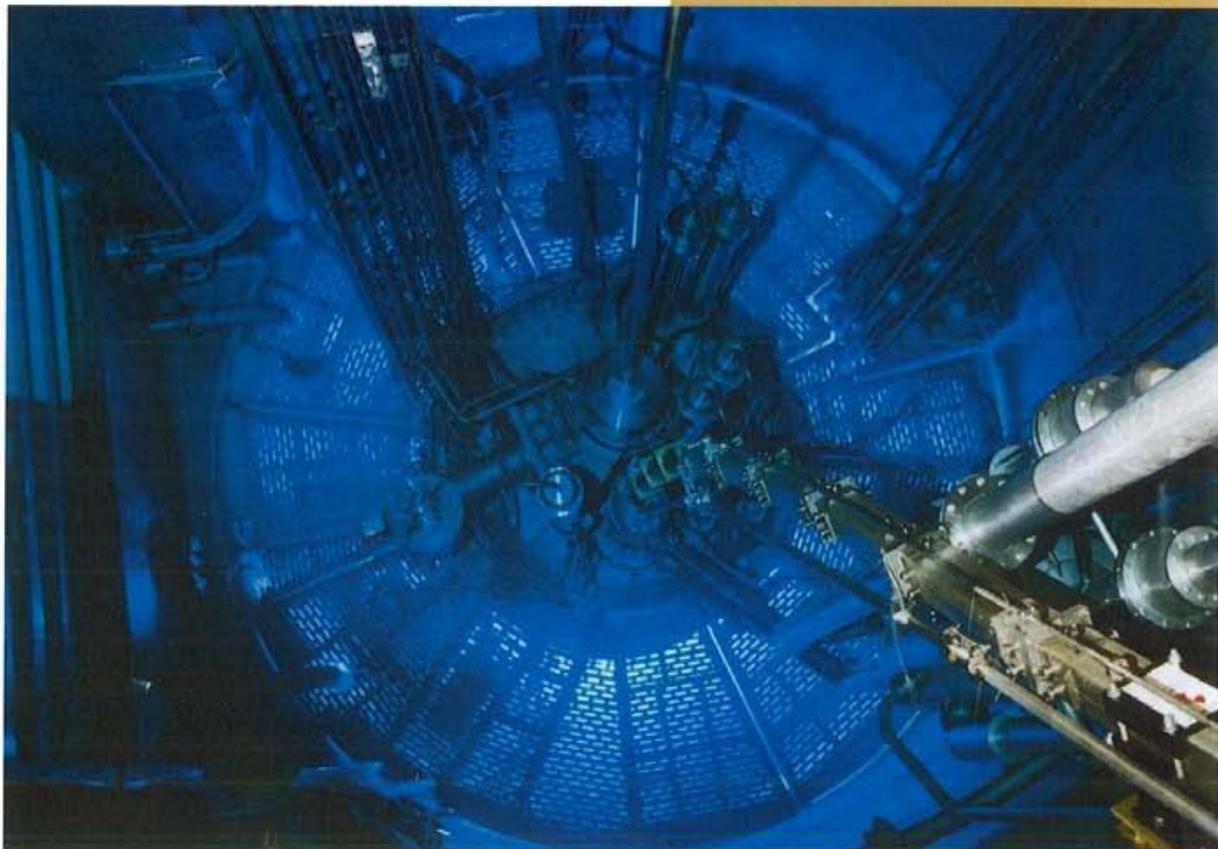


**Définition de conditions particulières
d'application du titre III du décret 99-1046
pour les compartiments du bloc pile C47 et C48
(Source Froide Horizontale)**



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

Champ d'application et résumé

Historique des évolutions

Indice	Date	Références	Commentaires/objet des évolutions d'indice
0	16/12/2014	DRe FG/fl 2014-0998	Création du document

Destinataires

Les signataires

Chefs de service et de groupe concernés :

Autres :

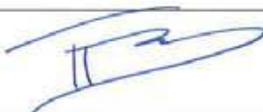
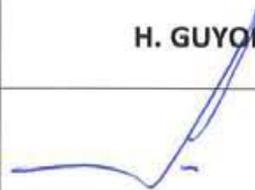
	Rédacteur	Vérificateur (s)	Approbateur
Nom	JM SUDRE / F. GAMONET	F. FRERY	H. GUYON
Visa			

TABLE DES MATIERES

I. PREAMBULE/OBJECTIFS	5
II. DESCRIPTION DES COMPARTIMENTS	5
A. Rôle des compartiments	5
B. Caractéristiques des compartiments	6
1. Caractéristiques des composants des compartiments doigt de gant H5 et cellule SFH	10
1.1 Caractéristiques physiques	10
1.2 Caractéristiques conception – fabrication	14
2. Caractéristiques des fluides en contact avec les compartiments	17
2.1 Vide	17
2.2 Deutérium	17
2.3 Eau lourde	18
2.4 Azote	18
2.5 Air du hall	19
C. Exploitation des compartiments	19
D. Localisation des compartiments	21
E. Accessoires de sécurité associés	21
III. JUSTIFICATION DE L'INCAPACITE A REALISER LES ACTIONS REGLEMENTAIRES SUR LES COMPARTIMENTS	23
A. Contexte	23
B. Obstacles à la réalisation des actions réglementaires	23
IV. ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE DE L'ENSEMBLE FONCTIONNEL SFH	27
A. Composant doigt de gant H5	28
1. Facteur fabrication pour le composant doigt de gant H5	28
2. Facteur état pour le composant doigt de gant H5	29
3. Facteur dégradation pour le composant doigt de gant H5	31
3.1 Modes de dégradation	31
3.2 Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles les compartiments sont potentiellement sensibles pour le composant doigt de gant H5	35
4. Résultat probabilité de défaillance pour le composant doigt de gant H5	38

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 483	Page : 3/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

B.	Composants bride de maintien et manchette partie arrière H5	38
1.	Facteur fabrication pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière	38
2.	Facteur état pour les composants bride de maintien et manchette arrière H5.....	39
3.	Facteur dégradation pour les composants bride de maintien et manchette arrière H5	39
3.1	Modes de dégradation pour les composants bride de maintien et manchette arrière H5	40
3.2	Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5 sont potentiellement sensibles	43
4.	Résultat probabilité de défaillance pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5	44

V. EQUIVALENCE DU NIVEAU DE SECURITE PAR RAPPORT A CELUI QUI SERAIT ETABLI PAR REALISATION DES MESURES DE DROIT COMMUN..... 45

A.	Préambule.....	45
B.	Performances gestes réglementaires du composant doigt de gant H5.....	46
1.	Performances gestes compensatoires du composant doigt de gant H5	47
2.	Performances des dispositions préventives du composant doigt de gant H5.....	47
3.	Analyses des performances et des niveaux de sécurité du composant doigt de gant H5....	49
3.1	Performances des dispositions retenues du composant doigt de gant H5.....	49
3.2	Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives du composant doigt de gant H5	49
3.3	Comparaisons des performances du composant doigt de gant H5	50
3.4	Conclusion niveau de sécurité du composant doigt de gant H5.....	50
C.	Performances gestes réglementaires pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5.....	51
1.	Performances gestes compensatoires pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5.....	52
2.	Performances des dispositions préventives pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5	53

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

3.	Analyses des performances et des niveaux de sécurité pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5	53
3.1	Performances des dispositions retenues pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5	54
3.2	Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5	54
3.3	Comparaisons des performances pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5	55
3.4	Conclusion niveau de sécurité pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5	55
D.	Conclusion niveau de sécurité pour l'ensemble fonctionnel SFH (C47 et C48)	56
E.	Evaluation des conséquences de défaillance	56
1.	Facteur conséquence sur les travailleurs	56
2.	Facteur conséquence sur l'environnement	57
3.	Facteur conséquence sur d'autres EIP	57
VI.	CONCLUSIONS	57

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 483	Page : 5/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

I. Préambule/objectifs

Le classement du récipient bloc pile de l'ILL en un seul équipement ESPN multi-compartiments conduit à ce que les exigences réglementaires de suivi en service s'appliquent à l'équipement global.

Telles que développées dans le document RHF n°484, ces exigences réglementaires ne peuvent en l'état être applicables à l'équipement global sans aménagement. Dans le cadre des propositions de l'ILL, nous proposons de répercuter ces exigences aménagées aux ensembles fonctionnels ou compartiments qui forment l'équipement bloc pile.

Dans le présent document, nous étudions le cas particulier de l'ensemble fonctionnel « Source Froide Horizontale » composé des compartiments C47 et C48.

Il consigne l'analyse réglementaire et technique permettant de déterminer les mesures à mettre en œuvre et compensant la non réalisation de certaines dispositions réglementaires de l'arrêté du 12/12/2005 relatif aux ESPN.

II. Description des compartiments

A. Rôle des compartiments

La Source Froide Horizontale est destinée à fournir un flux de neutrons froids transmis par des guides vers des expériences situées soit dans le bâtiment réacteur, soit dans le hall ILL 22 spécialement créé à cet effet. La production de neutrons froids est assurée en maintenant un volume de 6 litres de deutérium liquide (à 24 K) à une trentaine de centimètre du cœur du bloc-pile.

De façon simplifiée, l'ensemble fonctionnel SFH est formé de deux volumes (compartiments) ayant chacun un rôle bien défini :

- Le compartiment doigt de gant (C47) :
 - isolement thermique de la cellule SFH,
 - extraction des neutrons froids vers les expériences.
- L'enceinte deutérium (C48) :
 - production des neutrons « froids ».

Dans le cas de situation accidentelle, le compartiment doigt de gant assure le confinement du deutérium issu d'une fuite de la cellule SFH.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 483	Page : 6/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

B. Caractéristiques des compartiments

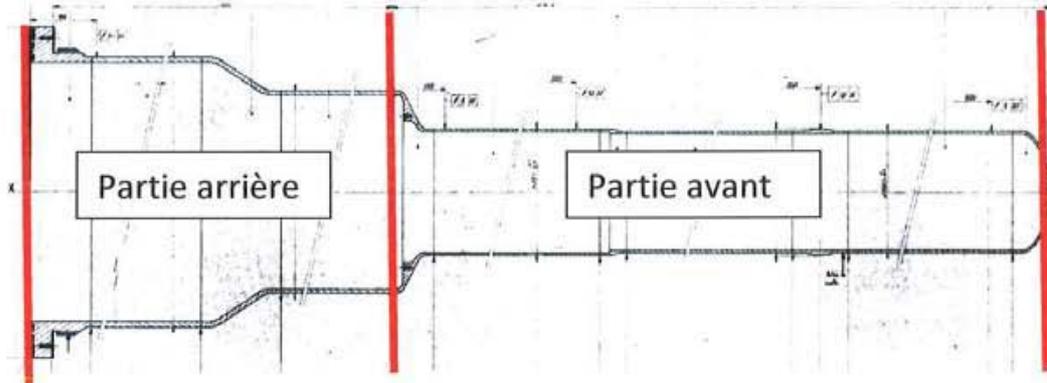
L'ensemble en pile SFH est un ensemble fonctionnel composé des deux compartiments : « doigt de gant H5 » et « cellule SFH ».

Le compartiment doigt de gant H5 (C47) est réalisé par l'assemblage boulonné de 3 composants :

- Le composant doigt de gant H5 : c'est lui par sa forme qui donne le nom du compartiment. Il baigne dans l'eau lourde et inséré dans la manchette. C'est à l'intérieur de celui-ci (extrémité avant) qu'est installée la cellule.
- Le composant bride de maintien doigt de gant : cette bride permet la fixation du doigt de gant sur la manchette. Elle prend en sandwich la bride du composant doigt de gant et assure l'étanchéité du circuit eau lourde avec l'extérieur du hall (hall du réacteur) et l'intérieur du doigt de gant. Elle prolonge la virole du doigt de gant.
- La manchette partie arrière doigt de gant H5 : cette manchette de forme cylindrique prolonge la virole du doigt de gant. Elle est boulonnée à la bride de maintien doigt de gant. Elle permet le supportage et la fixation du bouchon et des guides en partie centrale ainsi que l'entrée de la ligne D2 et le passage de la cellule SFH. En partie arrière, la bride montage membrane permet la fermeture du compartiment tout en laissant passer au mieux les neutrons froids au travers de fenêtres aux parois amincies.

Le compartiment cellule SFH (C48) est formé d'un seul composant. Le volume présente une partie enceinte (en zone avant) et une partie tuyauterie (partie arrière).

Doigt de gant H5 (C47) :



Le doigt de gant H5 contient, dans sa partie avant, la cellule deutérium de la Source Froide Horizontale.

Le doigt de gant, maintenu sous vide afin d'assurer un isolement thermique efficace, permet d'extraire les neutrons traversant la cellule. Le doigt de gant ne vise aucun équipement dans le bloc pile.

Le doigt de gant crée un défaut de protection permettant le passage des neutrons tout en garantissant une étanchéité du circuit eau lourde et en permettant un premier conditionnement du faisceau de neutrons.

La paroi externe du doigt de gant est en contact avec l'eau lourde du bloc pile.

A l'intérieur, une protection biologique et des guides occupent toute la moitié arrière du compartiment doigt de gant. Les neutrons froids sont guidés et séparés en plusieurs faisceaux.

Pour la fabrication du doigt de gant H5, le Zircaloy-4 a été choisi pour ses bonnes caractéristiques mécaniques associées à sa très bonne résistance à l'irradiation. En effet, compte tenu de la complexité et la lourdeur des équipements (techniques et scientifiques) en aval du bridage arrière, il n'est pas prévu de démonter le doigt de gant avant la fin de vie de l'installation.

Bride de maintien doigt de gant H5 :

La bride de maintien doigt de gant permet le maintien en position et la fixation du doigt de gant contre la bride arrière de la manchette.

La bride assure ainsi l'étanchéité du circuit eau lourde : double étanchéité entre l'eau lourde et l'air du hall au niveau du contact avec la bride de manchette et double étanchéité entre l'eau lourde et l'intérieur du compartiment doigt de gant au niveau du contact avec la bride du doigt de gant.

Un épaulement sur la face arrière (où viendra se fixer la manchette partie arrière ddg H5) permet de garantir un alignement avec la bride arrière du doigt de gant.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
 TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
 C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

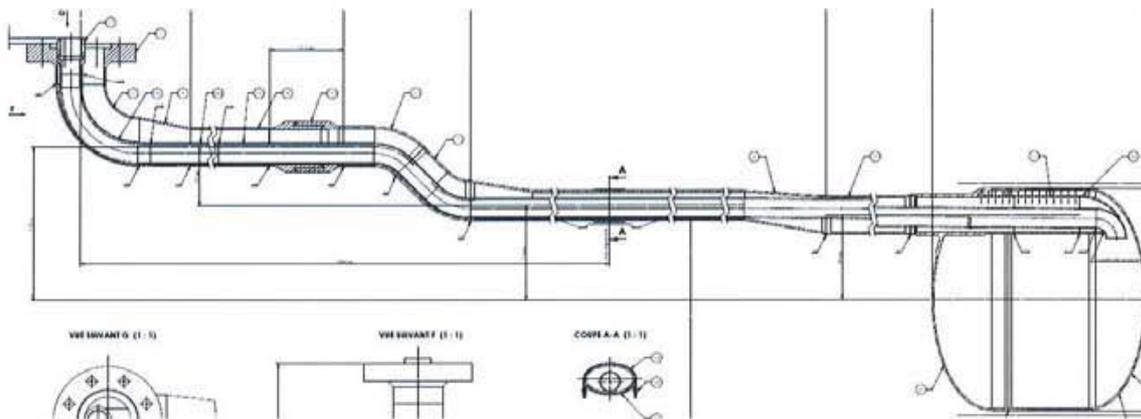
Manchette partie arrière doigt de gant H5 :

La manchette est le prolongement intérieur du doigt de gant et permet de contenir l'ensemble des équipements assurant la protection biologique hors des guides ainsi que le guidage des neutrons. Les éléments sont bloqués en translation sur le corps de la manchette.

La manchette partie arrière doigt de gant H5 permet dans sa partie supérieure l'entrée de la tuyauterie formant la ligne thermosiphon connectée à la cellule SFH. Sur sa partie latérale supérieure, un piquage permet la réalisation du conditionnement en vide du compartiment.

