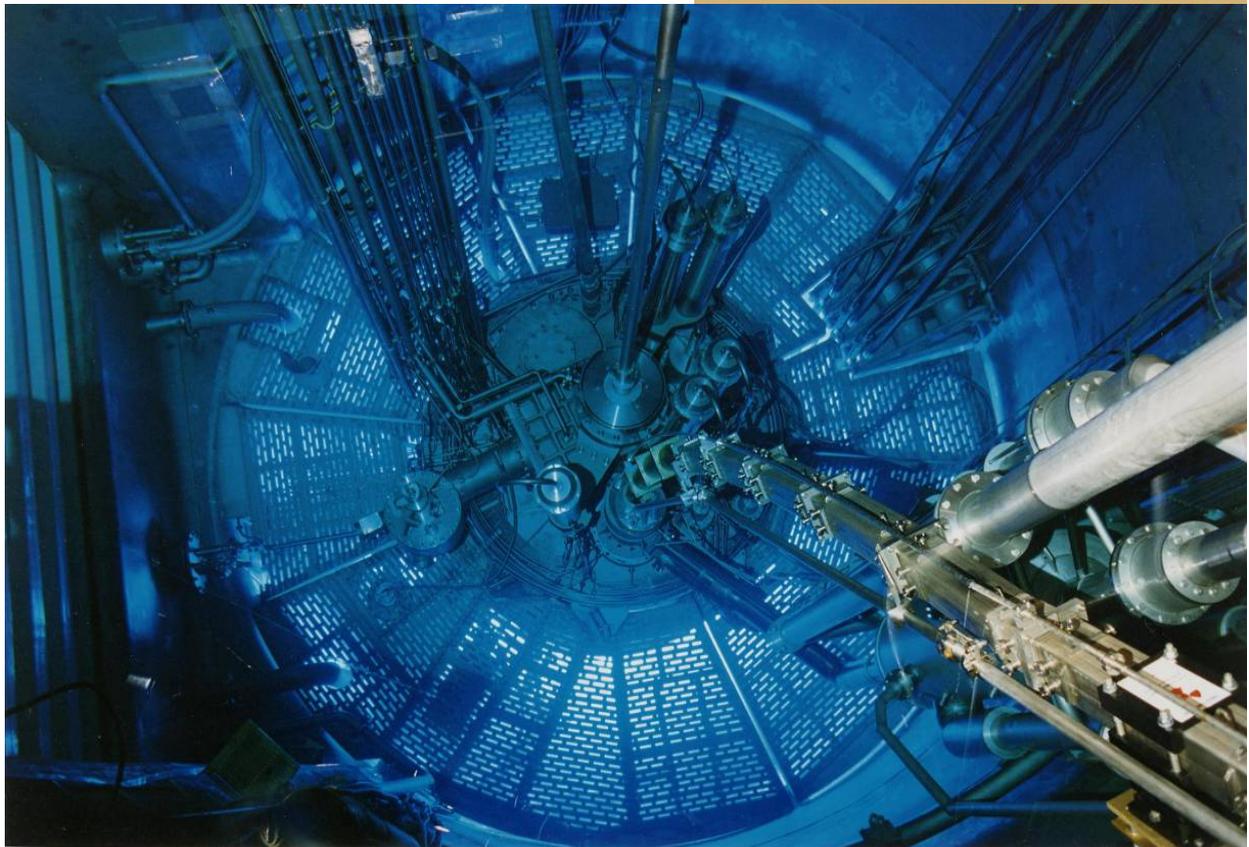


**Définition de conditions particulières
d'application du titre III du décret 99-1046
dans les compartiments du bloc pile
C 36, C37 et C40 (doigts de gant H3, H4, H8)#**





