted]

$mp$  = masse de verre pesé

$mt$  = masse théorique de verre élaboré calculée à partir du volume des solutions et de la masse de fritte de verre

$n_{PF}$  = [redacted]

$n_F$  = [redacted]

[redacted]

### 3.2. Incertitude

L'incertitude  $\Delta A_i$  (par conteneur) commise sur l'activité  $A_i$ , d'un émetteur dans le verre produit, est obtenue par application de la note [6] (paragraphe 4.3.).

L'incertitude relative sur l'activité d'un émetteur est donc :

$$\left(\frac{\Delta A_i}{A_i}\right)^2 = \left(\frac{A_{i/PF}}{A_i}\right)^2 \left[ \left(\frac{\Delta a_{i/PF}}{a_{i/PF}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}}\right)^2 \right] + \left(\frac{A_{i/F}}{A_i}\right)^2 \left[ \left(\frac{\Delta a_{i/F}}{a_{i/F}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_F}{V_F}\right)^2 \right] + \frac{1}{mp^2} (\Delta mp)^2$$

Pour une activité  $A_i$  donnée, on pourra directement appliquer :

$$(\Delta A_i)^2 = (A_{i/PF})^2 \left[ \left(\frac{\Delta a_{i/PF}}{a_{i/PF}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}}\right)^2 \right] + (A_{i/F})^2 \left[ \left(\frac{\Delta a_{i/F}}{a_{i/F}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_F}{V_F}\right)^2 \right] + \left(\frac{A_i}{mp}\right)^2 (\Delta mp)^2$$

Les incertitudes relatives retenues sont les suivantes :

1)  $\frac{\Delta a_i / PF}{a_i / PF}$  (voir tableau 1)

2)  $\frac{\Delta a_{i/F}}{a_{i/F}}$  (voir tableau 2)

3)  $\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}} = \frac{\Delta V_F}{V_F} = \text{■}$  (voir document [6])

4)  $\Delta mp = \text{■}$  (voir document [6]) (soit  $\frac{\Delta mp}{mp} = \text{■}$  pour  $mp = \text{■}$  Kg)

**TABLEAU 1**

**INCERTITUDE SUR L'ACTIVITE DES EMETTEURS  $\beta\gamma$   
DANS LA SOLUTION AJUSTEE DE PRODUITS DE FISSION\***

Emetteurs	$\frac{\Delta a_i / PF}{a_i / PF}$ (%)
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■

\* Les valeurs d'incertitudes indiquées ci-dessus sont données à titre indicatif pour la réalisation de l'application numérique. Les incertitudes liées à l'analyse d'une solution de PF ajustée sont déterminées charge par charge.

**TABLEAU 2**

**INCERTITUDE SUR L'ACTIVITE DES EMETTEURS  $\beta\gamma$   
DANS LA SUSPENSION DE FINES\*\***

Emetteurs	$\frac{\Delta a_{i/F}}{a_{i/F}}$ (%)
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■

\*\* Les valeurs d'incertitudes indiquées ci-dessus sont données à titre indicatif pour la réalisation de l'application numérique. Les incertitudes liées à l'analyse des fines sont déterminées charge par charge.

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

**3.3. APPLICATION NUMERIQUE SUR LE VERRE DE REFERENCE**

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

Emetteurs	Analyse sol. ajustée PF (%)		Analyses sol. fines (%)		Bilan solution PF (%)		Bilan sol. fines (%)		Pesée d'un conteneur		$\frac{\Delta A_i}{A_i}$ $\sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + D^2 + E^2}$
	$\frac{A_{i/PF}}{A_i} \left( \frac{\Delta a_{i/PF}}{a_{i/PF}} \right)$	(A) (%)	$\frac{A_{i/F}}{A_i} \left( \frac{\Delta a_{i/F}}{a_{i/F}} \right)$	(B) (%)	$\frac{A_{i/PF}}{A_i} \left( \frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}} \right)$	(C) (%)	$\frac{A_{i/F}}{A_i} \left( \frac{\Delta V_F}{V_F} \right)$	(D) (%)	$\frac{\Delta mp}{mp}$	(E) (%)	
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■
■	■		■		■		■		■		■



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

Emetteur	Activité nominale TBq/conteneur	$\frac{\Delta A_i}{A_i}$ (%)	$\Delta A_i$ TBq/conteneur
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

**4. ACTIVITE DES EMETTEURS  $\beta\gamma$  CALCULES**

**4.1. Détermination**

4.1.1. [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Ainsi, l'activité de l'émetteur i (par coulée) est calculée comme suit :

Emetteur i	k <sub>i</sub>	as <sub>i</sub> (TB/g)	k <sub>i</sub> x as <sub>i</sub> (TBq/g)

**4.1.2. Technétium 99**

<sup>99</sup>Tc est le seul isotope radioactif du Technétium. Ainsi, le Tc analysé [redacted] correspond au <sup>99</sup>Tc qui est analysé dans les solutions ajustées de PF et les suspensions de fines.

i.e.  $A_{99Tc} = A_{99Tc/PF} + A_{99Tc/F}$

**4.1.3. Zirconium 95**

L'estimation de l'activité de ce radionucléide est fondée sur la filiation <sup>95</sup>Zr → <sup>95</sup>Nb et sur la période radioactive du <sup>95</sup>Nb, environ 35 jours. La courte période du <sup>95</sup>Nb rend totalement négligeable son éventuelle contribution initiale ; de ce fait, seul intervient l'équilibre entre le <sup>95</sup>Nb et le <sup>95</sup>Zr, qui a le temps de s'établir sur les durées considérées.