La manchette est fermée hermétiquement par une bride boulonnée en partie arrière. Cette bride présente un aménagement en partie centrale permettant la fixation d'une pièce formée de fenêtres en aluminium relativement transparentes aux neutrons (évidements avec parois amincies de plusieurs millimètres).

Cellule SFH (C48) :

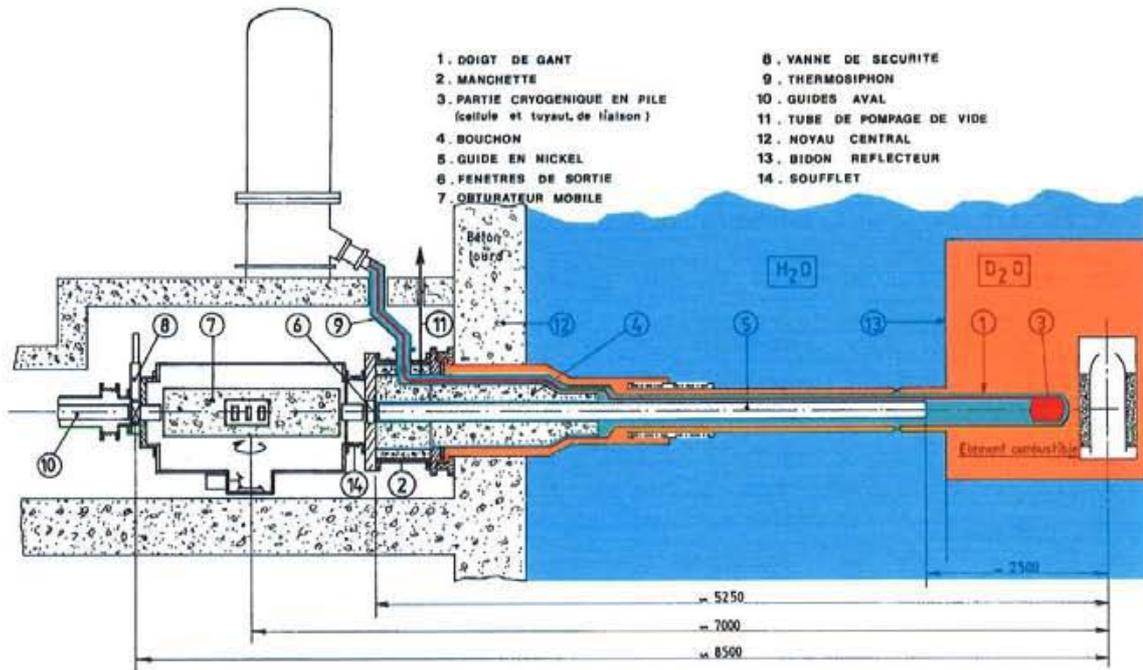


La cellule contenant le deutérium est un ortho-cylindre en aluminium A5, à axe horizontal, d'épaisseur maximale 2 mm, d'un volume de 6 litres environ et pesant environ 930 grammes.

Elle repose sur deux espaceurs, en acier inoxydable, qui évitent un contact trop direct entre la cellule froide et le doigt de gant. Sa paroi extérieure est oxydée par anodisation pour améliorer le refroidissement en cas d'arrêt du réfrigérateur (rayonnement).

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0



Caractéristiques	Compartment doigt de gant H5 (C47)	Cellule (C48)	Unités
P. maximale admissible (PS)	4	3,4	Bar rel
P utilisation	-1 à 0	De 0,5 (en froid) à 2,4 (en chaud)	Bar rel
P épreuve initiale (PE)	19 / -10**	6,8	Bar rel
T°. maximale admissible (TS)	140	170	°C
T° de fonctionnement	50 à 118 localement	-250 à 139 maxi en cas d'arrêt du réfrigérateur et réacteur en marche	°C
Volume (réel/effectif)	420/260	12	litres
Nature du fluide	Vide ou D ₂ tritié*	Deutérium tritié	
Groupe de dangerosité	1 *	1	
Activité (compartment)	90 000* (activité dans cellule SFH)	90 000	MBq
Catégorie de risque pression	IV	I	
Niveau ESPN	N2 (issu du bloc pile)	N2 (issu du bloc pile)	
Classification	EIS de rang 2	EQS	
Contrôle soudure	100% radio + 100% ressuage	100% radio + 100% ressuage	

* en situation accidentelle

** épreuve pression externe uniquement composant ddg

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

1. Caractéristiques des composants des compartiments doigt de gant H5 et cellule SFH

1.1 Caractéristiques physiques

Doigt de gant H5 (C47) :

**Plan d'ensemble N° RE 3C 53 P6 1210
Plans de détails : RE 3C 53 P6 1211 et 1212**

Le doigt de gant H5 en Zircaloy-4 possède une longueur totale d'environ 4,6 m et est divisé en 2 parties (avant et arrière) dont la succession de pièces et la suivante :

Partie Arrière :

- Bride \varnothing 655 mm, d'épaisseur 50 mm, et de longueur 138 mm.
- Virole cylindrique réalisée à partir de tôle roulée et soudée longitudinalement. \varnothing intérieur 515 mm, de longueur 514 mm, et d'épaisseur 10 mm.
- Réduction conique \varnothing intérieur 515 mm vers \varnothing intérieur 386 mm, de longueur 180 mm et d'épaisseur 10 mm.
- Virole cylindrique réalisée à partir de tôle roulée et soudée longitudinalement. \varnothing intérieur 386 mm de longueur 418 mm et d'épaisseur 7 mm.

Partie Avant :

- Réduction conique usinée \varnothing intérieur 378 mm vers \varnothing intérieur 238.5 mm, de longueur 100 mm et d'épaisseur 5 mm dans la partie la plus fine.
- Virole cylindrique réalisée en deux demi-coquilles soudées longitudinalement. \varnothing intérieur 238,5 mm, de longueur 907 mm et d'épaisseur 5 mm.
- Jonction \varnothing intérieur 238,5 mm vers \varnothing intérieur 229,5mm, de longueur 60 mm et d'épaisseur 5 mm.
- Virole cylindrique réalisée en deux demi-coquilles soudées longitudinalement. \varnothing intérieur 229,5 mm, de longueur 892 mm, et d'épaisseur 5 mm.
- Portée de lunette \varnothing intérieur 229,5 mm, de longueur 120 mm, et d'épaisseur 5 mm dans la partie la plus fine.
- Virole cylindrique \varnothing intérieur 229,5 mm, de longueur 1242 mm et d'épaisseur 5 mm.
- Fond elliptique \varnothing intérieur 229,5 mm longueur 85 mm, et d'épaisseur 5 mm.

Tous les composants qui constituent le doigt de gant H5 sont assemblés par soudage homogène en pleine pénétration.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

Bride de maintien doigt de gant H5 (C47) :

Plans de détails : RE 3C 53 P6 1207

La bride de maintien doigt de gant est réalisée en inox Z2CN18-10 à partir d'une pièce forgée. C'est une bride usinée avec trois faces/plans fonctionnels. Installée, son axe est à l'horizontal.

Ses dimensions sont :

Ø ext : 830 mm

Ø int : 515 mm

Epaisseur : hors tout 105 mm

Les perçages sur le diamètre extérieur de la bride permettent sa fixation sur la bride de maintien manchette.

Les trous taraudés sur le diamètre intérieur permettent la fixation de la manchette partie arrière doigt de gant.

La particularité de cette bride de maintien est l'épaulement de Ø 550 mm sur la face arrière assurant le centrage de la manchette partie arrière doigt de gant avec le doigt de gant.

Manchette partie arrière doigt de gant H5 (C47) :

Plan d'ensemble N° 764-00-00-000

Plans de détails : RE 9C 35 P4 001 et 764-03-00-000

Le corps de la manchette est réalisé dans un bloc forgé en inox Z2CN18-10.

Il a été usiné fini dans la masse et ne comporte pas de soudure entre la virole, les brides et les piquages.

C'est une pièce cylindrique de diamètre intérieur Ø 515 mm, de diamètre extérieur hors tout de 740 mm et de longueur hors tout de 409 mm.

Elle est composée de deux parties aux extrémités qui forment des brides. Ces brides présentent une épaisseur de plateau de 35 mm pour un diamètre intérieur de Ø 515 mm et un diamètre extérieur de Ø 740 mm. La bride avant possède 16 trous lisses débouchant Ø 20mm sur un diamètre de 700mm. La bride arrière possède 16 trous taraudés débouchant M18 sur un diamètre de 700mm. L'étanchéité des faces est réalisée par des joints toriques dans des doubles gorges : Ø int 578,5 mm, larg. 8,4 mm, prof. 4,9 mm et Ø int 648,5 mm, larg. 8,4 mm, prof. 4,9 mm.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

En partie centrale, la virole présente un diamètre intérieur de \varnothing 515 mm, longueur 330mm et une épaisseur de 55 mm.

Trois ouvertures sont aménagées sur la virole (axe radial) :

- Entrée ligne deutérium : ouverture \varnothing 150 mm, lamage profondeur 22,5 mm et largeur 230 mm, trous de fixation : 8 trous taraudés M12, prof. 20 sur diamètre de \varnothing 200 mm.
- Conditionnement (pompage) : ouverture \varnothing 100 mm, lamage profondeur 17,5 mm et largeur 230 mm, trous de fixation : 8 trous taraudés M12, prof. 20 sur diamètre de \varnothing 200 mm.
- Bouchon (ouverture pour montage cellule) : ouverture \varnothing 40 mm, lamage profondeur 4,5 mm et largeur 100 mm, trous de fixation : 4 trous taraudés M10, prof. 20 sur diamètre de \varnothing 66 mm.

La bride de fermeture de la manchette est réalisée avec deux éléments :

- Bride support : la bride en elle-même, partie périphérique boulonnée au corps, est réalisée en Z10C13.
- Bride membrane : la partie centrale (fenêtres) est réalisée en AG3net compte tenu de sa transparence aux neutrons.

La bride support est réalisée dans un bloom rond forgé et a pour dimensions : \varnothing ext 740 mm, épaisseur 65 mm. Elle possède 16 trous lisses débouchant \varnothing 20mm sur un diamètre de 700mm. 20 trous taraudés M18, prof. 40 mm sur diamètre de 565 mm en face arrière permettent la fixation d'un soufflet de conditionnement.

La bride possède en partie centrale une ouverture de forme rectangulaire 295 x 150 mm, des lamages et des trous taraudés permettant la fixation de la bride membrane.

La bride membrane est réalisée à partir d'une tôle et a pour dimensions hors tout 410 x 250 mm et épaisseur 52 mm.

Trois évidements permettent la création de « fenêtres » pour les neutrons. Leurs dimensions sont : 75 x 152 mm, 105 x 152 mm et 95 x 152 mm. L'épaisseur de la paroi amincie est de 6 mm.

Des épaulements et de gorges de joints permettent de réaliser une double étanchéité. La bride membrane est fixée à la bride support par 18 vis M12 sur un entraxe de 220 mm et 380 mm.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Cellule SFH (C48) :

Plan d'ensemble N° RE 9C 35 P1 000

Plans de détails : RE 9C 35 P1 001 à 009 et RE 9C 35 P1 011 à 030

La cellule SFH en aluminium A5 et AG3 et inox 304L possède une longueur totale d'environ 4,9 m et est constituée de plusieurs pièces de révolution dont la succession est la suivante :

- Bride inox 304L de \varnothing int 45,1 mm et de longueur 40 mm
- Coude à 90° en inox 304L de \varnothing int 45,1 mm, et d'épaisseur 1,6 mm
- Réduction excentrique en inox 304L de \varnothing int 45,1 mm Vers \varnothing int 34,8 mm , de longueur 50 mm et d'épaisseur 1,6 mm
- Tube cylindrique en inox 304L de \varnothing int 35 mm, de longueur 1222 mm, et d'épaisseur 1,5 mm
- Jonction Inox/aluminium de \varnothing int 35 mm, de longueur 72,5 mm, et d'épaisseurs variables comprise entre 1,5 mm et 7,5 mm
- Coude à 45° en aluminium AG3M de \varnothing int 36 mm, et d'épaisseur 2 mm
- Coude à 45° en aluminium AG3M de \varnothing int 36 mm, et d'épaisseur 2 mm
- Tube de section elliptique en aluminium AG3M de section 30 mm x 50 mm, de longueur 2237 mm, et d'épaisseur 2 mm avec extrémités circulaires.
- Tube en aluminium A5 de \varnothing int 35 mm, de longueur 929,5 mm et d'épaisseur 1,5 mm.
- Fond elliptique en aluminium A5 de \varnothing int 217,6 mm de hauteur 75 mm, et d'épaisseur 2 mm sur lequel est usiné un piquage traversant de \varnothing ext 40 mm et de longueur 101 mm localisé en périphérie du fond. Ce piquage est prolongé par un embout de \varnothing int 35 mm vers \varnothing int 20 mm
- Fond elliptique en aluminium A5 de \varnothing int 217,6 mm, de hauteur 135,3 mm, et d'épaisseur 2 mm.
- Tubulure intérieure cellule SFH en aluminium A5 de \varnothing int 20 mm, de longueur 3190 mm, et d'épaisseur 1 mm, composée d'une succession de tubes cylindriques formés et raccordés entre eux par soudage en pleine pénétration.

Tous les composants sont assemblés par soudage homogène (inox/inox, A5/AG3, AG3/AG3) en pleine pénétration, à l'exception de la jonction Inox/alu qui fait l'objet d'un assemblage permanent hétérogène.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

1.2 Caractéristiques conception – fabrication

L'ensemble fonctionnel Source Froide Horizontale en lien avec le bloc pile a été fabriqué en 1987 par différents sous-traitants de l'ILL dont les principaux sont Fertey (usinage manchette partie arrière ddg H5), CERCA (DDG H5) et SICN (Cellule SFH).

A l'époque, cet ensemble fonctionnel n'était soumis à aucune réglementation en fabrication et en exploitation du fait de ses caractéristiques PS et volume.

Toutefois, la conception et la fabrication ont bénéficié d'un niveau de soin équivalent à une fabrication d'équipement réglementé. Le respect des spécifications techniques internes à ILL, la réalisation de nombreuses études techniques et des essais expérimentaux sur des prototypes, ont permis de garantir ce haut niveau de qualité.

Doigt de gant H5 (C47) :

Le doigt de gant H5 a été conçu suivant le code ASME et réalisé suivant la spécification RE 972 N(p) 034 ind. B. De plus, la fabrication a fait l'objet d'inspections techniques par une tierce partie (APAVE) missionnée par l'ILL.

Il a fait l'objet de plusieurs notes de calcul :

- Note de calcul mécanique en conditions de fonctionnement normales, incidentelles et accidentelles (note de calcul ST/MS/R 87 108/Ale/MMD du 23/03/1987).
- Note de calcul permettant de déterminer le comportement mécanique du doigt de gant au contact du deutérium liquide répandu à la suite d'une éventuelle rupture de la cellule (RE 972 N(p) 10 ind. C).

L'approvisionnement du Zircaloy-4 a fait l'objet d'une vérification complète des lots de tôles et éléments forgés conformément à la spécification d'origine RE 972 N(p) 035 ind. D.

Les assemblages soudés longitudinaux et circulaires ont tous fait l'objet de qualifications et d'essais destructifs et non destructifs conformément à la spécification d'origine 3 RE 914 N(p) 024 ind. D.

Le doigt de gant H5 a fait l'objet d'un contrôle des soudures par radiographie et ressuage à 100 % suivant la spécification 3 RE 914 N(p) 024 ind. D.

La réception finale comportait un essai hydraulique en pression interne à 19 bars pendant 30 min, et un autre en pression externe à 10 bars pendant 30 minutes, ainsi qu'un test d'étanchéité hélium.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

Nous sommes en possession d'un plan tel que construit, d'un dossier matière, des PV de ressuage, des PV d'épreuves, des PV de contrôles radio et des documents de soudage.

Bride de maintien doigt de gant H5 :

La réalisation de cette pièce fait appel uniquement à de l'usinage. La matière première est issue d'une opération de forgeage.

Nous sommes en possession d'un plan « tel que construit », d'un dossier matière, d'un PV de ressuage et d'un PV de test hélium.