NEUTRONS
FOR SCIENCE
DIVISION REACTEUR

Rapport RHF n° 487

Page : 2/32

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)**

Ind. A

Champ d'application et résumé

Historique des évolutions

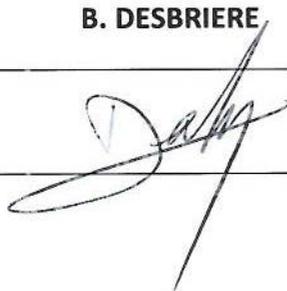
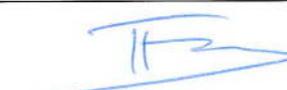
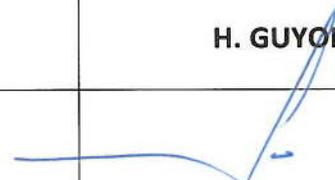
Indice	Date	Références	Commentaires/objet des évolutions d'indice
0	22/05/2014	DRe FG/gs 2014-0402	Création du document
A	09/12/2014	DRe BD/gl 2014-981	Modification suite à la réunion avec la DEP du 1/10/2014

Destinataires

Les signataires

Chefs de service et de groupe concernés :

Autres :

	Rédacteur	Vérificateur (s)	Approbateur
Nom	B. DESBRIERE	F. FRERY	H. GUYON
Visa			

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 3/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	

TABLE DES MATIERES

1	PREAMBULE/OBJECTIFS.....	5
2	DESCRIPTION DU COMPARTIMENT	5
2.1	Rôle du compartiment.....	5
2.2	Caractéristiques du compartiment	5
2.2.1	Caractéristiques du composant doigt de gant	7
2.2.2	Caractéristiques du composant bride de maintien doigt de gant.....	8
2.2.3	Caractéristiques du composant carter VS	9
2.2.4	Caractéristiques des fluides en contact avec le compartiment.....	10
2.2.5	<i>Caractéristiques des accessoires sous pression raccordés</i>	<i>11</i>
2.3	Exploitation du compartiment.....	12
2.4	Localisation du compartiment	12
3	JUSTIFICATION DE L'INCAPACITE A REALISER LES ACTIONS REGLEMENTAIRES SUR LE COMPARTIMENT.....	13
3.1	Contexte.....	13
3.2	Obstacles à la réalisation des actions réglementaires.....	14
3.2.1	Vérification externe	14
3.2.2	Vérification interne	14
3.2.3	Epreuve	14
3.2.4	Conclusion partielle	15
4	ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE	16
4.1	Facteur fabrication	16
4.2	Facteur état.....	17
4.3	Facteur dégradation.....	18
4.3.1	Modes de dégradation	19
4.3.2	Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles l'équipement est potentiellement sensible.....	21
4.4	Résultat probabilité de défaillance	23
5	EQUIVALENCE DU NIVEAU DE SECURITE DE L'EQUIPEMENT PAR RAPPORT A CELUI QUI SERAIT ETABLI PAR REALISATION DES MESURES DE DROIT COMMUN	23
5.1	Préambule.....	23
5.2	Performances gestes réglementaires	24
5.2.1	Performances gestes compensatoires	25
5.2.2	Performances des dispositions préventives	26
5.3	Analyses des performances et des niveaux de sécurité.....	27

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 4/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

5.3.1	Performances des dispositions retenues	27
5.3.2	Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives	28
5.3.3	Comparaisons des performances	28
5.3.4	Conclusion niveau de sécurité	28
5.4	Evaluation des conséquences de défaillance	29
5.4.1	Facteur conséquence sur les travailleurs	29
5.4.2	Facteur conséquence sur l'environnement	30
5.4.3	Facteur conséquence sur d'autres EIP	30
6	CONCLUSIONS	30

	Rapport RHF n° 487	Page : 5/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

1 PREAMBULE/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 les cas identiques de trois compartiments « doigts de gant » H3-C36, H4-C37 et H8-C40 qui présentent de fortes similitudes (en termes de formes, matières, conditionnement). 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, pour les compartiments H3-C36, H4-C37 et H8-C40.