Ainsi, l'activité du <sup>95</sup>Zr correspond à l'activité <sup>95</sup>Nb qui est déterminée dans les solutions ajustées de PF et les suspensions de fines divisée par un facteur 2.

i.e.  $A_{95Zr} = (A_{95Nb/PF} + A_{95Nb/F})/2$

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

## 4.2. Incertitude

### 4.2.1. Cas des émetteurs $\beta\gamma$ calculés

L'incertitude relative  $\frac{\Delta A_i}{A_i}$  (par conteneur), commise sur l'activité d'un émetteur i, peut s'écrire :

[Redacted]

**Nota :**

On considère que l'incertitude sur l'activité spécifique est nulle.

[Redacted]

Avec

Pour une activité  $A_i$  donnée, on pourra directement appliquer :

[Redacted]

Les incertitudes retenues sont les suivantes :

1) $\frac{\Delta k_i}{k_i}$ :	i	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	$\frac{\Delta k_i}{k_i}$	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

- 2) [Redacted] = [Redacted]
  - 3)  $\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}}$  = [Redacted]
  - 4)  $\Delta mp$  = [Redacted]
  - (soit  $\frac{\Delta mp}{mp}$  = [Redacted] pour  $mp$  = [Redacted])
- (Cf. document [6])

#### 4.2.2. Cas du technétium 99

L'incertitude du  $^{99}\text{Tc}$  est égale à celle du technétium élément,

$$\text{soit } \left( \frac{\Delta(A_{99 \text{ Tc}})_{\text{PF}}}{(A_{99 \text{ Tc}})_{\text{PF}}} \right)^2 = \left( \frac{\Delta(C_{\text{Tc}})_{\text{PF}}}{(C_{\text{Tc}})_{\text{PF}}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_{\text{PF}}}{V_{\text{PF}}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta \text{mp}}{\text{mp}} \right)^2$$

$$\text{et } \left( \frac{\Delta(A_{99 \text{ Tc}})_{\text{F}}}{(A_{99 \text{ Tc}})_{\text{F}}} \right)^2 = \left( \frac{\Delta(C_{\text{Tc}})_{\text{F}}}{(C_{\text{Tc}})_{\text{F}}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_{\text{F}}}{V_{\text{F}}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta \text{mp}}{\text{mp}} \right)^2$$

Pour une activité  $A^{99}\text{Tc}$  donnée, on pourra directement appliquer :

$$\begin{aligned} [\Delta(A_{99 \text{ Tc}})]^2 &= [(A_{99 \text{ Tc}})_{\text{PF}}]^2 \times \left[ \left( \frac{\Delta(C_{\text{Tc}})_{\text{PF}}}{(C_{\text{Tc}})_{\text{PF}}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_{\text{PF}}}{V_{\text{PF}}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta \text{mp}}{\text{mp}} \right)^2 \right] \\ &+ [(A_{99 \text{ Tc}})_{\text{F}}]^2 \times \left[ \left( \frac{\Delta(C_{\text{Tc}})_{\text{F}}}{(C_{\text{Tc}})_{\text{F}}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_{\text{F}}}{V_{\text{F}}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta \text{mp}}{\text{mp}} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

Les incertitudes retenues sont les suivantes :

- 1)  $\frac{\Delta(C_{\text{Tc}})_{\text{PF}}}{(C_{\text{Tc}})_{\text{PF}}} = \square$
- 2)  $\frac{\Delta(C_{\text{Tc}})_{\text{F}}}{(C_{\text{Tc}})_{\text{F}}} = \square$
- 3)  $\frac{\Delta V_{\text{PF}}}{V_{\text{PF}}} = \frac{\Delta V_{\text{F}}}{V_{\text{F}}} = \square$
- 4)  $\Delta \text{mp} = \square$  (soit  $\frac{\Delta \text{mp}}{\text{mp}} = \square$  pour  $\text{mp} = \square$ )

#### 4.2.3. Cas du zirconium 95

L'incertitude du  $^{95}\text{Zr}$  est égale à celle du  $^{95}\text{Nb}$ ,



$$\text{i.e.} \left( \frac{\Delta(A_{95Zr})_{PF}}{(A_{95Zr})_{PF}} \right)^2 = \left( \frac{\Delta(A_{95Nb})_{PF}}{(A_{95Nb})_{PF}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta mp}{mp} \right)^2$$

$$\text{et} \left( \frac{\Delta(A_{95Zr})_F}{(A_{95Zr})_F} \right)^2 = \left( \frac{\Delta(A_{95Nb})_F}{(A_{95Nb})_F} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_F}{V_F} \right)^2 + \left( \frac{\Delta mp}{mp} \right)^2$$

Pour une activité  $^{95}\text{Zr}$  donnée, on pourra directement appliquer :

$$\begin{aligned} (\Delta(A_{95Zr}))^2 &= ((A_{95Zr})_{PF})^2 \times \left[ \left( \frac{\Delta(A_{95Nb})_{PF}}{(A_{95Nb})_{PF}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta mp}{mp} \right)^2 \right] \\ &+ ((A_{95Zr})_F)^2 \times \left[ \left( \frac{\Delta(A_{95Nb})_F}{(A_{95Nb})_F} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_F}{V_F} \right)^2 + \left( \frac{\Delta mp}{mp} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

Les incertitudes retenues sont les suivantes :