La bride de maintien ddg a été calculée par l'ILL. La note de calcul démontre qu'elle est largement dimensionnée pour 4 bars et qu'elle peut résister à plus de 10 bars (Re972N(p)049)

Manchette partie arrière doigt de gant H5 :

La réalisation de cette pièce fait appel uniquement à de l'usinage. La matière première est issue d'une opération de forgeage.

Nous sommes en possession d'un plan « tel que construit », d'un dossier matière, d'un PV de ressuage et d'un PV de test hélium.

La bride support et porte membrane a été recalculée par l'ILL. La note de calcul démontre qu'elle est largement dimensionnée pour 4 bars et qu'elle peut résister à plus de 10 bars (RHF 435 et Re972N(p)049).

En fin de fabrication, elle a subi une épreuve hydraulique à 6 bars.

Pour la bride support et porte membrane, nous sommes en possession d'un plan « tel que construit », d'un dossier matière, d'un PV de ressuage, d'un PV d'épreuve hydraulique et d'un PV de test hélium.

Cellule SFH (C48) :

Afin de rationaliser les efforts entrepris pour la mise au point et la fabrication de la cellule SFH, trois éléments identiques ont été réalisés en parallèle et réceptionnés conformes. Le premier élément a été mis en pile en 1987 et démonté, découpé et mis en déchet en 1990 lors du démontage du bloc pile. Le deuxième élément a été mis en pile lors du remontage du nouveau bloc pile en 1995 et est toujours exploité depuis.

La fabrication a fait l'objet d'inspections techniques par une tierce partie (BV) missionnée par l'ILL.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

La cellule SFH a fait l'objet de plusieurs notes de calcul dans l'objectif de vérifier les aspects suivants :

- Identifier le niveau des contraintes mécaniques liées à des facteurs thermiques et de pression interne (RE 972 N(p) 013 A).
- Identifier les niveaux de l'échauffement lié au rayonnement nucléaire (RE 972 N(p) 14).
- Démontrer que la géométrie et les épaisseurs retenues permettent d'obtenir sur ce sous-ensemble, une contrainte qui soit admissible, compte tenu des chargements imposés (note SICN L.DS.86.596 du 30/09/1986).

La réalisation de la cellule SFH, s'est déroulée en 3 phases :

- Phase 1 : identification des conditions de chargement, dimensionnement, essai de fabrication, rédaction du plan qualité.
- Phase 2 : Intégration des enseignements tirés de la phase 1 + réalisation et essais de 3 cellules de qualification.
- Phase 3 : Intégration des enseignements tirés de la phase 2 + réalisation des 3 cellules définitives.

L'approvisionnement de l'aluminium et de l'inox a fait l'objet d'une vérification complète des lots de tubes et éléments usinés. Conformément aux spécifications d'origine RE 972 N(p) 022, 023b et dossier recette matière SICN L.DS.87.753 + LOFC L.DS.85.363.

Chaque mise en forme sur les tubes et les fonds a fait l'objet de contrôles non destructifs par ressuage et radio conformément aux spécifications techniques : RE 09/02/PR/L.DS 85.351 (ressuage) 3RE 914N(p) 024 ind. D (radio).

Les assemblages ont tous fait l'objet de qualifications et d'essais destructifs et non destructifs conformément à la spécification d'origine 3 RE 972 N(p) 028.

Les assemblages soudés ont tous fait l'objet de contrôles en fabrication (ressuage 100%, radiographies 100% et test hélium 100%).

La réception finale comportait un essai hydraulique « l'alcool » en pression interne à 6,8 bars pendant 15 min et un test d'étanchéité hélium.

Nous sommes en possession d'un plan « tel que construit », d'un dossier matière, d'un PV de ressuage, d'un PV d'épreuve hydraulique, d'un PV de test hélium, des PV de contrôles radio et des documents de soudage.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

2. Caractéristiques des fluides en contact avec les compartiments

En fonctionnement normal les deux compartiments qui composent la SFH sont conditionnés en vide pour le DDG H5 (C47) et en deutérium pour la cellule (C48).

2.1 Vide

Le vide est ici utilisé comme isolant thermique. Le principe physique est d'enlever le maximum d'atomes dans le volume afin que ceux-ci ne transmettent pas de chaleur entre les parois.

Ainsi dans l'installation et en fonctionnement, un vide de l'ordre de 10^{-6} mbar est maintenu entre la cellule et le DDG Zircaloy.

Le vide créé dans le volume intérieur du compartiment doigt de gant H5 est obtenu par deux pompes à vide :

- Pompe primaire : 970PG02 (suivant schéma RE 9C 35 P0 000 ind. L),
- Pompe secondaire : 970PG05 (suivant schéma RE 9C 35 P0 000 ind. L).

Ce vide est en permanence maintenu même réacteur à l'arrêt et installation Source Froide Horizontale à l'arrêt à une pression inférieure à quelques millibar absolu. Ce vide est très occasionnellement cassé à l'azote pur lors des contrôles périodiques de fonctionnement des jauges de mesure de vide (1 fois tous les deux ans, quelques heures en azote).

2.2 Deutérium

La liquéfaction du deutérium, avec des caractéristiques très proches de l'hydrogène, est obtenue à très basse température. De ce fait la pureté du gaz est fondamentale pour le process : la solidification des impuretés potentiellement présentes à ces températures est un facteur perturbateur important du fonctionnement de l'installation.

Le deutérium en contact avec les parois intérieures de la Source Froide Horizontale provient de différents fournisseurs (AIR LIQUIDE, EURISOTOP et SPECTRA GAZ) et fait l'objet d'une spécification qualité particulière RE 9C 35 S 017 ind. B dont les critères sont les suivants :

Types d'impuretés	Concentrations maxi acceptables
Oxygène	≤ 5 ppm
Azote	≤ 10 ppm*
Humidité	≤ 10 ppm*

* Valeurs de limite de détection des chromatogrammes à l'ILL.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Par ailleurs des analyses chimiques du deutérium sont réalisées in situ (dans le compartiment) avant chaque démarrage. Les seuils maximum par types d'impuretés acceptées sont définis dans une procédure d'assurance qualité (AQ-06-117-P ind. J) dont les seuils admissibles sont les suivants :

Types d'impuretés	Concentrations maxi acceptables	Teneur moyennes réelles lors des analyses
Oxygène	< 10 ppm	< 2 ppm
Azote	≤ 100 ppm	<10 ppm
Méthane	≤ 200 ppm	< 10 ppm
Humidité	≤ 20 ppm	< 12 ppm

2.3 Eau lourde

L'eau lourde en contact avec la paroi extérieure du compartiment C47 (doigt de gant H5) est déminéralisée.

La conductivité et le pH de l'eau sont contrôlés en permanence en ligne. Les caractéristiques de l'eau lourde sont : conductivité inférieure à 1,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et pH entre 4,6 et 5,6.

La turbidité et le titre de l'eau sont vérifiés de façon hebdomadaire (ainsi que la conductivité et le pH). Les valeurs garanties sont $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 4\text{mg/l}$ et le titre > 99,75 %. Les seuils de conformité sont définies dans la CPE N°36 ind. J.

L'eau lourde en contact avec l'enceinte extérieure est à une température comprise entre 20°C et 50°C en fonctionnement.

2.4 Azote

Lors de la vidange de la cellule et compte tenu de la mise en œuvre d'un gaz explosif (importance de l'absence d'impuretés), le volume est toujours inerté pour éviter la création d'atmosphères explosives et la pollution des parois. Cet inertage est réalisé par de l'azote, gaz neutre. Cet azote est issu d'un tank d'azote liquide, donc exempt d'impureté.

L'azote est aussi utilisé pour le rinçage et la dilution du deutérium ainsi que pour le balayage des tuyauteries.

Ce même azote est utilisé, lors des opérations de maintenance, pour casser le vide dans le compartiment doigt de gant H5.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

2.5 Air du hall

La bride de maintien, la manchette partie arrière doigt de gant et sa bride ont leurs parois extérieures en contact avec l'air ambiant du hall.

L'air du hall est de l'air ambiant traité par les centrales de la ventilation nucléaire.

Son hygrométrie est contrôlée et varie entre 30 et 60 % d'humidité.

Sa température évolue peu en fonction des saisons. En fonctionnement, elle est comprise entre 20 et 25°C.

C. Exploitation des compartiments

L'ensemble fonctionnel Source Froide Horizontale en pile (C47 et C48) fait partie de l'installation Source Froide Horizontale et est par conséquent exploité de façon commune avec les autres équipements auxquels il est relié et faisant partie de l'installation. De plus, le fonctionnement de l'installation est lié au fonctionnement du réacteur puisque le réacteur ne peut fonctionner si la source froide n'est pas en froid et la source froide ne doit pas être arrêtée si le réacteur est en puissance.

Cellule SFH (C48) :

La cellule en deutérium (C48) est en liaison avec la ligne D2, le thermosiphon, le condenseur, la ligne D2 chaude et le ballast. Ils forment ce que nous appelons le « circuit D2 ». En faisant refroidir le gaz au niveau du condenseur, celui se contracte puis se liquéfie et s'accumule sous forme de liquide dans la cellule. A la pression régulée de fonctionnement de 0,5 bar relatif, la cellule est remplie d'environ 6 litres de deutérium liquide à 24K. A l'arrêt, le gaz se réchauffe à la température ambiante et la pression remonte à 2,4 bars relatifs.

Le conditionnement de la cellule SFH est réalisé grâce au caisson « conditionnement D2 » de l'installation Source Froide Horizontale. Le schéma PID de l'installation est présenté en annexe 1. Les circuits de conditionnement de la cellule SFH sont représentés sur le plan Re9C35P0 000 ind. L.

Le conditionnement du circuit D2 (et par liaison la cellule SFH) est réalisé à l'aide de séquences semi-automatiques garantissant un déroulement des opérations strictement conforme à la procédure.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Depuis l'origine (1986), les conditions d'exploitation de l'installation Source Froide Horizontale n'ont pas été modifiées. Les deux situations de fonctionnement principales de l'installation sont :

- Source réchauffée: « circuit deutérium » à 2,4 bars relatifs,
- Source en froid: « circuit deutérium » à 0,5 bar relatif.

La surveillance permanente de ce compartiment est assurée par trois mesures de pression 971MP17 a, b, c. De plus, la pression est régulée via l'information du capteur de pression 971MP16. Ces informations sont disponibles sur le synoptique en salle de contrôle réacteur.

En fonctionnement (source en froid), les mesures 971MP17 font sortir des alarmes pression très haute à 1,35 bar rel. La mesure 971MP16 fait sortir une pression basse à 0,4 bar rel et une pression haute à 0,6 bar rel.

Doigt de gant H5 (C47) :

Le doigt de gant H5 (C47), pour assurer l'isolation thermique, est tiré au vide par l'intermédiaire de pompes à vide et maintenu en continu à une pression de l'ordre de $5 \cdot 10^{-6}$ mbar abs (schéma en annexe 1). Le conditionnement du compartiment du doigt de gant est réalisé grâce au caisson « pompage » de l'installation Source Froide Horizontale. Les circuits de conditionnement et le schéma PID sont les mêmes que pour la cellule.

Le conditionnement des circuits « Vide » (dont le vide doigt de gant) est réalisé à l'aide de séquences semi-automatiques garantissant un déroulement des opérations strictement conforme à la procédure.

Depuis l'origine (1986), les conditions d'exploitation de l'installation Source Froide Horizontale n'ont pas été modifiées. Les deux situations de fonctionnement principales de l'installation sont :

- Source réchauffée: « circuit vide doigt de gant » entre 10^{-5} et 10 mbar abs,
- Source en froid: « circuit vide doigt de gant » entre 10^{-7} et 10^{-4} mbar abs.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

La surveillance permanente de ce compartiment doigt de gant est assurée par des mesures de vide 970MP21 et 970MP22 et par trois mesures de pression 970MP26 a, b, c. La mesure 970MP21 fait sortir un défaut « mauvais vide » à 2.10^{-4} mbar et « très mauvais vide » à 1.10^{-3} mbar. La mesure 970MP22 fait sortir un défaut « défaut circuit ddg » à 2.10^{-2} mbar et « très mauvais vide » à 1.10^{-2} mbar. Les mesures 970MP26a, b, c font sortir un défaut à 1,33 mbar absolu qui arrête le réacteur. Ce contrôle permet la détection d'un mauvais vide cryogénique autour de la cellule, mais aussi une fuite de deutérium, une entrée d'eau ou d'azote.

Ces informations sont disponibles sur le synoptique en salle de contrôle réacteur et sont enregistrées en permanence.

D. Localisation des compartiments

Ces compartiments se trouvent à l'intérieur du bâtiment réacteur, en partie dans le compartiment C11 du bloc pile, en partie dans la piscine réacteur, en partie dans la paroi béton de la piscine et en partie dans le hall du niveau C dans une casemate, au niveau du plan médian cœur.

La partie arrière (C47) formée par la bride de maintien et la manchette partie arrière doigt de gant est accessible en casemate (réacteur à l'arrêt et courte durée).

La cellule SFH (C48) n'est pas accessible puisque logée à l'intérieur du compartiment doigt de gant.

E. Accessoires de sécurité associés

Le risque de surpression du compartiment C47 provient principalement soit d'une rupture de la cellule D2 (et vaporisation du D2 liquide) soit de l'accumulation d'un fluide par pompage cryogénique (eau, azote) et sa vaporisation lors du réchauffage.

Le compartiment C47 est en fonctionnement sous un vide secondaire. Il est protégé en pression par le disque de rupture 970DR02. Une soupape 970SS01 installée en série et en aval du disque permet de limiter le rejet en cas d'éclatement du disque (refermeture) et de contrôler la pression du volume créé (baisse = fuite du disque).

Il se situe sur la tuyauterie de conditionnement du compartiment C47 dans le caisson de pompage SFH. La soupape est installée sur le circuit collecteur du disque à l'extérieur du caisson de pompage. Ce sont les accessoires de sécurité associés au compartiment.

Le disque de rupture 970DR02, de marque Marston Palmer, est taré à 3,7 bars. La soupape 970SS01, de marque Circle Seal, est, elle, tarée à 0,28 bar. Leur montage en série et la pressurisation de l'espace entre les deux accessoires (0,27 bar) conduit à une protection du compartiment à 4 bars relatifs.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

Le risque de surpression du compartiment C48 provient principalement soit d'un sur-remplissage du circuit D2 soit de la fermeture des vannes 971V18 ou 971V49 alors que la cellule n'est pas réchauffée.

Le compartiment C48 est en fonctionnement entre 0,5 et 2,4 bars relatifs. Il est protégé par le disque de rupture 971DR03. Une soupape 971SS04 installée en série et en aval du disque permet de limiter le rejet en cas de fuite ou d'éclatement du disque (refermeture) et de contrôler la pression du volume créé (hausse = fuite du disque). Cette espace est appelé « espace inter-membrane ».

Il se situe sur la tuyauterie de la ligne D2 dans le caisson sous ballast SFH. La soupape 971SS04 est installée sur la ligne collectrice du disque à l'extérieur du caisson sous ballast (sur le skid de conditionnement). Ce sont les accessoires de sécurité associés au compartiment.

Le disque de rupture 971DR03, de marque Marston Palmer, est taré à 3,7 bars. La soupape 971SS01, de marque Circle Seal, est tarée à 2,48 bars. Leur montage en série et la pressurisation de l'espace inter-membrane à 0,3 bar conduit à une protection du compartiment C48, à une pression relative de 4 bars).

Remarque : en cas de rupture du disque, le deutérium est confiné à une pression de 2,48 bars par la soupape.

III. Justification de l'incapacité à réaliser les actions réglementaires sur les compartiments

A. Contexte

Tel que déjà traité dans le document se rapportant à l'équipement « bloc pile », les textes réglementaires (AM ESPN de décembre 2005) s'appliquent à l'équipement multi compartiments « bloc pile ». Compte tenu de l'inadaptation de la réglementation à un tel équipement complexe et le fait que cet équipement soit un néo-soumis, l'ILL demande un aménagement pour le suivi en service de cet équipement et détaille ses demandes spécifiques par compartiment.

Nous reportons ainsi les exigences réglementaires sur les compartiments concernés, ici les compartiments C47 et C48.