2 DESCRIPTION DU COMPARTIMENT

Ce document est générique pour les trois compartiments semblables C36, C37 et C40. Afin d'être le plus concret possible, pour la suite du document, un exemple est pris avec le compartiment doigt de gant H3 (C36).

2.1 Rôle du compartiment

La fonction principale du doigt de gant est de permettre d'extraire les neutrons du cœur vers l'extérieur de la piscine. Il assure en partie avant une étanchéité de l'eau lourde par rapport à l'intérieur du compartiment doigt de gant et en partie arrière une étanchéité entre l'intérieur du compartiment doigt de gant en hélium et le hall du niveau C du bâtiment réacteur.

Afin d'améliorer la sûreté de l'installation, les doigts de gant sont pressurisés en pression d'hélium, ce qui diminue le delta de pression entre l'extérieur et l'intérieur du composant doigt de gant et permet aussi, en cas de défaillance du doigt de gant, de diminuer la vitesse de remplissage en eau du doigt de gant (donc la vitesse de variation de l'anti réactivité).

2.2 Caractéristiques du compartiment

Le compartiment doigt de gant est réalisé par l'assemblage boulonné de 3 composants :

- Le composant doigt de gant : c'est lui, par sa forme, qui donne le nom du compartiment. Il baigne dans l'eau lourde et est inséré dans la manchette.
- 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

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 6/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

et assure l'étanchéité du circuit eau lourde avec l'extérieur (hall du réacteur) et l'intérieur du doigt de gant. Elle prolonge la virole du doigt de gant.

- Le composant carter VS : ce carter, d'un point de vue de la pression, ferme le compartiment doigt de gant en se fixant sur la bride de maintien. C'est le seul accès au compartiment et permet par ses traversées la commande des mouvements des bouchons internes.

Ce compartiment est pressurisé en hélium en début de cycle à 1 bar. Cet hélium est un hélium industriel issu de bouteilles B50.

Caractéristiques	316RPH3	Unités
P. maximale admissible (PS)	1,2	Bar rel
P utilisation	0,8 à 1,2	Bar rel
P épreuve initiale (PE)	1,5 (composant doigt de gant) Pas d'information pour la bride de maintien et le carter VS	Bar rel
T°. maximale admissible (TS)	50 (localement 80°C)	°C
T° de fonctionnement	20 à 50 (localement 80°C)	°C
Volume (réel/effectif)*	350 / 150*	litres
Nature du fluide	Hélium industriel	
Groupe de dangerosité	2	
Activité (compartiment)	< 370	MBq
Catégorie de risque pression	II (par application du tableau 1)	
Niveau ESPN	<i>N2 en tant que compartiment de l'équipement bloc pile classé N2</i>	
Classification	EIS 1 pour la bride de maintien du doigt de gant EIS 2 pour le composant doigt de gant EIS 3 pour le carter VS	
Contrôle soudure	100% radio + 100% ressuage	

Ind. A

* D'un point de vue réglementaire il est admis que le volume à prendre en compte est le volume effectif du récipient en fonctionnement. Pour le cas du compartiment doigt de gant, le volume de l'enceinte résistant à la pression est de 350 litres. Par contre, le doigt de gant ne fonctionne jamais sans la présence, dès son installation dans le réacteur, d'un bouchon de protection. Le volume de ce bouchon est de 200 litres. Ainsi le volume effectif en fonctionnement du compartiment doigt de gant est 350-200= 150 litres.

	Rapport RHF n° 487	Page : 7/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

2.2.1 Caractéristiques du composant doigt de gant

Le composant doigt de gant est réalisé en aluminium AG3net (5754, AlMg3). Cet alliage possède des propriétés très intéressantes dont une certaine transparence aux neutrons, une faible activation et une tenue sous flux importante. L'ensemble des éléments du bloc sont constitués de cette matière.