- 1)  $\frac{\Delta(A_{95Nb})_{PF}}{(A_{95Nb})_{PF}} =$
- 2)  $\frac{(A_{95Nb})_F}{(A_{95Nb})_F} =$
- 3)  $\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}} = \frac{\Delta V_F}{V_F} =$
- 4)  $\Delta mp =$   (soit  $\frac{\Delta mp}{mp} =$   pour  $mp =$  )

### 4.3. Application numérique sur le verre de référence

#### 4.3.1. Cas des émetteurs $\beta\gamma$ calculés

<b>Emetteurs</b>	$\frac{\Delta k_i}{k_i}$	<input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}}$	$\frac{\Delta mp}{mp}$	$\frac{\Delta A_i}{A_i}$
	(%) (A)	(%) (B)	(%) (C)	(%) (D)	$\sqrt{A^2 + B^2 + C^2 + D^2}$

■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■

**4.3.2. Cas du technécium 99**

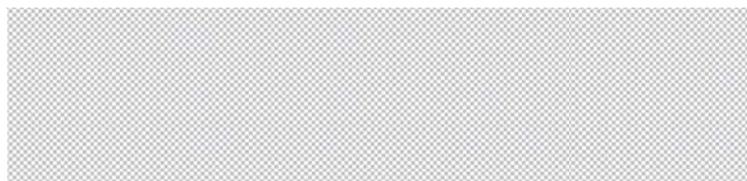


soit  $\frac{\Delta(A_{99\text{ Tc}})}{A_{99\text{ Tc}}} =$  ■

**Nota :**

La répartition PF et fines est celle indiquée dans la note [2]

**4.3.3. Cas du zirconium 95**



soit  $\frac{\Delta_{A_{95\text{ Zr}}}}{A_{95\text{ Zr}}} =$  ■

**Nota :**

La répartition PF et fines est celle indiquée dans la note [2]

## 5. ACTIVITE $\beta$ TOTALE

### 5.1. Détermination

L'activité  $\beta$  totale (par coulée) est obtenue par addition des activités  $\beta$  des PF et des fines.

$$A_{\text{totale } \beta} = A_{\beta/\text{PF}} + A_{\beta/\text{F}}$$

L'activité  $\beta$  des PF est calculée par application d'un coefficient sur l'activité des émetteurs  $\beta\gamma$  analysés. Il prend en compte l'activité des émetteurs  $\beta\gamma$  non mesurés.

Ainsi :

$$A_{\beta/\text{PF}} = k \times \sum_i^n A_{i/\text{PF}}$$

$$A_{\beta/\text{F}} = \sum_j^p A_{j/\text{F}}$$

Où :

- $A_{\beta/\text{PF}}$  est l'activité  $\beta$  des  $n$  émetteurs  $\beta\gamma$  déterminés dans la solution ajustée de PF :

- $A_{\beta/\text{F}}$  est l'activité  $\beta$  des  $p$  émetteurs  $\beta\gamma$  déterminés dans les fines :

Le coefficient  $k =$  [ ] résulte du calcul avec le code CESAR pour un mélange de combustibles PWR, BWR et MOX. Ce coefficient et l'incertitude liée à celui-ci sont issus de la note [5]. Le  $^{60}\text{Co}$  est exclu des émetteurs  $\beta\gamma$  analysés à prendre en compte.

Par soucis de simplification et compte tenu de l'absence d'impact significatif sur les valeurs le facteur  $k$  sera également appliqué à l'activité du  $^{60}\text{Co}$ .

Ainsi :

### 5.2. Incertitude

L'activité totale  $\beta$  (par conteneur) s'écrit sous la forme suivante :

$$A = k \times \left( \sum_i^n A_{i/PF} \right) + \left( \sum_j^p A_{j/F} \right)$$

$$\text{avec } \sum_i A_{i/PF} = \sum_i a_{i/PF} n_{PF} V_{PF} \frac{mp}{mt}$$

$$\text{et } \sum_j A_{j/F} = \sum_j a_{j/F} n_F V_F \frac{mp}{mt}$$

L'incertitude  $\Delta A$  sur l'activité totale  $\beta$  est définie par :

$$(\Delta A)^2 = \left( \frac{\partial A}{\partial a_{1/PF}} \right)^2 (\Delta a_{1/PF})^2 + \dots + \left( \frac{\partial A}{\partial a_{n/PF}} \right)^2 (\Delta a_{n/PF})^2$$

$$+ \left( \frac{\partial A}{\partial V_{PF}} \right)^2 (\Delta V_{PF})^2 + \left( \frac{\partial A}{\partial k} \right)^2 (\Delta k)^2 + \left( \frac{\partial A}{\partial a_{1/F}} \right)^2 (\Delta a_{1/F})^2 + \dots$$

$$+ \left( \frac{\partial A}{\partial a_{p/F}} \right)^2 (\Delta a_{p/F})^2 + \left( \frac{\partial A}{\partial V_F} \right)^2 (\Delta V_F)^2 + \left( \frac{\partial A}{\partial mp} \right)^2 (\Delta mp)^2$$

$$\text{soit } (\Delta A)^2 = k^2 \left( \frac{\sum_i A_{i/PF}}{\sum_i a_{i/PF}} \right)^2 \times \sum_i (\Delta a_{i/PF})^2 + k^2 \left( \sum_i A_{i/PF} \right)^2 \left( \frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}} \right)^2$$

$$+ \left( \sum_i A_{i/PF} \right)^2 (\Delta k)^2 + \left( \frac{\sum_j A_{j/F}}{\sum_j a_{j/F}} \right)^2 \times \sum_j (\Delta a_{j/F})^2 + \left( \sum_j A_{j/F} \right)^2 \left( \frac{\Delta V_F}{V_F} \right)^2$$

$$+ A^2 \left( \frac{\Delta mp}{mp} \right)^2$$

Le terme  $\left( \frac{\sum_i A_{i/PF}}{\sum_i a_{i/PF}} \right)^2 \times \sum_i (\Delta a_{i/PF})^2$  peut s'écrire :

$$\left( \sum_i A_{i/PF} \right)^2 \times \sum_i \left[ \frac{(a_{i/PF})^2}{\left( \sum_i a_{i/PF} \right)^2} \times \left( \frac{\Delta a_{i/PF}}{a_{i/PF}} \right)^2 \right]$$