En résumé, les gestes réglementaires sont :

- Une inspection périodique (IP) tous les 40 mois comportant les opérations de vérification externe de l'ESPN, de vérification interne du compartiment et de vérification et d'essais de fonctionnement de l'accessoire de sécurité installé sur le compartiment conformément à l'annexe 5 de l'arrêté ESPN et au POES.
- Une requalification Périodique (RP) tous les 10 ans comportant une inspection de requalification du compartiment, une épreuve hydraulique à PE=120 % PS du compartiment et la vérification de l'accessoire de sécurité associé conformément à l'annexe 6 de l'arrêté ESPN.

B. Obstacles à la réalisation des actions réglementaires

Vérification externe :

Pour rappel la vérification externe est celle de l'équipement « bloc-pile ». Par conséquent, pour ce qui concerne les compartiments C47 et C48, seuls les extérieurs de la bride de maintien doigt de gant et de la manchette partie arrière doigt de gant avec sa bride font l'objet d'une vérification visuelle tous les 40 mois et 120 mois.

Vérifications internes :

La vérification interne de chacun des compartiments nécessite un accès adéquat aux parois internes du compartiment. Certaines parois internes des compartiments sont des parois séparatrices avec d'autres compartiments.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 483	Page : 24/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

Compartiment doigt de gant H5 (C47) :

La vérification interne de ce compartiment n'est pas envisageable compte tenu des contraintes techniques pour accéder à ses parois (repères (1) et (2) sur schéma ci-après).

La particularité de l'installation par rapport aux autres doigts de gant plus classiques, est que plusieurs guides de neutrons (5) étant présents dans la partie arrière du doigt de gant, il n'a pas été possible physiquement d'installer des parties mobiles d'un bouchon assurant la protection biologique. Cette fonction a par conséquent été externalisée et est réalisée par un obturateur mobile (7) placé dans l'alignement du doigt de gant. Compte tenu de l'activité radiologique, notamment en fonctionnement, l'ensemble est placé dans une casemate en béton de protection. L'ensemble de ces équipements est conditionné sous vide pour permettre une libre circulation des neutrons et est aligné très précisément pour permettre l'acheminement des neutrons sans trop de perte par absorption dans les guides.

Le montage de ces pièces lourdes (10 t pour l'obturateur) dans des casemates exigües avec un alignement très précis nécessite plusieurs mois de travail (6 à 8 mois). De plus, l'empilement des éléments les uns derrière les autres (10) entraîne l'obligation de démonter toute la ligne sur 15 mètres de long pour accéder à l'intérieur des équipements au niveau de la partie arrière du doigt de gant.

De plus, compte tenu de la présence du guide en nickel dans le compartiment doigt de gant, l'activité résiduelle est supérieure à l'activité déjà présente pour les doigts de gant et encore plus défavorable pour ceux en Zircaloy. Les obstacles à la mise en œuvre de certaines actions réglementaires sur le compartiment résultent d'impossibilités techniques liées aux caractéristiques du compartiment et de son environnement.

Le retrait des éléments internes conduit à la création d'une « zone rouge » dans toute l'aire autour de la partie arrière du compartiment doigt de gant et interdit toute intervention humaine (débit de dose de l'ordre de 5000 mGy/h après deux mois d'arrêt avec une forte prépondérance des gammas du Zr95 de période 63 j).

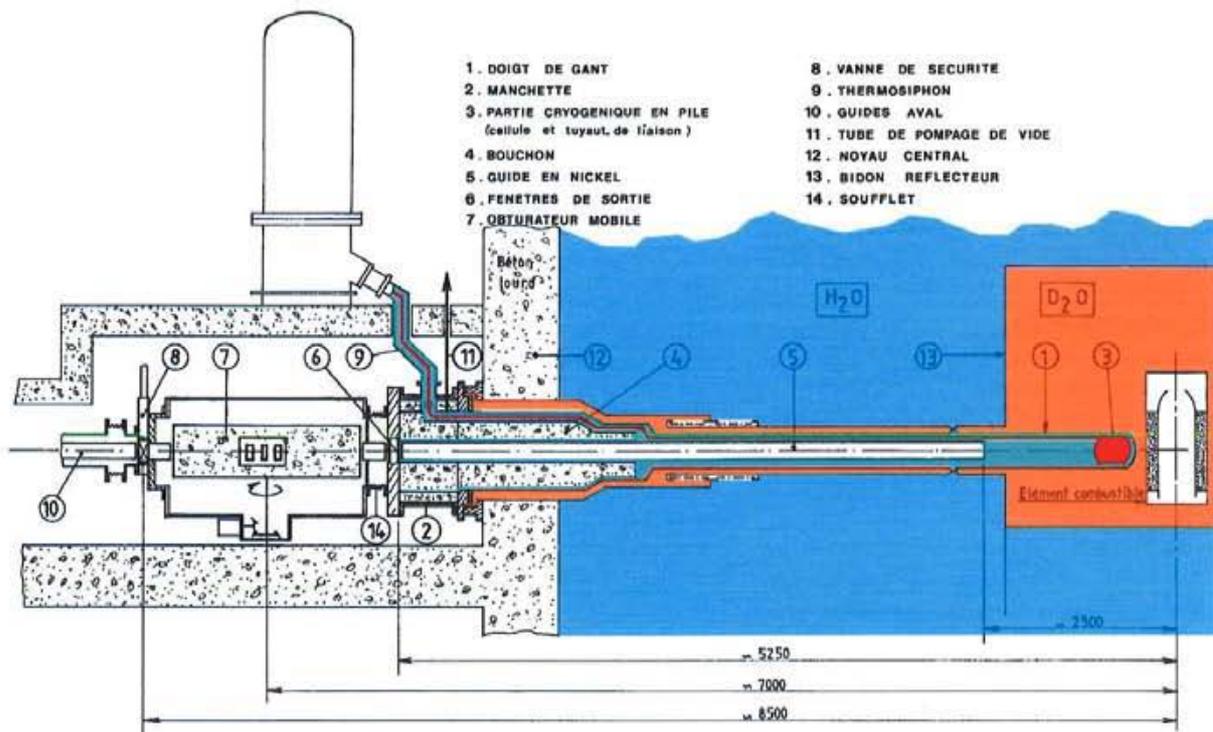
Or, la durée typique des « grands arrêts d'hiver » utilisés pour les chantiers de maintenance est de 100 jours.

Il est donc totalement illusoire en pratique, pour diminuer les contraintes radiologiques, d'utiliser la décroissance radioactive avant intervention lors de ces chantiers de maintenance.

Dans cette situation, les contraintes sont donc jugées inacceptables par l'exploitant.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0



Pour ces raisons techniques, l'inspection interne du compartiment n'est pas envisageable ni à 40 mois, ni à 120 mois.

Dans le cas rare où l'installation serait démontée, une inspection télé-visuelle des parois internes sera réalisée.

Compartiment cellule SFH (C48) :

La vérification interne de ce compartiment n'est pas envisageable compte tenu des contraintes techniques pour accéder à ses parois.

Le seul accès à l'intérieur de ce compartiment est la bride de connexion en partie arrière du doigt de gant. Compte tenu de l'installation, l'accès à celle-ci est très difficile du fait de la tuyauterie triple enveloppes à laquelle elle est connectée et l'imbrication des étanchéités. Pour accéder au démontage de cette bride, il est nécessaire de démonter toute la ligne ((10), (8), (7), (14), (6), (4) et (5)) d'équipements pour installer un outillage assurant le maintien en position de la bride et sa séparation avec la tuyauterie de descente. Les contraintes techniques sont les mêmes que pour l'inspection interne du compartiment C47.

De plus, si la bride de la cellule était accessible, l'inspection n'est pas réalisable compte tenu de la présence d'un tube interne (descente D2 liquide) présentant une petite dimension et des coudes à 90° rendant quasi impossible l'insertion d'une caméra sans détériorer l'état de surface du tube.

Pour ces raisons techniques, l'inspection interne du compartiment n'est pas envisageable ni à 40 mois, ni à 120 mois.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 483	Page : 26/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

Paroi séparatrice entre C47 et C11 :

Une partie de la paroi séparatrice entre C47 et C11 du côté du compartiment C11 est visible par une inspection télévisuelle de celui-ci. Cette partie se limite aux parties visibles dans le bloc pile et à partir de la zone centrale en dessous de la cheminée. Cette inspection est réalisée à l'aide d'un outillage inséré dans le bloc pile.

Epreuves :

Compartiment doigt de gant H5 (C47) :

Outre les impossibilités d'accès citées précédemment, la mise sous pression du doigt de gant ne peut être réalisée avec la cellule à l'intérieur (pas prévue pour résister à une pression extérieure). Le démontage de la cellule SFH n'est envisagé que dans une situation définitive (mise au rebut par découpage).

La mise en œuvre de fluide dans le doigt de gant doit être compatible avec l'aspect cryogénique de l'installation ce qui exclut l'utilisation de liquide. Une épreuve gaz de l'équipement n'est pas envisageable d'un point de vue sécurité.

L'objectif de l'épreuve hydraulique est de pouvoir détecter visuellement toute déformation rémanente ou fuite sur les parois pressurisées. Pour le compartiment, la mise en pression ne pourrait pas être associée à un contrôle visuel pertinent des parois du compartiment puisqu'une grande partie de sa surface est inaccessible pour des raisons radiologiques et d'accès physique.

Compartiment cellule SFH (C48) :

La mise en œuvre de fluide dans la cellule autre que du deutérium et de l'azote n'est pas envisageable et compatible avec l'aspect cryogénique de l'installation.

L'objectif de l'épreuve hydraulique est de pouvoir détecter visuellement toute déformation rémanente ou fuite sur les parois pressurisées. Pour le compartiment, la mise en pression ne pourrait pas être associée à un contrôle visuel pertinent des parois du compartiment puisque la totalité de sa surface est inaccessible pour des raisons radiologiques et d'accès physique. Une épreuve hors du doigt de gant, par exemple dans la cellule chaude de l'ILL n'est pas envisageable compte tenu de ses dimensions.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Conclusion partielle :

Les obstacles à la mise en œuvre de certaines actions réglementaires sur les compartiments C47 et C48 résultent de difficultés techniques liées à la configuration et à l'accessibilité des compartiments ainsi qu'à présence de matériaux irradiants.

L'inspection visuelle interne des compartiments, même de façon partielle et indirecte, conduit à des démontages, un débit de dose et une mise en indisponibilité (6 à 8 mois) du bloc pile non compatibles avec le fonctionnement du réacteur. De même, une épreuve des compartiments, outre l'aspect des indisponibilités conduit à la prise de risques pour les équipements (démontages, déconnexions, pollution, ...) disproportionnée par rapport aux enseignements qui pourraient être tirés de ces épreuves à 1,2 fois leur PS.

L'inspection de la paroi séparatrice entre C47 et C11, du côté C11, est elle réalisée tous les ans.

IV. Estimation de la probabilité de défaillance de l'ensemble fonctionnel SFH

Conformément aux conclusions de la réunion du 01/10/2014 avec la DEP en présence de la division de Lyon, courrier ASN-CODEP-LYON-2014-046990, nous prendrons la même méthodologie d'évaluation du risque de défaillance que pour l'équipement SFV3 (la conception de la SFH étant très similaire à la SFV3). En effet, l'application individuelle de la méthode d'estimation de la probabilité de défaillance aux compartiments C47 et C48 conduirait à un niveau de risque fort pour le compartiment C48 interne. L'ensemble fonctionnel SFH sera donc évalué non pas en considérant les compartiments C47 et C48 pris séparément mais en tant qu'ensemble fonctionnel global (C47, C48) et en présentant les éléments de démonstration du maintien du niveau de sécurité de l'équipement vis-à-vis du risque de défaillance porté par le seul compartiment C47.

L'analyse de sûreté (cf. fiches en annexe 2) de l'équipement SFH conduit aux classements suivants :

- Cellule (« gourde ») : EQS.
- Doigt de gant H5 (double enveloppe de la cellule) : EIS de rang 2.

Conformément à la méthodologie développée dans le cadre de cette analyse de sûreté, la défaillance des équipements EQS est susceptible de se produire dans la vie de l'installation, condition de fonctionnement de deuxième catégorie.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

La défaillance de la cellule étant postulée, « le maintien du niveau de sécurité de l'équipement vis-à-vis du risque de défaillance » est reporté sur la deuxième enveloppe, i.e. le doigt de gant H5 en Zircaloy. C'est la raison du classement de celui-ci comme EIS de rang 2. La défaillance d'un tel équipement étant considérée, au titre de la sûreté, comme une condition de fonctionnement de quatrième catégorie et, au titre de la pression, comme non « raisonnablement prévisible ».

Ce classement du doigt de gant H5 permet « d'exclure en pratique », au titre de la sûreté, la défaillance de l'équipement fonctionnel SFH, puisqu'il nécessite la défaillance simultanée des deux compartiments C47 et C48.

C'est donc bien le niveau de classement du seul compartiment C47, doigt de gant H5 en Zircaloy, qui doit être retenu pour l'équipement Source Froide Horizontale.

A. Composant doigt de gant H5

1. Facteur fabrication pour le composant doigt de gant H5

Tel que rappelé précédemment, l'ensemble fonctionnel Source Froide Horizontale était en dehors du champ d'application des décrets du 2 avril 1926 et du 18 janvier 1943 lors de sa fabrication en 1987 puisque mettant en œuvre des gaz à une pression inférieure à 4 bars.

Aujourd'hui, cet ensemble fonctionnel fait partie de l'équipement bloc pile qui est un ESPN néo-soumis à l'arrêté ESPN.

Dans le cas du suivi en service de cet équipement, l'exploitant doit rassembler les documents reconstituant un dossier descriptif pour justifier les caractéristiques des équipements.

Pour l'équipement bloc pile et en particulier pour le composant doigt de gant H5, le dossier descriptif actuel comprend :

- Plans de détail des parties constituant le composant doigt de gant H5 en Zircaloy.
- Note de calcul du composant doigt de gant H5.
- Spécification d'équipement ILL pour la réalisation du composant.
- Un dossier de fabrication du composant comprenant :
 - certificats matières,
 - cahier de soudage,
 - procès-verbaux de contrôle en fabrication (ressuage, radiographie, essais résistance mécanique, test étanchéité hélium, traitement de surface, ...).

La fabrication a été suivie par un organisme tierce partie (APAVE).



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ces éléments permettent le classement suivant :

Niveau de classement	Conditions à satisfaire	Choix
1	Equipement construit conformément à un code de construction ou à une norme harmonisée.	X
2	Equipement construit conformément aux règles de l'art, ou éléments pertinents reconstitués par l'exploitant sur la base de données du fabricant, quel que soit le référentiel de construction.	
3	Dossier de fabrication absent	
Niveau de classement final du facteur étudié		
1		

2. Facteur état pour le composant doigt de gant H5

Les compartiments de l'ensemble fonctionnel SFH (C47, C48) et a fortiori le composant doigt de gant H5, n'ont pas été l'objet de dysfonctionnement ou de dégradation depuis leur exploitation en 1987.

La contrainte retenue à la conception, dans le cadre de la démarche de sûreté dite de « défense en profondeur », du maintien du niveau de sécurité de l'équipement lors de l'explosion postulée d'un mélange stœchiométrique de deutérium et d'air a conduit à dimensionner le doigt de gant Zircaloy H5 (C47) à 19 bars absolus. Cette contrainte procure des marges très importantes, en particulier sur les épaisseurs mises en œuvre. De ce fait les modes de dégradation ou de vieillissement pris en compte et leurs évolutions en service sont très largement couverts par cette hypothèse de dimensionnement.

De plus, certains éléments de la cheminée et du porte combustible (les plus exposés et sensibles à l'usure) sont en Zircaloy-4 et ont été examinés lors de leur démontage (max 2800 JEPP pour la cheminée), sans indications notables de détérioration.

Des contrôles visuels de la paroi externe du doigt de gant H5 (paroi séparatrice entre C11 et C47) sont également réalisés lors des inspections télévisuelles annuelles du bloc pile. Une inspection télévisuelle de l'intérieur du doigt de gant H5 et de l'extérieur de la cellule SFH a été réalisée à l'occasion de modifications sur les guides de neutrons, en 2014.

Lors de ces inspections, aucune dégradation n'a été mise en évidence sur les parois externes et internes du composant doigt de gant H5.

Le doigt de gant H5 a été installé en 1987, le nombre de JEPP correspondant est 4116 au 1^{er} août 2014.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

Niveau de classement	Conditions à satisfaire	Choix
1	1° Equipement ne présentant aucune dégradation OU 2° Equipement présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant peut garantir de façon certaine que leur évolution en service, estimée de façon conservative, permet de maintenir les marges de sécurité du même ordre de grandeur que celles présentées à la conception OU 3° Equipement sensible à des modes de dégradation ou de vieillissement dont l'exploitant peut justifier qu'ils ont été spécifiquement pris en compte à la conception et garantir que leurs évolutions en service, estimée de façon conservative, restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception	X
2	Equipement non classé niveau 1 et présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant considère que leur évolution en service, estimée de façon conservative, confèrera à l'équipement, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue, une résistance du même ordre de grandeur que la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité.	
3	Equipement présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant ne peut garantir que leur évolution en service, estimée de façon conservative, confèrera à l'équipement une résistance au moins égale à la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue.	
Niveau de classement final du facteur étudié		
1		

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 483	Page : 31/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

3. Facteur dégradation pour le composant doigt de gant H5

Le retour d'expérience de l'ILL sur l'exploitation des compartiments en Zircaloy-4 est important. Le nombre d'années d'exploitation (43 ans) et les études d'experts disponibles nous permettent de considérer ce REX comme représentatif des dégradations rencontrées et attendues.

Une étude a d'ailleurs été menée par l'ILL dans les années 1970 sur le compartiment SFV. Celle-ci a permis de mettre en évidence la tenue mécanique et de longévité du Zircaloy-4 dans les conditions de fonctionnement normales et critiques de l'installation

L'exploitation de l'ensemble fonctionnel SFH est inchangée depuis son origine. Les pressions de fonctionnement, les températures, les gaz et leur pureté sont exactement identiques depuis les premières heures d'exploitation de la SFH. Les conditions d'exploitation sont encadrées par des paramètres de fonctionnement précis et mesurables. Ceux-ci sont maîtrisés et surveillés ce qui permet de considérer les conditions d'exploitation comme maîtrisées.

Les seules inspections réalisables et réalisées sont les visites des parois extérieures du doigt de gant Zircaloy H5 (paroi séparatrice entre C47 et C11).

3.1 Modes de dégradation

Les modes de dégradations pris en considération pour cette étude sont au minimum ceux décrits au §2 de l'annexe 1 de l'AM du 12/12/2005 :

- Fatigue thermique oligocyclique ou à grand nombre de cycles
- Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble
- Fatigue vibratoire
- Pics locaux de pression
- Contraintes mécaniques
- Phénomènes de corrosion localisée et généralisée
- Phénomènes thermo hydrauliques locaux nocifs
- Vidange de l'équipement en cas de rupture de tuyauterie
- Effets de l'irradiation sur le matériau.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

3.1.1 Fatigue thermique ou à grand nombre de cycles

Les variations de température du compartiment doigt de gant H5 (entre 20 et 60°C, température moyenne de la partie du doigt de gant dans le bloc pile, avec un maximum de 118°C très localement réacteur en fonctionnement cf. notes Re972N(p)12B et RHF 454) ont lieu lors des phases transitoires de démarrage et d'arrêt du réacteur. Pendant le fonctionnement, il n'y a pas de cyclage significatif de la température, le compartiment baignant dans l'eau lourde issue du combustible sans mélange d'eau. L'hélium dans le compartiment est en équilibre thermique avec les structures.

Le réacteur fonctionne par cycle de 50 jours à raison d'une moyenne de 4 cycles par an.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

3.1.2 Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble

Les soudures réalisées sur le doigt de gant H5 sont des soudures homogènes Zircaloy.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

3.1.3 Fatigue vibratoire

Les phénomènes vibratoires ont été étudiés à l'origine et lors de la re-fabrication de l'équipement bloc pile en 1994. Une maquette thermo-hydraulique a permis de vérifier les hypothèses et confirmer les résultats obtenus par calcul.

Lors de la mise en service du bloc pile en 1995, des mesures ont été réalisées sur des compartiments doigts de gant instrumentés afin de valider que les effets vibratoires étaient négligeables. (Rapport de Sureté RdS 2003, §233.6.3 point I et § 233.7.2.1).

Pour le doigt de gant H5, la probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est donc faible.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

3.1.4 Pics locaux de pression

Ce mode de dégradation ne concerne pas le doigt de gant H5 qui est maintenu en permanence sous vide.

Cependant en cas de rupture brutale de la cellule aluminium, la paroi du doigt de gant H5 se verrait mouillée par du deutérium liquide qui s'évaporerait très rapidement. Le transitoire de pression dans l'enceinte vide doigt de gant conduit à la rupture du disque DR02 et au déclenchement de la soupape SS01 jusqu'à revenir à sa valeur de tarage (pression relative de 0,28 bar). Or dans le cadre de la défense en profondeur vis-à-vis de la sûreté, ce doigt de gant est conçu pour résister à la pression d'explosion d'un mélange stœchiométrique d'hydrogène et d'air, soit 19 bars.

Ce mode de dégradation ne concerne donc pas le doigt de gant H5 même en cas de défaillance de la gourde. Il faut bien noter que dans ce cas l'équipement ne serait de toute façon plus remis en service et le deutérium serait évacué par l'intermédiaire du circuit de recompression.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

3.1.5 Fluage

La température maximale, en fonctionnement normal, pouvant être atteinte en peau du doigt de gant H5 Zircaloy-4 est largement inférieure à 275°C (Note Re972N(p)012B du 11 octobre 1985 et RHF454 ind.A du 5 août 2013). Or en dessous de 275°C le fluage du Zircaloy-4 est considéré comme négligeable quel que soit le temps de maintien (RCC-MRx 2012).

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

3.1.6 Concentrations de contraintes

Les concentrations de contraintes se produisent au voisinage d'un accident géométrique. La forme des composants du compartiment doigt de gant H5 est simple et régulière. Les contraintes dues aux situations de fonctionnement sont faibles.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

3.1.7 Phénomènes de corrosion localisée et généralisée

Le compartiment doigt de gant H5 est maintenu en vide.

Le composant doigt de gant en Zircaloy est en contact avec l'eau lourde. Le Zircaloy a subi des traitements de surface appropriés (protection par oxydation) lors de la fabrication du composant permettant de considérer la corrosion généralisée comme négligeable.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible

3.1.8 Phénomènes thermo-hydrauliques locaux nocifs

La circulation de l'eau lourde dans le compartiment bloc pile BP a fait l'objet d'étude, de simulations et de maquettes. Le flux d'eau est tranquilisé grâce au composant interne « grille rabattue » en partie basse du cône du compartiment bloc pile BP. La vitesse de circulation de l'eau lourde prise pour référence est celle mesurée autour des composants doigts de gant. Cette vitesse est inférieure à 0,5 m/s.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

3.1.9 Vidange de l'équipement en cas de rupture de tuyauterie

La vidange de l'équipement en cas de rupture de tuyauterie n'a pas d'incidence sur le compartiment.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

3.1.10 Vieillessement du matériau sous irradiation

L'irradiation du Zircaloy-4 par des neutrons rapides augmente la limite élastique et la limite à la rupture mais diminue l'allongement. Il apparaît une saturation à $5.1019 \text{ nr.cm}^{-2}$ environ. Cependant, après une dose de $5.1021 \text{ nr.cm}^{-2}$ (limite retenue en neutron rapide pour le Zircaloy-4), l'allongement total est encore de 10 %. Un tel allongement est suffisant pour tous les cas de charge mécanique, le comportement du Zircaloy sous irradiation n'est donc pas décisif pour un changement périodique du doigt de gant H5, la durée de vie étant de l'ordre de 200 ans à raison de 4 cycles de fonctionnement par an. A noter que la limite retenue historiquement à l'ILL de $5.1021 \text{ nr.cm}^{-2}$ est plus restrictive que celle préconisée actuellement par le RCCM-X qui est de $28.1021 \text{ nr.cm}^{-2}$.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

L'irradiation du Zircaloy dans notre cas, ne peut être considérée comme un mode de dégradation très influent, d'autant plus que le flux de neutrons rapides dans le réacteur RHF est très faible par rapport à celui des neutrons thermiques.

La connaissance fine par l'ILL des flux de neutrons et de leur spectre permet de suivre de façon relativement précise la fluence de la partie la plus exposée du composant doigt de gant.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

3.1.11 Effet des basses températures

Le doigt de gant H5 en Zircaloy est prévu pour fonctionner sous vide, par conséquent les transferts de T° entre la cellule aluminium et la paroi Zircaloy tendent vers 0. La température du doigt de gant est de l'ordre de 60°C en moyenne avec un maximum à 118°C, sans gradient thermique important dans l'épaisseur du Zircaloy (RHF454 et Re972N(p)012B). Les contraintes dues au gradient thermique sont donc totalement négligeables en situation normale.

Cependant en cas de rupture brutale de la cellule aluminium, la paroi du doigt de gant se verrait mouillée par du deutérium liquide à la température de 24 K. Des calculs thermiques et mécaniques (Re972N(p)010C) ont montré que, dans ces conditions accidentelles, le doigt de gant supporterait les contraintes thermiques sans que la limite élastique soit atteinte ; la déformation résultante serait faible et resterait dans le domaine élastique.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

3.2 Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles les compartiments sont potentiellement sensibles pour le composant doigt de gant H5

L'analyse de ce facteur est réitérée pour chaque mode de dégradation retenu.

L'exploitation de ce compartiment est maîtrisée (fluide, pression, température, fluence).

Les inspections réalisées sur le composant doigt de gant H5 sont très restreintes puisque seul un petit pourcentage de la surface extérieure est accessible. Aucune vérification intérieure ne peut être réalisée pendant sa durée de vie (limitée à 14400 JEPP) en exploitation.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

Fatigue thermique	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Fatigue vibratoire	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Effet basses températures	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

Concentration de contrainte	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Corrosion	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Phénomènes locaux	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Irradiation matériau	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 483	Page : 38/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

4. Résultat probabilité de défaillance pour le composant doigt de gant H5

Conformément au §2.2.4 du courrier CODEP-DEP-2013-034129, le risque de défaillance à retenir est le maximum des résultats obtenus pour le facteur fabrication, le facteur état et le facteur dégradation.

Rappel des cotations obtenues :

- Facteur fabrication : 1
- Facteur état : 1
- Facteur dégradation : 1

Le résultat de la probabilité de défaillance du composant doigt de gant H5 est un risque de défaillance « faible ».

B. Composants bride de maintien et manchette partie arrière H5

1. Facteur fabrication pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière

Concernant les composants bride de maintien et manchette partie arrière le dossier descriptif actuel comprend :

- Plans de détail des composants
- Spécifications d'équipements ILL pour la réalisation des composants
- Dossier de fabrication des composants comprenant :
 - Certificats matières
 - Procès-verbaux de contrôle en fabrication (ressuage, test étanchéité hélium, ...)

Niveau de classement	Conditions à satisfaire	Choix
1	Equipement construit conformément à un code de construction ou à une norme harmonisée.	
2	Equipement construit conformément aux règles de l'art, ou éléments pertinents reconstitués par l'exploitant sur la base de données du fabricant, quel que soit le référentiel de construction.	X
3	Dossier de fabrication absent	
Niveau de classement final du facteur étudié		
2		

2. Facteur état pour les composants bride de maintien et manchette arrière H5

Une Inspection extérieure de ces composants est réalisée tous les 40 mois. Lors de la dernière inspection, aucune dégradation n'a été mise en évidence.

Lors du dernier démontage du guide H5 (exceptionnel), l'inspection de l'intérieur de ces composants n'a montré aucune dégradation.

Niveau de classement	Conditions à satisfaire	Choix
1	<p>1° Equipement ne présentant aucune dégradation OU</p> <p>2° Equipement présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant peut garantir de façon certaine que leur évolution en service, estimée de façon conservatrice, permet de maintenir les marges de sécurité du même ordre de grandeur que celles présentées à la conception OU</p> <p>3° Equipement sensible à des modes de dégradation ou de vieillissement dont l'exploitant peut justifier qu'ils ont été spécifiquement pris en compte à la conception et garantir que leurs évolutions en service, estimée de façon conservatrice, restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception</p>	X
2	<p>Equipement non classé niveau 1 et présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant considère que leur évolution en service, estimée de façon conservatrice, confèrera à l'équipement, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue, une résistance du même ordre de grandeur que la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité.</p>	
3	<p>Equipement présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant ne peut garantir que leur évolution en service, estimée de façon conservatrice, confèrera à l'équipement une résistance au moins égale à la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue.</p>	
Niveau de classement final du facteur étudié		
1		

3. Facteur dégradation pour les composants bride de maintien et manchette arrière H5

Contrairement au composant doigt de gant H5, la bride de maintien et la manchette partie arrière de H5 sont peu sujettes aux sollicitations et aux dégradations. Cela est lié, à la nature même des matériaux utilisés (inox principalement) et de leur conditions de fonctionnements au regard de leur localisation dans l'installation.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

3.1 Modes de dégradation pour les composants bride de maintien et manchette arrière H5

Les modes de dégradations pris en considération pour cette étude sont au minimum ceux décrits au §2 de l'annexe 1 de l'AM du 12/12/2005 :

- Fatigue thermique oligocyclique ou à grand nombre de cycles,
- Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble,
- Fatigue vibratoire,
- Pics locaux de pression,
- Fluage,
- Concentrations de contraintes,
- Phénomènes de corrosion localisée et généralisée,
- Phénomènes thermo hydrauliques locaux nocifs,
- Vidange de l'équipement en cas de rupture de tuyauterie,
- Complétés par la prise en compte des effets de l'irradiation sur le matériau.

3.1.1 Fatigue thermique

Les variations de température du compartiment (entre 20 et 50 °C) ont lieu lors des phases transitoires de démarrage et d'arrêt du réacteur. Pendant le fonctionnement, il n'y a pas de cyclage significatif de la température. Par ailleurs les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5 se situent en dehors du bloc pile. Leurs parois externes sont en contact avec l'air ambiant du niveau C tandis que leurs parois internes sont en contact avec le vide du compartiment doigt de gant. Ce dernier est à l'équilibre thermique avec les structures.

Le réacteur fonctionne par cycle de 50 jours à raison d'une moyenne de 4 cycles par an.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

3.1.2 Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble

La bride de maintien et la manchette partie arrière de H5 ne possèdent pas de soudures.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

3.1.3 Fatigue vibratoire

La bride maintien doigt de gant est solidaire des bridages arrière et de la paroi piscine réacteur. C'est un ensemble rigide non soumis à des vibrations.

La manchette partie arrière de H5 est fixée sur la bride de maintien et n'est pas soumise à des sollicitations mécaniques vibratoires.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

3.1.4 Pics locaux de pression

Les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5 sont maintenus sous vide en permanence.

Cependant en cas de rupture brutale de la cellule aluminium, la paroi du doigt de gant H5 (y compris manchette et bride de maintien) se verrait mouillée par du deutérium liquide qui s'évaporerait très rapidement. Le transitoire de pression dans l'enceinte vide doigt de gant conduit à la rupture du disque DR02 et au déclenchement de la soupape SS01 jusqu'à revenir à sa valeur de tarage (pression relative de 0,28 bar). Or dans le cadre de la défense en profondeur vis-à-vis de la sûreté, la manchette et la bride de maintien sont conçues pour résister à la pression issue d'une explosion borax, soit 10 bars.

Ce mode de dégradation ne concerne donc pas les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5 même en cas de défaillance de la gourde. Il faut bien noter que dans ce cas l'équipement ne serait de toute façon plus remis en service et le deutérium serait évacué par l'intermédiaire du circuit dédié.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

3.1.5 Fluage

Compte tenu de leurs configurations et de leurs températures de fonctionnement, les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5 ne peuvent pas répondre à ce mode de dégradation.

Manchette partie arrière H5 (Inox+AG3net)	Bride de maintien (Inox)
Température ambiante du hall réacteur 25°C	Température de l'eau lourde en contact du doigt de gant et l'eau piscine en contact avec la manchette : maximum : 50°C

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

Sur la base du Chapitre RB3216 du RCCM Rx la température maximale à partir de laquelle la notion de fluage est à considérer pour de l'inox est de 425°C.