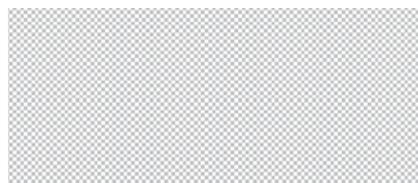
$$= \left( \sum_i A_{i/PF} \right)^2 \times \sum_i \left[ \frac{(A_{i/PF})^2}{\left( \sum_i A_{i/PF} \right)^2} \times \left( \frac{\Delta a_{i/PF}}{a_{i/PF}} \right)^2 \right] = \sum_i \left[ (A_{i/PF})^2 \times \left( \frac{\Delta a_{i/PF}}{a_{i/PF}} \right)^2 \right]$$

Pour une activité totale  $\beta$  donnée A, on pourra directement appliquer

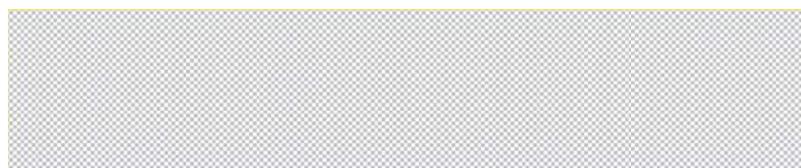


$$\Delta A^2 = k^2 \left( \sum_{i=1}^{11} \left[ (A_{i/PF})^2 \times \left( \frac{\Delta a_{i/PF}}{a_{i/PF}} \right)^2 \right] + \left( \sum_{i=1}^{11} A_{i/PF} \right)^2 \left[ \left( \frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta k}{k} \right)^2 \right] \right) \\ + \sum_{j=1}^{11} \left[ (A_{j/F})^2 \times \left( \frac{\Delta a_{j/F}}{a_{j/F}} \right)^2 \right] + \left( \sum_{j=1}^{11} A_{j/F} \right)^2 \left( \frac{\Delta V_F}{V_F} \right)^2 + A^2 \left( \frac{\Delta mp}{mp} \right)^2$$





$$A^2 = \text{[redacted]}$$



$$= \text{[redacted]}$$

$$\rightarrow \Delta A = \text{[redacted]} \text{ TBq/conteneur soit } \text{[redacted]} \text{ pour le verre de référence}$$

## 6. MASSE DES ACTINIDES ANALYSES

### 6.1. Détermination

La masse  $M_j$  (par coulée), d'un actinide  $j$  dans le verre élaboré est calculée par la formule suivante :

$$M_{j \text{ par coulée}} = C_{j/PF} \times V_{PF} \times n_{PF} \times \frac{mp}{mt}$$

Avec :

$C_{j/PF}$  = concentration d'un actinide  $j$  présent dans la solution de PF ajustée

$V_{PF}$  = [redacted]

$n_{PF}$  = [redacted]

$mp$  = masse de verre pesé

$mt$  = masse théorique de verre élaboré calculée à partir du volume des solutions et de la masse de fritte de verre

#### 6.1.1. Masse de $^{241}\text{Am}$

A partir de la solution de PF ajustée, le  $^{241}\text{Am}$  est analysé [redacted] (voir annexe 8 de la note [6]) sur le surnageant et le précipité.

L'analyse donne :

- $C_{^{241}\text{Am}/PF}$  = concentration de  $^{241}\text{Am}$  dans la solution de PF ajustée.

$$M_{241\text{Am par coulée}} = C_{241\text{Am/PF}} \times V_{\text{PF}} \times n_{\text{PF}} \times \frac{\text{mp}}{\text{mt}}$$

### 6.1.2. Masse de $^{243}\text{Am}$

A partir de la solution de PF ajustée, le  $^{243}\text{Am}$  est analysé [redacted] (voir annexe 8 de la note [6]) sur le surnageant et le précipité.

L'analyse donne :

- $C_{243\text{Am/PF}}$  = concentration de  $^{243}\text{Am}$  dans la solution de PF ajustée.

$$M_{243\text{Am par coulée}} = C_{243\text{Am/PF}} \times V_{\text{PF}} \times n_{\text{PF}} \times \frac{\text{mp}}{\text{mt}}$$

### 6.1.3. Masse de $^{237}\text{Np}$

A partir de la solution de PF ajustée, le Np est analysé [redacted] (voir annexe 9 de la note [6]) sur le surnageant et le précipité.

L'analyse donne :

- $C_{237\text{Np/PF}}$  = concentration de  $^{237}\text{Np}$  dans la solution de PF ajustée.

$$M_{237\text{Np par coulée}} = C_{237\text{Np/PF}} \times V_{\text{PF}} \times n_{\text{PF}} \times \frac{\text{mp}}{\text{mt}}$$

### 6.1.4. Masse de $^{244}\text{Cm}$

A partir de la solution de PF ajustée, le  $^{244}\text{Cm}$  est analysé [redacted] (voir annexe 8 de la note [6]) sur le surnageant et le précipité.