De même pour l'AG3net, la température maximale à partir de laquelle la notion de fluage est à considérer pour l'AG3net est de 50°C.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

3.1.6 Concentrations de contraintes

Les concentrations de contraintes se produisent au voisinage d'un accident géométrique. La forme du composant bride de maintien est simple et régulière. La manchette partie arrière de H5 travaille en permanence en pression externe de 1 bar. Les contraintes dues aux situations de fonctionnement sont faibles.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

3.1.7 Phénomènes de corrosion localisée et généralisée

Les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5 sont continûment en contact, soit avec l'air ambiant du bâtiment réacteur pour les parties externes, soit avec du vide pour les parties internes, dont les caractéristiques sont telles qu'aucun phénomène de dégradation ne peut se produire.

Les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5 sont fabriqués en inox principalement et aluminium ce qui permet de considérer que la corrosion généralisée est négligeable.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

3.1.8 Phénomènes thermo-hydrauliques locaux nocifs

Aucune circulation de fluide.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

3.1.9 Vidange de l'équipement en cas de rupture de tuyauterie

La vidange de l'équipement en cas de rupture de tuyauterie n'a pas d'incidence sur le compartiment.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

3.1.10 Vieillessement du matériau sous irradiation

La bride de maintien doigt de gant et la manchette partie arrière de H5 sont positionnées dans une zone peu exposée au flux (bien inférieur à la limite d'irradiation négligeable définie dans le RCCM-Rx) permettant de considérer que la probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

3.2 Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5 sont potentiellement sensibles

L'analyse de ce facteur est réitérée pour chaque mode de dégradation retenu.

L'exploitation de ces composants est maîtrisée (fluide, pression, température, fluence).

Les inspections réalisées sur ces composants sont partielles puisque seule la surface extérieure est inspectée. Aucune vérification intérieure n'est réalisée pendant sa durée de vie en exploitation (ou exceptionnellement).

Fatigue vibratoire	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Concentration de contrainte	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

Corrosion	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Phénomènes locaux	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Irradiation matériau	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

4. Résultat probabilité de défaillance pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5

Conformément au §2.2.4 du courrier CODEP-DEP-2013-034129, le risque de défaillance à retenir est le maximum des résultats obtenus pour le facteur fabrication, le facteur état et le facteur dégradation.

Rappel des cotations obtenues :

- Facteur fabrication : 2
- Facteur état : 1
- Facteur dégradation : 1

Le résultat de la probabilité de défaillance est un risque de défaillance moyen.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 483	Page : 45/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

V. Equivalence du niveau de sécurité par rapport à celui qui serait établi par réalisation des mesures de droit commun

A. Préambule

Comme indiqué dans le courrier CODEP-DEP-2013-034129 au §2.3.1, la méthode développée et proposée par le groupe d'exploitants est jugée acceptable par l'ASN pour justifier d'un niveau de sécurité au moins équivalent à l'application des mesures strictement réglementaires.

Cette méthode de cotation est présentée en annexe du courrier COR ARV 3SE INS 13-003 du groupe inter exploitant AREVA/CEA/EDF/ILL/ITER.

L'ensemble des modes de dégradation inventoriés précédemment conduisent globalement à quatre phénomènes de dégradation :

- La fissuration amorcée en surface extérieure
- La fissuration amorcée en surface intérieure
- La perte d'épaisseur amorcée en surface extérieure
- La perte d'épaisseur amorcée en surface intérieure

Vis à vis de chacun des 4 phénomènes de dégradation listés, la somme des performances globales des gestes retenus (gestes réglementaires GR effectués le cas échéant + gestes compensatoires GC effectués) doit être supérieure ou égale à la somme des performances globales obtenue par application de la réglementation (annexes 5 et 6 de l'arrêté ESPN) diminuées des performances globales des dispositions préventives DP.

$$\sum PG_{(GC \text{ proposés} + GR \text{ réalisé})} \geq \sum PG_{GR} - \sum PG_{DP}$$

L'application de cette méthode permet de déterminer et d'obtenir par application des gestes compensatoires, un niveau de sécurité au moins égal à celui obtenu par application des dispositions réglementaires.

B. Performances gestes réglementaires du composant doigt de gant H5

Les performances des gestes réglementaires (GR) sont établies par l'utilisation du tableau 5.1 de l'annexe 1 du courrier COR ARV 3SE INS 13-003.

Tableau 1

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR1 : vérification extérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP ($\alpha=2$)	PI1=3 PG1=6	PI2=1 PG2=2	PI3=4 PG3=8	PI4=1 PG4=2
GR2 : vérification intérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP ($\alpha=2$)	PI1=1 PG1=2	PI2=3 PG2=6	PI3=1 PG3=2	PI4=4 PG4=8
GR3 : Epreuve hydraulique décennale 1,2PS des récipients ($\alpha=1$)	PI1=2 PG1=2	PI2=2 PG2=2	PI3=2 PG3=2	PI4=2 PG4=2
Σ PG				
Récipient à IP à 40 mois et RP à 10 ans	Σ PG1 _{GR} =10	Σ PG2 _{GR} =10	Σ PG3 _{GR} =12	Σ PG4 _{GR} =12

Les actions réglementaires identifiées comme ne pouvant pas être réalisées sur le composant doigt de gant H5 considéré sont :

- Vérification intérieure 40 mois (GR2)
- Epreuve hydraulique décennale (GR3)

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

1. Performances gestes compensatoires du composant doigt de gant H5

Les gestes compensatoires identifiés au tableau 6 de l'annexe 1 du courrier COR ARV 3SE INS 13-003 et retenus par l'ILL pour ce compartiment sont :

- GC1 : suivi permanent des paramètres physiques internes (pression, température). Par conception, en exploitation les paramètres physiques internes sont quasi constants. En effet le compartiment doigt de gant H5 (C47) est maintenu en permanence sous vide et instrumenté pour suivre sa pression interne. Un seuil de pression haute (1,33 mbar) fait remonter une alarme en salle de contrôle. La température est fixée par l'eau lourde dans laquelle le doigt de gant H5 baigne. La température d'eau lourde est suivie en permanence par la salle de contrôle, celle-ci étant une mesure importante pour la conduite du réacteur. Une analyse périodique par spectrométrie de masse permet d'analyser les pressions de gaz résiduels dans le vide et détecter la présence d'humidité à un niveau très bas.
- GC2 : Test d'étanchéité par suivi de pression interne. Le volume est mis sous vide et isolé. Toute fuite est décelée par une remontée de vide.

Tableau 2

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GC1 : suivi permanent des paramètres physiques internes	PI1=1 PG1=4	PI2=1 PG2=4	PI3=1 PG3=4	PI4=1 PG4=4
GC2 : Test d'étanchéité par suivi de pression interne	PI1=1 PG1=4	PI2=1 PG2=4	PI3=1 PG3=4	PI4=1 PG4=4
Σ PG _{GC} proposés	Σ PG1 _{GC} =8	Σ PG2 _{GC} =8	Σ PG3 _{GC} =8	Σ PG4 _{GC} =8

2. Performances des dispositions préventives du composant doigt de gant H5

Les dispositions préventives identifiées au tableau 7 de l'annexe 1 du courrier COR ARV 3SE INS 13-003 et retenues par l'ILL pour les compartiments sont :

- DP1 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne. Le compartiment est maintenu en permanence sous vide ce qui nous garantit une innocuité vis-à-vis de la perte d'épaisseur en surface interne. Toute remontée de vide est immédiatement détectée et provoque des alarmes en salle de contrôle et des actions correctives.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

- DP2 : Maitrise des caractéristiques chimiques des fluides externes. Le fluide extérieur au compartiment doigt de gant H5 Zircaloy est l'eau lourde du compartiment bloc pile dont les caractéristiques sont maîtrisées et contrôlées en permanence, en particulier la mesure du pH et de la conductivité de l'eau lourde, conformément à la RGE n° 0. Ces informations sont reportées sur le système de traitement des alarmes, en salle de contrôle, sur la Baie de Signalisation BS5 bloc 1 verrines 14 et 7. Les agents de quart les relèvent également à chaque poste. Enfin un contrôle indépendant du pH et de la conductivité est effectué chaque semaine par le chimiste de la DRe. D'autre part, chaque semaine également, une analyse radiologique est effectuée par le service de radioprotection et de surveillance de l'environnement. Cette analyse, par spectrométrie gamma, est de fait équivalente à une analyse par activation, donc extrêmement sensible. Elle permet de contrôler, à très bas niveau, la pureté de l'eau lourde. Aucune perte d'épaisseur n'est attendue.

- DP3 : Retour d'expérience et étude d'expert (rapport RHF 517) montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisé n'est à craindre. Le Zircaloy est utilisé dans le réacteur depuis l'origine (1ere divergence en 1971) pour ses propriétés physiques mécaniques et sa tenue au flux. Le retour d'expérience sur ces pièces, notamment la partie basse de la cheminée et le porte combustible montre qu'aucune dégradation n'est observable suite à leur démontage. Il en est de même pour la première Source Froide Verticale que la SFV3 a remplacé. De nombreuses études d'expert (dont RHF 517) ont montré le bon comportement du Zircaloy pour des conditions d'exploitations relativement faibles que sont celles du RHF (température d'eau de 50°C, peu de neutrons rapides, pression faible). Une inspection minutieuse des faces externes du compartiment est réalisée tous les ans lors de la visite télévisuelle. Aucune dégradation n'a aujourd'hui été observée.

Tableau 3

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
DP1 : maîtrise des caractéristiques chimique du fluide interne	PG1=0	PG2=0	PG3=0	PG4=3
DP2 : maîtrise des caractéristiques chimique du fluide externe	PG1=0	PG2=0	PG3=3	PG4=0
DP3 Retour d'expérience et étude d'expert montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisé n'est à craindre	PG1=3	PG2=3	PG3=3	PG4=3
Σ PG DP proposés	Σ PG1 _{DP} =3	Σ PG2 _{DP} =3	Σ PG3 _{DP} =6	Σ PG4 _{DP} =6

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

3. Analyses des performances et des niveaux de sécurité du composant doigt de gant H5

L'analyse des niveaux de sécurité apportés par les dispositions retenues (exigences réglementaires conservées + disposition compensatoires effectuées) sont à comparer avec les niveaux de sécurité apportés par application de la réglementation (exigences réglementaires strictes) diminués des dispositions préventives.

Cette inégalité à respecter peut se présenter sous la forme suivante :

$$\sum PG_{(GC \text{ proposés} + GR \text{ réalisés})} \geq \sum PG_{GR} - \sum PG_{DP}$$

3.1 Performances des dispositions retenues du composant doigt de gant H5

Dans une première approche, nous considérons qu'aucun geste réglementaire ne peut être réalisé.

Tableau 4

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR réalisés	PG1=0	PG2=0	PG3=0	PG4=0
GC proposés (tableau 2)	PG1 _{GC} =8	PG2 _{GC} =8	PG3 _{GC} =8	PG4 _{GC} =8
$\sum PG_{(GC \text{ proposés} + GR \text{ réalisés})}$	PG1=8	PG2=8	PG3=8	PG4=8

3.2 Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives du composant doigt de gant H5

Tableau 5

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR (tableau 1)	PG1 _{GR} =10	PG2 _{GR} =10	PG3 _{GR} =12	PG4 _{GR} =12
DP proposés (tableau 3)	PG1 _{DP} =3	PG2 _{DP} =3	PG3 _{DP} =6	PG4 _{DP} =6
$\sum PG_{GR} - \sum PG_{DP}$	PG1=7	PG2=7	PG3=6	PG4=6

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

3.3 Comparaisons des performances du composant doigt de gant H5

Cette comparaison est faite par phénomène de dégradation :

- Détection fissuration externe : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 8 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 7$
- Détection fissuration interne : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 8 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 7$
- Détection perte épaisseur externe : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 8 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 6$
- Détection perte épaisseur interne : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 8 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 6$

Les inéquations sont respectées et valident que les dispositions retenues apportent un niveau de sécurité au moins équivalent aux exigences de l'arrêté.

3.4 Conclusion niveau de sécurité du composant doigt de gant H5

L'estimation de probabilité de défaillance obtenue pour nos compartiments est évaluée à un niveau « faible ».

Conformément au paragraphe 2.3.2 du courrier ASN CODEP-DEP-2013-034 129, la méthode utilisée est suffisante pour démontrer que le niveau de sécurité pour le composant doigt de gant H5 est conforme.

C. Performances gestes réglementaires pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5

Les performances des gestes réglementaires (GR) sont établies par l'utilisation du tableau 5.1 de l'annexe 1 du courrier COR ARV 3SE INS 13-003.

Tableau 1

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR1 : vérification extérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP ($\alpha=2$)	PI1=3 PG1=6	PI2=1 PG2=2	PI3=4 PG3=8	PI4=1 PG4=2
GR2 : vérification intérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP ($\alpha=2$)	PI1=1 PG1=2	PI2=3 PG2=6	PI3=1 PG3=2	PI4=4 PG4=8
GR3 : Epreuve hydraulique décennale 1,2PS des récipients ($\alpha=1$)	PI1=2 PG1=2	PI2=2 PG2=2	PI3=2 PG3=2	PI4=2 PG4=2
Σ PG Récipient à IP à 40 mois et RP à 10 ans	Σ PG1 _{GR} =10	Σ PG2 _{GR} =10	Σ PG3 _{GR} =12	Σ PG4 _{GR} =12

Les actions réglementaires identifiées comme ne pouvant pas être réalisées sur les composants considérés sont :

- Vérification intérieure 40 mois (GR2)
- Epreuve hydraulique décennale (GR3)

Dans le cadre de l'exercice appliqué spécifiquement aux composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5, une inspection réglementaire (vérification extérieure) de ces composants est réalisable et valorisée dans ce cas particulier.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

1. Performances gestes compensatoires pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5

Les gestes compensatoires identifiés au tableau 6 de l'annexe 1 du courrier COR ARV 3SE INS 13-003 et retenus par l'ILL pour ce compartiment sont :

- GC1 : suivi permanent des paramètres physiques internes (pression, température). Par conception, en exploitation les paramètres physiques internes sont quasi constants. En effet le compartiment doigt de gant H5 (C47) est maintenu en permanence sous vide et instrumenté pour suivre sa pression interne. Un seuil de pression haute (1,33 mbar) fait remonter une alarme en salle de contrôle. La température est fixée par l'eau lourde dans laquelle le doigt de gant H5 baigne. La température d'eau lourde est suivie en permanence par la salle de contrôle, celle-ci étant une mesure importante pour la conduite du réacteur. Une analyse périodique par spectrométrie de masse permet d'analyser les pressions de gaz résiduels dans le vide et détecter la présence d'humidité à un niveau très bas.
- GC2 : Test d'étanchéité par suivi de pression interne. Le volume est mis sous vide et isolé. Toute fuite est décelée par une remontée de vide.

Tableau 2

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GC1 : suivi permanent des paramètres physiques internes	PI1=1 PG1=4	PI2=1 PG2=4	PI3=1 PG3=4	PI4=1 PG4=4
GC2 : Test d'étanchéité par suivi de pression interne	PI1=1 PG1=4	PI2=1 PG2=4	PI3=1 PG3=4	PI4=1 PG4=4
Σ PG _{GC proposés}	Σ PG1 _{GC} =8	Σ PG2 _{GC} =8	Σ PG3 _{GC} =8	Σ PG4 _{GC} =8



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

2. Performances des dispositions préventives pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5

Les dispositions préventives identifiées au tableau 7 de l'annexe 1 du courrier COR ARV 3SE INS 13-003 et retenues par l'ILL pour ce compartiment sont :

- DP1 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne. Le compartiment est maintenu en permanence sous vide ce qui nous garantit une innocuité vis-à-vis de la perte d'épaisseur en surface interne. Toute remontée de vide est immédiatement détectée et provoque des alarmes en salle de contrôle et des actions correctives.

Tableau 3

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
DP1 : maîtrise des caractéristiques chimique du fluide interne	PG1=0	PG2=0	PG3=0	PG4=3
Σ PG _{DP} proposés	Σ PG1 _{DP} =0	Σ PG2 _{DP} =0	Σ PG3 _{DP} =0	Σ PG4 _{DP} =3

3. Analyses des performances et des niveaux de sécurité pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5

L'analyse des niveaux de sécurité apportés par les dispositions retenues (exigences réglementaires conservées + disposition compensatoires effectuées) sont à comparer avec les niveaux de sécurité apportés par application de la réglementation (exigences réglementaires strictes) diminués des dispositions préventives.