L'analyse donne :

- $C_{244\text{Cm/PF}}$  = concentration de  $^{244}\text{Cm}$  dans la solution de PF ajustée.

$$M_{244\text{Cm par coulée}} = C_{244\text{Cm/PF}} \times V_{\text{PF}} \times n_{\text{PF}} \times \frac{\text{mp}}{\text{mt}}$$

## 6.2. Incertitude

L'incertitude (par conteneur),  $\Delta(M_j)$ , commise sur la masse,  $M_j$ , d'un actinide dans le verre produit est similaire à celle développée dans la note [6] (§ 5).

L'incertitude relative sur la masse d'un actinide est donc :

$$\left(\frac{\Delta M_j}{M_j}\right)^2 = \left(\frac{\Delta C_{j/PF}}{C_{j/PF}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}}\right)^2 + \frac{1}{mp^2} (\Delta mp)^2$$

Pour un actinide de masse  $M_j$  donnée, on pourra directement appliquer :

$$(\Delta M_j)^2 = (M_j)^2 \left[ \left(\frac{\Delta C_{j/PF}}{C_{j/PF}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}}\right)^2 + \frac{1}{mp^2} (\Delta mp)^2 \right]$$

Les incertitudes relatives retenues sont les suivantes :

1)  $\frac{\Delta C_{j/PF}}{C_{j/PF}} =$  voir tableau 3

2)  $\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}} =$   (voir document [6])

3)  $\Delta mp =$   (voir document [6])

soit  $\left(\frac{\Delta mp}{mp}\right) =$   pour  $mp =$  

TABLEAU 3

**INCERTITUDE SUR LA CONCENTRATION MASSIQUE  
DES ACTINIDES DANS LA SOLUTION DE PRODUITS DE FISSION AJUSTEE**

Actinides	$\frac{\Delta C_j}{C_j}$ (%)
<sup>241</sup> Am	■
<sup>243</sup> Am	■
<sup>237</sup> Np	■
<sup>244</sup> Cm	■

Les valeurs d'incertitudes indiquées ci-dessus sont données à titre indicatif pour la réalisation de l'application numérique. Les incertitudes liées à l'analyse d'une solution de PF ajustée sont déterminées charge par charge.

### 6.3. Application numérique sur le verre de référence

Actinide	Analyse. solution PF (%) (A) = $\frac{\Delta C_j /_{PF}}{C_j /_{PF}}$	Bilan solution PF (%) (B) = $\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}}$	Pesée conteneur (C) = $\frac{\Delta mp}{mp}$	$\frac{\Delta M_j}{M_j}$ $\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$
<sup>241</sup> Am	■	■	■	■
<sup>243</sup> Am	■	■	■	■
<sup>237</sup> Np	■	■	■	■
<sup>244</sup> Cm	■	■	■	■



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

Actinide	Masse nominale (g/conteneur)	$\frac{\Delta M_j}{M_j}$ (%)	$\Delta M_j$ (g/conteneur)
<sup>241</sup> Am	■	■	■
<sup>243</sup> Am	■	■	■
<sup>237</sup> Np	■	■	■
<sup>244</sup> Cm	■	■	■

## 7. MASSE DES ACTINIDES CALCULES

### 7.1. Détermination

[Redacted text block]

[Redacted]
------------

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

Emetteur j	$k_j$	$p_j$
■	■	■

### 7.2. Incertitude

[Redacted text block]

[Redacted]
------------

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





[Redacted]

1) [Redacted]

2) [Redacted]

3) [Redacted]

4) [Redacted]

5) [Redacted]

[Redacted]

(Cf.document [6])

### 7.3. Application numérique sur le verre de référence

[Redacted]							
[Redacted]							

## 8. ACTIVITE ALPHA TOTALE

### 8.1. Détermination

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]

[Redacted]

- [Redacted]



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

- [Redacted]
- [Redacted]

[Redacted]



[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]



### 8.2. Incertitude

L'incertitude relative (par conteneur) sur l'activité totale  $\alpha$  est identique à celle développée pour l'activité totale  $\beta$ .

soit :

$$\left[ \frac{\Delta(A_{total\alpha})}{(A_{total\alpha})} \right]^2 = \frac{1}{\left( \sum_{j=1}^3 A_j \right)^2} \sum_{j=1}^3 \left[ A_j \left( \frac{\Delta A_j}{A_j} \right) \right]^2 + \left( \frac{\Delta k}{k} \right)^2$$

Pour une activité totale  $\alpha$  donnée, on pourra directement appliquer :

$$\left[ \Delta(A_{total\alpha}) \right]^2 = k^2 \sum_{j=1}^3 (\Delta A_j)^2 + \left( \sum_{j=1}^3 A_j \right)^2 \cdot (\Delta k)^2$$

Les incertitudes retenues sont les suivantes :

$$- \frac{\Delta A_j}{(Ci)} = \underbrace{\text{Activite specifique}}_{(Ci/g)} \times \underbrace{\Delta M_j}_{(g)}$$

avec  $\Delta M_j$  : voir § 6

**Nota** : on considérera que l'incertitude sur l'activité spécifique est nulle.

$\Delta k =$  [ ]

### 8.3. Application numérique sur le verre de référence

Emetteur	$M_j$ (g/conteneur)	$\Delta M_j$ (g/conteneur)	Activité spécifique (TBq/g)	$A_j$ (TBq/conteneur)	$\Delta A_j$ (TBq/conteneur)
[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
				[ ]	[ ]

soit  $A_{total\alpha} =$  [ ] TBq

et  $\Delta(A_{total\alpha}) =$  [ ]

$$\frac{\Delta(A_{total\alpha})}{(A_{total\alpha})} =$$
 [ ]

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

## 9. COMPOSITION ISOTOPIQUE EN U ET Pu

Du fait que les analyses sont uniquement effectuées en amont des installations de vitrification d'UP2 et UP3, cette composition n'est pas déterminée par conteneur. Arbitrairement les compositions isotopiques en U et Pu des conteneurs produits pendant l'année sont estimées à partir des résultats d'analyses de l'année précédente.

Du fait de cette détermination arbitraire, aucune incertitude n'est définie.

Les compositions isotopiques annuelles sont des compositions moyennes prenant en compte les masses actuelles d'Uranium et de Plutonium. Pour chaque isotope, la formule suivante est appliquée :

$$\% \text{ } ^k\text{X} = \frac{\sum_{i=m}^n \text{ } ^k\text{X}_i}{\sum_{i=m}^n \text{X}_i} \times 100$$

Où : m = numéro du premier cycle de dissolution de l'année de référence.

n = numéro du dernier cycle de dissolution de l'année de référence.

$^k\text{X}$  = Masse par charge de l'isotope k de l'élément X.

X = Masse totale par charge de l'élément X.

Les isotopes sont les suivants :

- Uranium :  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{236}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$

- Plutonium :  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{242}\text{Pu}$ .

Du fait que la teneur en  $^{233}\text{U}$  est inférieure à la limite de détection, elle est estimée ainsi :

$$^{233}\text{U} < \text{■} \times ^{235}\text{U}.$$

## 10. MASSE DES PARTICULES METALLIQUES

### 10.1. Détermination

On entend par particules métalliques les platinoïdes suivants : Ru (pour  $\text{RuO}_2$ ), Rh et Pd.

Méthode d'analyse :

- A partir de la solution ajustée de PF, on détermine la proportion de particules métalliques ■. Pour chaque élément, une analyse est réalisée sur le surnageant et le précipité dissous de la solution ajustée de PF.
- A partir des suspensions de fines, les proportions de particules métalliques sont également déterminées ■.

Les analyses donnent :

- $C_{RuO_2/PF}$  = concentration en  $RuO_2$  dans la solution ajustée de PF.
- $C_{RuO_2/F}$  = concentration en  $RuO_2$  dans la suspension de fines.
- $C_{Rh/PF}$  = concentration en Rh dans la solution ajustée de PF.
- $C_{Rh/F}$  = concentration en Rh dans la suspension de fines.
- $C_{Pd/PF}$  = concentration en Pd dans la solution ajustée de PF.
- $C_{Pd/F}$  = concentration en Pd dans la suspension de fines.

Mpm par coulée

$$\begin{aligned}
 &= [(C_{RuO_2/PF} + C_{Rh/PF} + C_{Pd/PF}) \times V_{PF} \times \eta_{PF} \\
 &\quad + (C_{RuO_2/F} + C_{Rh/F} + C_{Pd/F}) \times V_F \times \eta_F] \times \frac{mp}{mt} \\
 &= (C_{RuO_2/PF} + C_{Rh/PF} + C_{Pd/PF}) \times V_{solPF} + (C_{RuO_2/F} + C_{Rh/F} + C_{Pd/F}) \times V_{solF}
 \end{aligned}$$

## 10.2. Incertitude

L'incertitude (par conteneur) sur la masse de particules métalliques s'écrit :

$$[\Delta(M_{pm})]^2 = (\Delta M_{RuO_2})^2 + (\Delta M_{Rh})^2 + (\Delta M_{Pd})^2$$

avec :

$$\left[ \begin{aligned}
 (\Delta M_j)^2 &= (M_{j/PF})^2 \left[ \left( \frac{\Delta C_{j/PF}}{C_{j/PF}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}} \right)^2 \right] \\
 &\quad + (M_{j/F})^2 \left[ \left( \frac{\Delta C_{j/F}}{C_{j/F}} \right)^2 + \left( \frac{\Delta V_F}{V_F} \right)^2 \right] + \left( \frac{M_j}{mp} \right)^2 (\Delta mp)^2
 \end{aligned} \right]$$

et j =  $RuO_2$  ; Rh ; Pd



Les incertitudes relatives retenues sont les suivantes :

1)  $\frac{\Delta C_{j/PF}}{C_{j/PF}}$  = voir tableau 1 (document [6])

2)  $\frac{\Delta C_{j/F}}{C_{j/F}}$  = voir tableau 2 (document [6])

3)  $\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}}$  =  $\frac{\Delta V_F}{V_F}$  = [ ]

4)  $\Delta mp$  = [ ]

(soit  $\frac{\Delta mp}{mp}$  = [ ] pour  $mp$  = [ ] )