Cette inégalité à respecter peut se présenter sous la forme suivante :

$$\Sigma PG_{(GC \text{ proposés} + GR \text{ réalisé})} \geq \Sigma PG_{GR} - \Sigma PG_{DP}$$

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

3.1 Performances des dispositions retenues pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5

Dans notre approche particulière aux composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5, nous considérons que la vérification extérieure (GR1) peut être réalisée.

Tableau 4

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR réalisés	PG1=6	PG2=2	PG3=8	PG4=2
GC proposés (tableau 2)	PG1 _{GC} =8	PG2 _{GC} =8	PG3 _{GC} =8	PG4 _{GC} =8
Σ PG (GC proposés+GR réalisés)	PG1=14	PG2=10	PG3=16	PG4=10

3.2 Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5

Tableau 5

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR (tableau 1)	PG1 _{GR} =10	PG2 _{GR} =10	PG3 _{GR} =12	PG4 _{GR} =12
DP proposés (tableau 3)	PG1 _{DP} =0	PG2 _{DP} =0	PG3 _{DP} =0	PG4 _{DP} =3
Σ PG _{GR} - Σ PG _{DP}	PG1=10	PG2=10	PG3=12	PG4=9



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

3.3 Comparaisons des performances pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5

Cette comparaison est faite par phénomène de dégradation :

- Détection fissuration externe : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 14 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 10$
- Détection fissuration interne : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 10 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 10$
- Détection perte épaisseur externe : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 16 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 12$
- Détection perte épaisseur interne : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 10 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 9$

Les inéquations sont respectées et valident que les dispositions retenues apportent un niveau de sécurité au moins équivalent aux exigences de l'arrêt.

3.4 Conclusion niveau de sécurité pour les composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5

L'estimation de probabilité de défaillance obtenue pour notre compartiment est évaluée à un niveau « moyen ».

Le paragraphe 2.3.3 du courrier ASN CODEP-DEP-2013-034129 demande que l'exploitant justifie que la méthode est adaptée aux composants considérés et particulièrement que les modes de dégradations étudiés pour l'équipement ne conduisent pas à d'autres effets que ceux pris en compte dans la méthode.

Les rapports d'expert RHF n° 519 (Inox) et RHF n° 516 (AG3net), ainsi que les conditions d'utilisation des composants bride de maintien et manchette partie arrière de H5 (vide en interne, air ambiant contrôlé du réacteur) permettent de justifier que les modes de dégradations considérés pour l'équipement ne conduisent pas à d'autres effets que ceux pris en compte dans la méthode, et donc de justifier que cette méthode est bien adaptée.

D. Conclusion niveau de sécurité pour l'ensemble fonctionnel SFH (C47 et C48)

Il a été démontré au § V que le « maintien du niveau de sécurité de l'équipement vis-à-vis du risque de défaillance » est assuré par le doigt de gant H5 (double enveloppe en zircaloy).

De plus, les § V.B. 3.4 et V.C. 3.4 ont montré que les dispositions compensatoires et préventives pour le compartiment doigt de gant H5 apportaient un niveau de sécurité au moins équivalent aux exigences de l'arrêté et que la méthode était adaptée.

Par conséquent, le maintien du niveau de sécurité vis-à-vis du risque de défaillance pour l'équipement fonctionnel SFH (C47 et C48) est assuré.

E. Evaluation des conséquences de défaillance

Dès sa mise en place, l'ensemble fonctionnel Source Froide Horizontale a été pris en compte dans les scénarios d'accidents vis-à-vis de la sûreté.

Le chapitre 31 du nouveau rapport de sûreté relatif à l'analyse de sûreté par conditions de fonctionnement, précise les conséquences engendrées suite à rupture de la cellule aluminium quel que soit l'état de fonctionnement du réacteur associé.

Les scénarios envisagés pour les sources froides de l'ILL et pris en compte au travers du rapport de sûreté sont les suivants :

- rupture de la gourde aluminium,
- bouchage du thermosiphon,
- perte du circuit cryogénique sur les sources froides.

Ces trois scénarios ainsi que leurs conséquences sont détaillés dans les tableaux ci-après extraits du rapport de sûreté : → Annexe 2

1. Facteur conséquence sur les travailleurs

La défaillance du compartiment cellule (C48) n'entraîne pas de conséquences en dehors du doigt de gant H5 en Zircaloy.

De par conception, même une vaporisation du deutérium liquide dans le compartiment enceinte Zircaloy n'entraîne pas d'évacuation de fluide vers l'extérieur.

La défaillance du compartiment cellule (C48) n'a pas de conséquence sur les travailleurs.

La défaillance du compartiment doigt de gant H5 Zircaloy (C47) qui est en permanence sous vide n'entraîne pas de conséquence sur le travailleur. Elle provoque l'arrêt de l'installation.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

2. Facteur conséquence sur l'environnement

Aucune des défaillances ne conduit à un rejet de fluide radioactif vers l'extérieur.

3. Facteur conséquence sur d'autres EIP

La défaillance d'un des compartiments n'a pas de conséquence sur d'autre EIP.

Dans le cadre de la défense en profondeur, le compartiment doigt de gant H5 en Zircaloy a été conçu pour résister à l'explosion d'un mélange stœchiométrique de deutérium et d'oxygène afin de ne pas impacter le cœur dans cette éventualité.

VI. Conclusions

La démarche présentée ci avant s'appuyant sur la méthodologie proposées par l'ASN dans son courrier CODEP-DEP-2013-034129 nous permet de demander des conditions particulières d'application du titre III du décret 99-1046 au récipient « bloc pile » et son dispositif expérimental SFH (compartiments C47 et C48).

En rappel, le doigt de gant H5 en Zircaloy a été conçu pour résister à une pression interne de 19 bars, largement supérieure à la pression de service (PS) du compartiment. Ce point est à prendre en compte dans la prise en compte de la robustesse de la disposition préventive n°3 pour le composant doigt de gant.

En pratique, ces aménagements sont rappelés ci-après en trois types d'opérations :

- Opérations d'exploitation, d'entretien et de surveillance,
- Inspections périodiques sous la responsabilité de l'exploitant
- Requalifications périodiques sous la responsabilité d'un OHA.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Opérations d'exploitation, d'entretien et de surveillance

Le POES mis en œuvre, prend notamment en compte les éléments d'engagement pris dans le présent RHF 483. Pour rappel, les opérations particulières proposées sont :

- Suivi permanent des paramètres physiques internes du compartiment C47 : mesure de vide secondaire et mesure de température ;
- Test d'étanchéité par suivi de pression interne du compartiment C47 ;
- Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne au compartiment C47 ;
- Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe au compartiment C47 ;
- Maîtrise et maintien des paramètres d'exploitation permettant de garantir le respect des plages de fonctionnement prises en compte dans les études d'expert ;
- Limitation volontaire de la durée de vie du composant doigt de gant à 14400 JEPP

L'ensemble de ces données est classé et archivé dans le dossier d'exploitation.

Inspections périodiques sous la responsabilité de l'exploitant

Les inspections périodiques, compte tenu de notre évaluation des mécanismes d'endommagements possibles et de notre REX pour le compartiment C47, seront réalisées avec une périodicité fixée à 40 mois. L'inspection périodique sera réalisée sous la responsabilité de l'exploitant et comprendra :

- Une vérification externe partielle du compartiment C47 (partie avant du composant doigt de gant H5 dans le bloc pile) réalisée au titre de la vérification intérieure du compartiment C11 et de la paroi séparatrice entre C47 et C11,
- Une vérification externe du compartiment C47 (bride maintien et manchette partie arrière) réalisée au titre de la vérification extérieure de l'équipement « bloc pile » multi-compartiment.
- Vérification externe et essai de manœuvrabilité de l'accessoire de sécurité 970SS01 du compartiment C47.
- Vérification externe de l'accessoire de sécurité 970DR02 du compartiment C47.

	Rapport RHF n° 483	Page : 59/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

Requalification périodiques sous la responsabilité d'un OHA

L'intervalle des requalifications périodiques concernant l'équipement « bloc pile » multi-compartiments, ne contenant pas de fluide toxique ou corrosif pour les parois est fixé à 10 ans. La requalification périodique sera réalisée sous la responsabilité d'un OHA et comprendra, pour l'ensemble fonctionnel « Source Froide Horizontale » i.e. pour le compartiment C47 considéré :

- Une vérification externe partielle du compartiment C47 (partie avant du composant doigt de gant H5 dans le bloc pile) réalisée au titre de la vérification intérieure du compartiment C11 et de la paroi séparatrice entre C47 et C11.
- Une vérification externe du compartiment C47 (bride maintien et manchette partie arrière) réalisée au titre de la vérification extérieure de l'équipement « bloc pile » multi-compartiment.
- Requalification des accessoires de sécurité 970SS01 et 970DR02.
- La vérification des éléments définis dans le présent document (RHF 483) concernant :
 - o Demandes de dispenses de gestes réglementaires pour :
 - Vérification interne tous les 40 mois du compartiment C47
 - Vérification interne tous les 120 mois du compartiment C47.
 - Epreuve hydraulique tous les 120 mois du compartiment C47.
 - o Respect des conditions particulières proposées en regard des dispenses ci-dessus :
 - Suivi permanent des paramètres physiques internes du compartiment C47 : mesure de vide secondaire et mesure de température ;
 - Test d'étanchéité par suivi de pression interne du compartiment C47 ;
 - Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne au compartiment C47 ;
 - Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe au compartiment C47 ;
 - Maîtrise et maintien des paramètres d'exploitation permettant de garantir le respect des plages de fonctionnement prises en compte dans les études d'expert ;
 - Limitation volontaire de la durée de vie du composant doigt de gant à 14400 JEPP.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

- La vérification de l'adéquation et de l'existence du POES pour le compartiment C47 lié à l'ensemble fonctionnel « Source Froide Horizontale » et pour les autres compartiments de l'équipement « bloc pile » impactés (C11, ...).
- La vérification de la présence des éléments de preuve attendus par le RHF 483 et les POES dans le dossier d'exploitation.

A la fois dans le cadre de cette analyse mais aussi dans le cadre d'une maîtrise des risques industriels d'exploitation, l'ILL envisage d'ici 2021 de remplacer l'ensemble fonctionnel Source Froide Horizontale par un ensemble neuf de rechange. Cet ensemble fonctionnel doit être fabriqué dans le nouveau cadre réglementaire d'une réparation d'un ESPN et de la fabrication de composants de rechange neufs.

Conformément aux directives du courrier CODEP-DEP-2013-034129 la réévaluation de l'analyse sera réalisée avant chaque requalification.



NEUTRONS
FOR SCIENCE
DIVISION REACTEUR

Rapport RHF n° 483

Page : 61/71

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

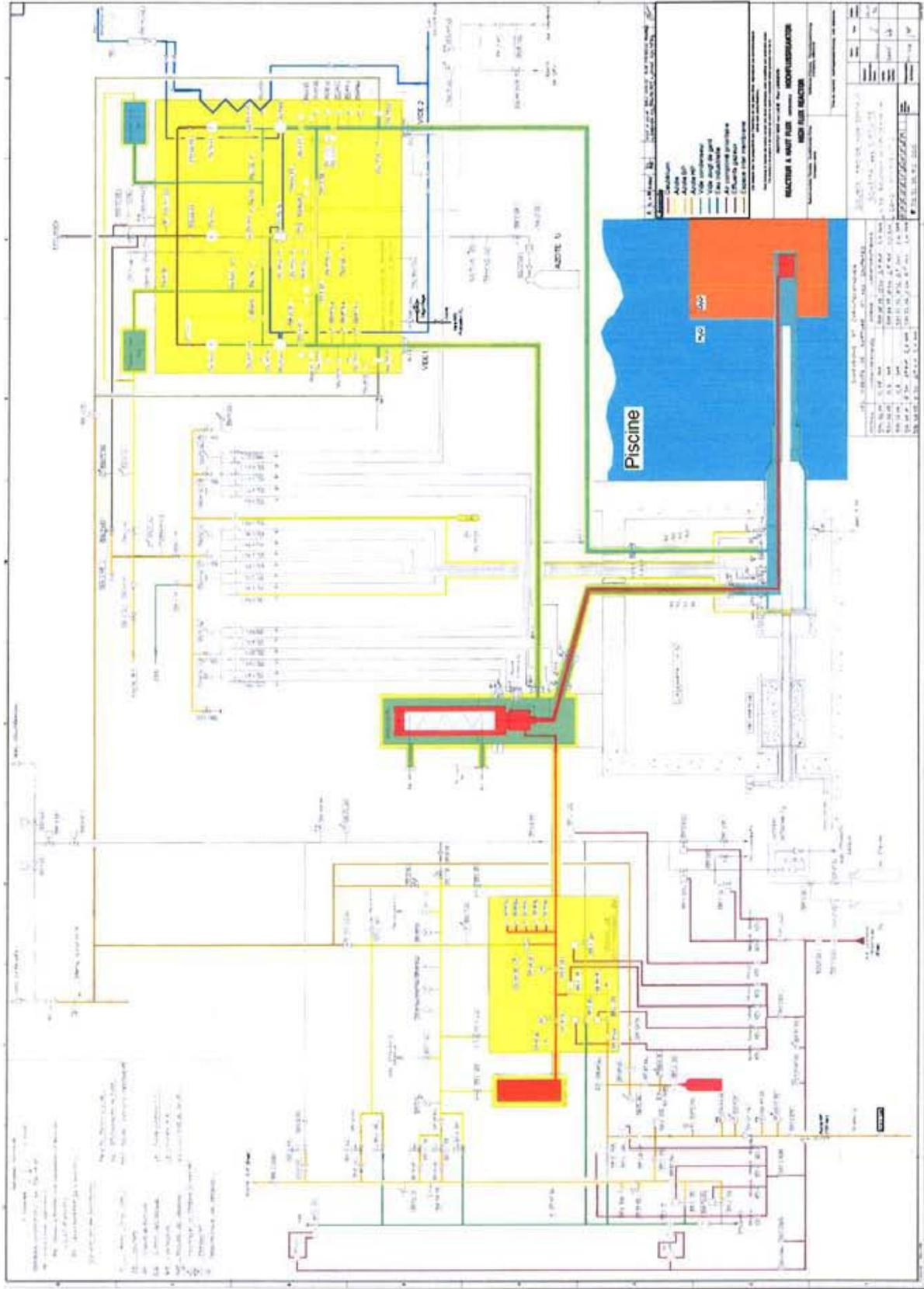
Ind. 0

Annexe 1

Schéma de l'installation



TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)



 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 483	Page : 63/71
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)	Ind. 0

ANNEXE 2

Fiches analyse des conditions de fonctionnement
extraites du rapport de sûreté

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

IDENTIFICATION DE L'EVENEMENT

CF2.DE.1

Procédé : dispositifs expérimentaux.

Système fonctionnel : sources froides.

Evénement Initiateur Hypothétique : rupture de la cellule (« gourde ») aluminium.

Etat réacteur associé : tous états.

CLASSEMENT DE L'EVENEMENT

Catégorie de dimensionnement : CF2.

Eléments particuliers : Les essais effectués sur des échantillons en A5 n'ont montré aucune redistribution du silicium formé sous irradiation. Cette formation de silicium n'a entraîné aucune modification des propriétés mécaniques, en particulier allongement à la rupture.

Justification du classement : la cellule en aluminium n'a pas de durée de vie spécifiée et malgré les « chargements » particuliers, irradiation, thermique, pression, elle n'est pas visitable pour inspecter régulièrement son état. Il n'est donc pas possible de considérer cette barrière autrement que comme une ligne de défense faible. La rupture est donc bien susceptible de se produire dans la vie de l'installation ce qui justifie le classement en CF2.

ANALYSE DU SCENARIO

Fonction de sûreté impactée : confinement.

Lignes de défense sollicitées :

- **Détection** :
 - SFV : mesures de pression « vide bouchon » 919 PIAC 02 a, b, c ;
 - SFH : mesures de pression « vide doigt de gant » 970 MP 26 a, b, c ;
 - SFH : mesures de vide 970 MP 36 et de pression 970 MP 22 ;
- **Confinement** :
 - SFV : enceinte Zircaloy « chaussette » ;
 - SFH : doigt de gant H5 en zircaloy, disque DR02, soupape 970 SS01 et ligne « tarée » ;
- **Arrêt d'urgence** :
 - circuits de sécurité ;
 - barres de sécurités ;

Traitement : La rupture de la cellule implique la vaporisation brutale du deutérium liquide.

Les essais effectués à l'origine montrent que la contrainte thermique, due à l'écoulement de deutérium liquide sur l'enceinte en zircaloy, est faible (quelques dizaines de °C) donc sans impact sur la tenue mécanique de cette enceinte.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

- SFV : Un éventuel transitoire de pression dans l'enceinte vide bouchon, en cas de vaporisation très brutale, conduit à la rupture du disque DR01 et donc à la mise en communication de cet espace avec le reste du circuit D₂.
- SFH : Un éventuel transitoire de pression dans l'enceinte vide doigt de gant, en cas de vaporisation très brutale, conduit à la rupture de la membrane du disque DR02 et donc à un rejet partiel du deutérium jusqu'à revenir à la pression de déclenchement de la soupape, soit environ 0,28 bars relatifs.

Les études montrent par ailleurs que le deutérium qui se trouve dans l'enceinte à vide permet un refroidissement suffisant de la cellule pour limiter sa température à moins de 350 °C donc bien inférieure à la température de fusion de l'aluminium, même en l'absence d'arrêt du réacteur.

Le déclenchement en 2/3 de l'AU sur seuil haut pression, égal à 0,02 mbar sur la SFV et 1,33 mbar sur la SFH n'est donc pas requis pour des raisons de sûreté dans ce scénario.

Etat final : circuit vide bouchon ou vide doigt de gant en équilibre avec le circuit D₂, donc légèrement inférieur à 2 bars relatif sur la SFV et 2,4 bars relatifs sur la SFH.

ANALYSE COMPLEMENTAIRE EN APPLICATION DU CDU

Détections sollicitées : Les détections 919 PIAC 02 a, b, c et 970 MP 26 a, b, c déclenchent systématiquement en 2/3, conformes au critère de défaillance unique, et font l'objet de CEP, avant démarrage. Les détections 970 MP 22 et 36 sont redondantes et « hétérogènes » donc également conforme au critère de défaillance unique.

Barrières de confinement sollicitées :

- SFV :
 - L'enceinte zircaloy, la « chaussette », forme une double enveloppe passive autour de la gourde. Elle n'est donc pas soumise au critère de défaillance unique. L'isolement de la portion de circuit de pompage du vide bouchon, située dans PV2, pompage primaire et secondaire effectué avant mise en froid de la source, est assuré par deux vannes en série, donc conforme au critère de défaillance unique ;
 - Le disque de rupture DR01 est constitué d'une feuille mince, 0,05 mm en AG3. Elle rupte pour une surpression de 300 mbar côté vide bouchon par rapport à la pression du circuit D₂, soit pour une pression absolue de 1,8 bar en fonctionnement. Cette fonction est strictement passive à la sollicitation. Ce disque n'est donc pas soumis au CDU.
- SFH :
 - Le doigt de gant H5 forme une double enveloppe passive autour de la cellule. il n'est donc pas soumis au critère de défaillance unique. L'isolement du circuit de pompage du vide doigt de gant, située dans le caisson de pompage, est assuré de façon redondante, donc conforme au CDU, par la fermeture des vannes 970 V 25, sur déclenchement de la mesure de vide 970 MP 36, et 970 V 21, sur déclenchement de la mesure de pression 970 MP 22 ;
 - Le disque de rupture DR02, constitué d'une feuille inox, rupte pour une surpression de 3,7 bars relatifs. Cette fonction est strictement passive à la sollicitation. Ce disque n'est donc pas soumis au critère de défaillance unique ;



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

- La ligne tarée est surveillée en permanence par une mesure de pression PIAC 23. Elle aboutit en haut de la cheminée de 45 m pour éviter tout risque d'explosion. Lorsqu'elle joue son rôle d'évacuation de la surpression à la cheminée, elle n'est sollicitée que pendant quelques minutes, donc le critère de défaillance unique passif ne s'applique pas. Par contre si l'on applique le CDU à la soupape 970 SS01, ou si l'on fait une étude probabiliste de sa défaillance à l'ouverture (soupape à joint organique « collée ») le rejet du deutérium dans le hall réacteur ne peut être exclu. Il est donc envisagé de mettre une deuxième soupape, 970 SS01 bis, en parallèle de la première en redondance.

Arrêt d'urgence sollicité : il est déclenché en parallèle par l'ouverture du relais final de chacun des deux circuits de sécurité. Il est donc totalement conforme au critère de défaillance unique. Il implique de manière passive la chute des cinq barres de sécurité. Celles-ci chutent sous l'action de la gravité en étant propulsées par l'air comprimé situé dans le vérin pneumatique de la partie haute de la barre. La chute de seulement 4 des 5 barres de sécurité est largement suffisante pour permettre l'arrêt du réacteur.

Le déclenchement de l'AU dès le début de la vaporisation du deutérium « gomme » totalement l'aspect variation de réactivité, valeur enveloppe de -130 pcm sur la SFV, due à la disparition du D₂. Cette variation de réactivité étant relativement lente, elle serait de toute façon « absorbée » par le pilotage automatique.

Gravité des conséquences radiologiques :

- SHV : sans conséquence radiologique même en appliquant le CDU ;
- SFH : le rejet d'environ 60 % du tritium (1,4 bar des 2,4 bars initiaux), soit moins de 60 TBq, est inférieur à l'autorisation annuelle, donc de gravité G1 compatible avec la catégorie CF2.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

IDENTIFICATION DE L'EVENEMENT

CF2.DE.2

Procédé : dispositifs expérimentaux.

Système fonctionnel : sources froides.

Evénement Initiateur Hypothétique : bouchage du thermosiphon.

Etat réacteur associé : tous états.

CLASSEMENT DE L'EVENEMENT

Catégorie de dimensionnement : CF2.

Éléments particuliers : ce bouchage peut avoir deux causes principales :

solidification des impuretés contenues dans le D₂ ;

solidification du D₂ en cas de panne sur la boucle de régulation cryogénique hélium.

Justification du classement :

Impuretés : les procédures AQ 06-191 (SFV) et AQ 06-057 (SFH) impose une mesure des impuretés des bouteilles de deutérium utilisées avant remplissage des sources froides. De façon pénalisante on retient CF2 pour la double défaillance suivante : impuretés dans une bouteille neuve et défaillance d'application de la procédure ;

Solidification du D₂ : cela nécessite systématiquement une double défaillance sur la boucle de régulation du réfrigérateur. Ce circuit n'étant pas classé on considère de façon pénalisante qu'une double défaillance est de catégorie CF2.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Ind. 0

ANALYSE DU SCENARIO

Fonction de sûreté impactée : confinement.

Lignes de défense sollicitées :

- **Détection :**
 - SFV : mesures de pression « vide bouchon » 919 PIAC 02 a, b, c ;
 - SFH : mesures de pression « vide doigt de gant » 970 MP 26 a, b, c ;
 - SFH : mesures de vide 970 MP 36 et de pression 970 MP 22 ;
- **Confinement :**
 - SFV : enceinte Zircaloy « chaussette »;
 - SFH : doigt de gant H5 en Zircaloy.
- **Arrêt d'urgence :**
 - circuits de sécurité ;
 - barres de sécurités ;

Traitement : Le bouchage du thermosiphon entraîne la rupture de la cellule. En effet le deutérium qu'elle contient s'évapore en permanence sous l'action du chauffage nucléaire. Le blocage de l'écoulement du deutérium liquide va alors conduire à l'assèchement de la cellule et donc à sa rupture par défaut de refroidissement. Par contre, la cellule étant vide, sa rupture ne peut pas générer de transitoire de pression conduisant à la rupture des disques DR01 (SFV) et DR02 (SFH).

Les études montrent par ailleurs que le deutérium qui se trouve dans l'enceinte à vide, après la rupture de la cellule, permet un refroidissement suffisant de la cellule pour limiter sa température à moins de 350 °C donc bien inférieure à la température de fusion de l'aluminium, même en l'absence d'arrêt du réacteur.

Le déclenchement en 2/3 de l'AU sur seuil haut pression, égal à 0,02 mbar sur la SFV et 1,33 mbar sur la SFH n'est donc pas requis pour des raisons de sûreté dans ce scénario.

Etat final : circuit vide bouchon ou vide doigt de gant en équilibre avec le circuit D₂, donc légèrement inférieur à 2 bars relatif sur la SFV et 2,4 bars relatifs sur la SFH.

ANALYSE COMPLEMENTAIRE EN APPLICATION DU CDU

Détections sollicitées : Les détections 919 PIAC 02 a, b, c et 970 MP 26 a, b, c déclenchent systématiquement en 2/3, conformes au critère de défaillance unique, et font l'objet de CEP, avant démarrage. Les détections 970 MP 22 et 36 sont redondantes et « hétérogènes » donc également conforme au critère de défaillance unique.

Barrières de confinement sollicitées :

- SFV : l'enceinte zircaloy, la « chaussette », forme une double enveloppe passive autour de la gourde. Elle n'est donc pas soumise au critère de défaillance unique. L'isolement de la portion de circuit de pompage du vide bouchon, située dans PV2, pompage primaire et secondaire effectué avant mise en froid de la source, est assuré par deux vannes en série, donc conforme au critère de défaillance unique.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

- SFH : Le doigt de gant H5 forme une double enveloppe passive autour de la cellule. il n'est donc pas soumis au critère de défaillance unique. L'isolement du circuit de pompage du vide doigt de gant, située dans le caisson de pompage, est assuré de façon redondante, donc conforme au critère de défaillance unique, par la fermeture des vannes 970 V 25, sur déclenchement de la mesure de vide 970 MP 36, et 970 V 21, sur déclenchement de la mesure de pression 970 MP 22.

Arrêt d'urgence sollicité : il est déclenché en parallèle par l'ouverture du relais final de chacun des deux circuits de sécurité. Il est donc totalement conforme au critère de défaillance unique. Il implique de manière passive la chute des cinq barres de sécurité. Celles-ci chutent sous l'action de la gravité en étant propulsées par l'air comprimé situé dans le vérin pneumatique de la partie haute de la barre. La chute de seulement 4 des 5 barres de sécurité est largement suffisante pour permettre l'arrêt du réacteur.

Le déclenchement de l'AU dès le début de la vaporisation du deutérium « gomme » totalement l'aspect variation de réactivité, valeur enveloppe de -130 pcm sur la SFV, due à la disparition du D₂. Cette variation de réactivité étant relativement lente, elle serait de toute façon « absorbée » par le pilotage automatique.

Gravité des conséquences radiologiques : sans conséquence radiologique même en appliquant le Critère de Défaillance Unique.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

IDENTIFICATION DE L'EVENEMENT

CF2.DE.4

Procédé : dispositifs expérimentaux.

Système fonctionnel : sources froides.

Evénement Initiateur Hypothétique : surpression dans le circuit D₂.

Etat réacteur associé : tous états.

CLASSEMENT DE L'EVENEMENT

Catégorie de dimensionnement : CF2.

Éléments particuliers : deux initiateurs peuvent amener une surpression dans le circuit D₂ :

- une fermeture intempestive d'une des deux vannes V18 ou V49 pendant le réchauffage de la source ;
- une fuite dans le condenseur du circuit He dans le circuit D₂ qui, le réfrigérateur s'arrêtant, peut entraîner une pression d'équilibre de l'ordre de 6 bars.

Justification du classement : Les vannes étant bi-stable et verrouillées mécaniquement la probabilité est faible d'avoir une fermeture intempestive pendant la phase de réchauffage.

Par contre le condenseur étant très froid, avec de nombreux cyclage, on retient, sur la SFV, conventionnellement et de façon pénalisante la rupture d'un tube particulier en CF3 et donc pour des raisons probabilistes liées au nombre de ces tubes une rupture de l'un de ceux-ci en CF2.

Par analogie cette classification est conservée sur la SFH bien que le condenseur soit un condenseur à plaques.

ANALYSE DU SCENARIO

Fonction de sûreté impactée : confinement.

Lignes de défense sollicitées :

- **Détection** :
 - SFV : mesures de pression deutérium 919 PIAC 17 a, b, c ;
 - SFV : mesures de pression inter-membrane 919 PIAC 28 a, b, c ;
 - SFH : mesures de pression deutérium 971 PIAC 17 a, b, c ;
 - SFH : mesures de pression inter-membrane 971 PIAC 28 a, b, c ;
- **Arrêt d'urgence** :
 - circuits de sécurité ;
 - barres de sécurités ;
- **Confinement** :
 - organes de sécurité : disque de rupture (DR03), soupapes SS 04 et SS01 qui protègent le circuit D₂ d'une surpression ;
 - ligne « tarée » en légère surpression et inertée en permanence en azote.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C47 ET C48 (SOURCE FROIDE HORIZONTALE)**

Traitement : La surpression dans le circuit D₂ est évacuée à la cheminée de 45 m via la ligne tarée grâce à l'ouverture des organes de sécurité DR03 (membrane inox) et aux soupapes SS04 et SS01. Cela conduit à un rejet intempestif d'une fraction de l'activité tritium contenue dans la source froide.

La montée en pression dans le circuit D₂ et dans l'espace inter-membrane déclenche par ailleurs une chute de barres sur seuil très haut en 2/3 à 1,8 bar sur les 919 PIAC 17 ou 2,35 bars sur les 971 PIAC 17 et sur seuil très haut en 2/3 à 1,4 bar sur les 919 PIAC 28.

Comme dans les scénarii précédents, le non arrêt du réacteur conduit à l'assèchement de la cellule et donc à sa destruction par défaut de refroidissement, situation sans conséquence radiologique. Le déclenchement en 2/3 de l'AU n'est donc pas requis pour des raisons de sûreté dans ce scénario.

Etat final : réacteur à l'arrêt. Source réchauffée et isolée par fermeture de la soupape SS04.

ANALYSE COMPLEMENTAIRE EN APPLICATION DU CDU

Détections sollicitées : Les détections 919 ou 971 PIAC 17 a, b, c et 919 ou 971 PIAC 28 a, b, c déclenchent systématiquement en 2/3, donc conformes au critère de défaillance unique, et font l'objet de CEP, avant démarrage.

Barrières de confinement sollicitées :

- Le disque de rupture est constitué d'une feuille mince en inox. Elle se rompt sur une surpression de 3,5 (SFV) et 3,7 (SFH) bars relatifs côté circuit D₂. Cette fonction est strictement passive à la sollicitation. Ce disque n'est donc pas soumis au critère de défaillance unique.
- La ligne tarée est surveillée en permanence par une mesure de pression PIAC 23. Elle aboutit en haut de la cheminée de 45 m pour éviter tout risque d'explosion. Lorsqu'elle joue son rôle d'évacuation de la surpression à la cheminée, elle n'est sollicitée que pendant quelques minutes, donc le critère de défaillance unique passif ne s'applique pas. Par contre si l'on applique le CDU à la soupape SS04, ou si l'on fait une étude probabiliste de sa défaillance à l'ouverture (soupape « collée ») le rejet du deutérium dans le hall réacteur ne peut être exclu. Il est donc envisagé de mettre une deuxième soupape SS04 bis en parallèle de la première en redondance sur chacune des deux sources froides.

Arrêt d'urgence sollicité : il est déclenché en parallèle par l'ouverture du relais final de chacun des deux circuits de sécurité. Il est donc totalement conforme au critère de défaillance unique. Il implique de manière passive la chute des cinq barres de sécurité. Celles-ci chutent sous l'action de la gravité en étant propulsées par l'air comprimé situé dans le vérin pneumatique de la partie haute de la barre. La chute de seulement 4 des 5 barres de sécurité est largement suffisante pour permettre l'arrêt du réacteur.

Gravité des conséquences radiologiques : L'activité contenue dans la source froide verticale, la plus pénalisante, est inférieure à 275 TBq. Le rejet de la moitié de cette activité, dans le cas le plus pénalisant correspondant à la fermeture intempestive d'une des vannes et donc au rejet de la partie liquide au moment du réchauffage, est environ deux fois la limite annuelle de rejet en tritium. La gravité est donc G2 compatible avec la catégorie de fonctionnement CF2 retenue de façon pénalisante.