### 10.3. Application numérique sur le verre de référence

Elément	Analyse sol. PF (%)		Analyse sus. fines (%)		Bilan sol. PF (%)		Bilan sus. fines (%)		Pesée conteneur	$\frac{\Delta M_j}{M_j}$ (%)
	$\frac{M_{j/PF}}{M_j}$	$\frac{\Delta C_{j/PF}}{C_{j/PF}}$	$\frac{M_{j/F}}{M_j}$	$\frac{\Delta C_{j/F}}{C_{j/F}}$	$\frac{M_{j/PF}}{M_j}$	$\frac{\Delta V_{PF}}{V_{PF}}$	$\frac{M_{j/F}}{M_j}$	$\frac{\Delta V_F}{V_F}$		
RuO <sub>2</sub>	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Rh	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Pd	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

soit :

$$\left(\frac{\Delta M_{pm}}{M_{pm}}\right)^2 = \left(\frac{M_{RuO_2}}{M_{pm}}\right)^2 \left[\frac{\Delta M_{RuO_2}}{M_{RuO_2}}\right]^2 + \left(\frac{M_{Rh}}{M_{pm}}\right)^2 \left[\frac{\Delta M_{Rh}}{M_{Rh}}\right]^2 + \left(\frac{M_{Pd}}{M_{pm}}\right)^2 \left[\frac{\Delta M_{Pd}}{M_{Pd}}\right]^2$$

= [ ]

Soit :  $\frac{\Delta M_{pm}}{M_{pm}} = \square$  pour un verre de référence

Pour une teneur en particules métalliques dans le verre de  $\square$

Soit : pour  $\square$ ,  $M_{pm} = \square$

$$\Delta M_{pm} = \square$$

## 11. MASSE D'UN CONTENEUR

### 11.1. Détermination de la masse du conteneur

- Les masses des conteneurs vides et des couvercles sont reportées, après fabrication, sur les certificats de conformité du constructeur.
- Les masses de verre coulé dans chaque conteneur sont mesurées à l'aide de jauges de contrainte équipant la table élévatrice de la cellule de coulée des ateliers R7 et T7.

La masse d'un conteneur plein, M, résulte de la somme des masses suivantes :

- Masse de verre pesé : mp
- Masse du conteneur vide : mv
- Masse du couvercle : mc

$$\text{Soit } M = mp + mv + mc$$

### 11.2. Incertitude

L'incertitude  $\Delta M$  commise sur la masse du conteneur est telle que :

$$(\Delta M)^2 = (\Delta mp)^2 + (\Delta mv)^2 + (\Delta mc)^2$$

Les incertitudes absolues retenues sont les suivantes :

- 1)  $\Delta mp = \square$  (la précision est de  $\square$  pour une masse totale de  $\square$  pour chacune des deux tables de pesée redondantes, soit  $\square$ . Les essais sur les ateliers de vitrification R7 et T7 ont confirmé cette incertitude par comparaison avec des masses étalon).
- 2)  $\Delta mv = \square$  kg (résulte d'une pesée systématique)
- 3)  $\Delta mc = \square$  kg (résulte d'une analyse statistique)

$$\text{soit } \Delta M = \square \text{ kg}$$

$$\text{ex : pour } M = \square, \square$$

## 12. DEBIT DE DOSE GAMMA ET NEUTRON

### 12.1. Détermination

Le débit de dose Gamma est mesuré grâce à une chambre d'ionisation, le débit de dose neutron par une chambre de fission.

Les débits de dose sont obtenus à partir des résultats des mesures en chambre d'ionisation et de fission ainsi qu'en intégrant les coefficients de calibration.

Ces coefficients sont fonction de la distance séparant du conteneur mesuré.

La chambre d'ionisation donne la mesure :  $M_i$

La chambre de fission donne la mesure :  $M_f$

Débit de dose Gamma à la surface	=	$A_{\gamma/s} \times M_i + B_{\gamma/s}$
Débit de dose Gamma à 1 mètre	=	$A_{\gamma/1m} \times M_i + B_{\gamma/1m}$
Débit de dose Neutron à la surface	=	$K_{n/s} \times M_f$
Débit de dose Neutron à 1 mètre	=	$K_{n/1m} \times M_f$

avec  $A_{\gamma}$ ,  $B_{\gamma}$  : coefficient de calibration de la chambre d'ionisation.

$K_n$  : coefficient de calibration de la chambre de fission.

Ces coefficients sont obtenus par code de calcul et courbes de calibration (méthode des moindres carrés) réalisées à partir de conteneurs représentatifs.

### 12.2. Incertitude

#### 12.2.1. Débit de dose gamma

L'incertitude totale sur la détermination du débit de dose gamma combine les incertitudes liées aux conteneurs représentatifs et au conteneur à mesurer, à savoir :

- Pour les conteneurs représentatifs :
  - . l'étalonnage du capteur,
  - . l'étalonnage de l'électronique de comptage,
  - . la chaîne de mesure au contact et à 1 m,
  - . la chaîne de mesure [REDACTED],
  - . l'étalonnage [REDACTED],



- Pour le conteneur à mesurer :
  - . la chaîne de mesure [REDACTED],
  - . les corrections entre conteneur à mesurer et conteneurs représentatifs.

**L'incertitude totale retenue pour les débits de dose gamma au contact et à 1 mètre est égale à [REDACTED] à 2 sigma.**

#### 12.2.2. Débit de dose neutron

L'incertitude totale sur la détermination du débit de dose neutron combine les incertitudes liées au conteneur maquette à celles liées au conteneur représentatif et au conteneur à mesurer, à savoir :

- Pour le conteneur maquette :
  - . la sensibilité du poste [REDACTED].
- Pour le conteneur représentatif :
  - . le calcul du débit de dose au contact et à 1 mètre,
  - . les corrections de la sensibilité du poste [REDACTED] entre le conteneur maquette et le conteneur représentatif,
  - . l'étalonnage du poste [REDACTED].
- Pour le conteneur à mesurer :
  - . la chaîne de mesure du poste [REDACTED],
  - . les corrections entre conteneur à mesurer et conteneur représentatif.

**L'incertitude totale retenue pour les débits de dose neutron au contact et à 1 mètre est égale à [REDACTED] à 2 sigma.**

### 13. DOCUMENTS CITES

	N° GEIDE	N° BART	TITRE
[1]			SPECIFICATION DU COLIS STANDARD DE DECHETS VITRIFIES (CSD-V) PRODUIT A LA HAGUE
[2]			DESCRIPTIF DU COLIS MOYEN DE LA SPECIFICATION EVOLUEE
[3]			DONNEES NUCLEAIRES CONCERNANT LES SOLUTIONS DE PF ET FINES - CESAR 5.31
[4]			CORRELATIONS POUR LES ISOTOPES <sup>79</sup> Se, <sup>93</sup> Zr, <sup>107</sup> Pd, <sup>126</sup> Sn, <sup>99</sup> Tc, <sup>135</sup> Cs, <sup>90</sup> Sr, <sup>243</sup> Am, <sup>245</sup> Cm AINSI QUE LES ELEMENTS Cm, Np, Cs DANS LES COLIS DE DECHETS VITRIFIES.  ESTIMATION DES ISOTOPES A VIE LONGUE ; TRAITEMENT POSTERIEUR A 2012 – EVOLUTIONS CESAR V5
[5]			CONTRIBUTION DES RADIONUCLEIDES NON MESURES DANS LA SOLUTION DES DECHETS VITRIFIES POUR L'ACTIVITE ALPHA, BETA ET LA PUISSANCE THERMIQUE. TRAITEMENT POSTERIEUR A 2012 – EVOLUTIONS CESAR V5
[6]			ATELIERS DE VITRIFICATION R7 ET ATELIER DE DESENTREPOSAGE DES RESIDUS VITRIFIES DETERMINATION DES PARAMETRES COMPLEMENTAIRES ET INCERTITUDES ASSOCIEES DES COLIS DE DECHETS VITRIFIES PRODUITS SELON LA SPECIFICATION

[Retour page 1](#)

## 14. Table des Matières

1.	INTRODUCTION .....	1
2.	DOMAINE D'APPLICATION.....	1
3.	ACTIVITE DES EMETTEURS $\beta\gamma$ ANALYSES.....	2
3.1.	DETERMINATION .....	2
3.2.	INCERTITUDE.....	3
3.3.	APPLICATION NUMERIQUE SUR LE VERRE DE REFERENCE.....	6
4.	ACTIVITE DES EMETTEURS $\beta\gamma$ CALCULES.....	7
4.1.	DETERMINATION .....	7
4.1.1.	Emetteurs $\beta\gamma$ calculés à partir du néodyme.....	7
4.1.2.	Technétium 99 .....	8
4.1.3.	Zirconium 95 .....	8
4.2.	INCERTITUDE.....	9
4.2.1.	Cas des émetteurs $\beta\gamma$ calculés à partir du néodyme .....	9
4.2.2.	Cas du technétium 99 .....	10
4.2.3.	Cas du zirconium 95 .....	10
4.3.	APPLICATION NUMERIQUE SUR LE VERRE DE REFERENCE.....	11
4.3.1.	Cas des émetteurs $\beta\gamma$ calculés à partir du néodyme .....	11
4.3.2.	Cas du technécium 99 .....	12
4.3.3.	Cas du zirconium 95 .....	12
5.	ACTIVITE B TOTALE .....	13
5.1.	DETERMINATION .....	13
5.2.	INCERTITUDE.....	13
5.3.	APPLICATION NUMERIQUE SUR LE VERRE DE REFERENCE.....	16
6.	MASSE DES ACTINIDES ANALYSES.....	17
6.1.	DETERMINATION .....	17
6.1.1.	Masse de $^{241}\text{Am}$ .....	17
6.1.2.	Masse de $^{243}\text{Am}$ .....	18
6.1.3.	Masse de $^{237}\text{Np}$ .....	18
6.1.4.	Masse de $^{244}\text{Cm}$ .....	18
6.2.	INCERTITUDE.....	19

6.3. APPLICATION NUMERIQUE SUR LE VERRE DE REFERENCE.....	20
<b>7. MASSE DES ACTINIDES CALCULES.....</b>	<b>21</b>
7.1. DETERMINATION .....	21
7.2. INCERTITUDE.....	21
7.3. APPLICATION NUMERIQUE SUR LE VERRE DE REFERENCE.....	23
<b>8. ACTIVITE ALPHA TOTALE.....</b>	<b>23</b>
8.1. DETERMINATION .....	23
8.2. INCERTITUDE.....	25
8.3. APPLICATION NUMERIQUE SUR LE VERRE DE REFERENCE.....	25
<b>9. COMPOSITION ISOTOPIQUE EN U ET PU.....</b>	<b>26</b>
<b>10. MASSE DES PARTICULES METALLIQUES .....</b>	<b>26</b>
10.1. DETERMINATION .....	26
10.2. INCERTITUDE.....	27
10.3. APPLICATION NUMERIQUE SUR LE VERRE DE REFERENCE.....	28
<b>11. MASSE D'UN CONTENEUR.....</b>	<b>29</b>
11.1. DETERMINATION DE LA MASSE DU CONTENEUR.....	29
11.2. INCERTITUDE.....	29
<b>12. DEBIT DE DOSE GAMMA ET NEUTRON.....</b>	<b>30</b>
12.1. DETERMINATION .....	30
12.2. INCERTITUDE.....	30
12.2.1. Débit de dose gamma .....	30
12.2.2. Débit de dose neutron.....	31
<b>13. DOCUMENTS CITES.....</b>	<b>32</b>
<b>14. TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>33</b>