2.2.1.1 Caractéristiques physiques

Le composant est un élément tubulaire constitué de plusieurs sections réalisées à partir de viroles et de pièces de jonctions dont l'extrémité est fermée par un embout de forme parallélépipédique. Il est installé en position horizontale. (Voir plans Re3C53 P6980, Re3C53GS P61008, Re3C53GS P61009 pour ddg H3).

Il mesure environ 4,46 m pour un diamètre maximal de la bride arrière de 655 mm. Cette bride est la bride principale et permet la fixation du doigt de gant.

La succession de portions est la suivante :

- Bride principale avec une épaisseur de collerette de 50 mm
- Virole d'épaisseur 15 mm, de diamètre intérieur Ø515 et de longueur 640 mm
- Réduction tronconique d'épaisseur 15 et de longueur 180 mm
- Virole d'épaisseur 15 mm, de diamètre intérieur Ø380 et de longueur 290mm avec un délardage d'une longueur de 40 mm au niveau de la portée de lunette pour atteindre une épaisseur de 10 mm.
- Réduction tronconique d'épaisseur 10 mm et de longueur 90 mm
- Virole d'épaisseur 6 mm, de diamètre intérieur 230mm et de longueur 1870mm
- Changement de forme cylindrique / rectangulaire d'épaisseur comprise entre 6 et 15 mm et une longueur de 40 mm.
- Tube rectangulaire d'épaisseur 6 mm, de largeur 62 mm intérieur de longueur 400mm et de hauteur 224 mm. La face avant du tube est de forme concave et présente une épaisseur de 2 mm.

La totalité des portions sont assemblées par assemblages permanents bout à bout et en pleines pénétrations.

Compte tenu du flux important du réacteur, dès l'origine il a été prévu de remplacer ce composant périodiquement. Il est par conséquent prévu d'être démontable et découpé en deux parties pour être évacué. La fréquence de remplacement actuelle, qui dépend du nombre de jours de fonctionnement du réacteur à *pleine puissance (JEPP)*, varie de 8 à 12 ans maximum.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 8/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

2.2.1.2 Caractéristiques conception - fabrication

Aucune réglementation relative aux équipements sous pression n'a jusqu'à maintenant été applicable à ce composant tant d'un point de vue conception, fabrication ou exploitation.

Sa conception d'origine a été réalisée en s'appuyant sur le code ASME III en 1969 et repris en 1992 selon l'ASME section III, division 1, matériel de classe 1.

La fabrication a été réalisée en conformité avec les spécifications de l'ILL (plan de réalisation).

Plusieurs notes de calcul ont été réalisées depuis l'origine justifiant la résistance mécanique du composant. La dernière s'appuie sur le code RCC-Mx. Référence de la note de calcul : DV_PPEL-F 2010 DC 10033 ind.C.

La fabrication de ce composant a été réalisée par un sous-traitant usineur de l'ILL (NUKEM) en 1984 puis modifié en 2003 par la société Girod Sisa en récupérant la partie arrière d'origine du doigt de gant raboutée à une partie avant neuve. Les composants DDG H3-C36, H4-C37 et H8-C40 ont été mis en place en janvier 2004 et ont, au 23 mai 2014, 1493 JEPP d'irradiation.

2.2.2 Caractéristiques du composant bride de maintien doigt de gant

Le composant bride de maintien doigt de gant est réalisé en inox.

2.2.2.1 Caractéristiques physiques

Le composant est une bride usinée avec trois faces/plans fonctionnels. Installée, son axe est à l'horizontal (Voir plan Re 3C 53 P6 111 planches 1 et 2).

Ses dimensions sont :

Ø ext : 830 mm

Ø int : 515 mm

Epaisseur : 93,5 mm

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

Les trous taraudés sur le diamètre intérieur permettent la fixation du carter VS.

Trois rainures à 120° permettent l'arrêt en translation du bouchon à l'intérieur du compartiment doigt de gant.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 9/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

2.2.2.2 Caractéristiques conception - fabrication

Aucune réglementation relative aux équipements sous pression n'a, jusqu'à maintenant, été applicable à ce composant tant d'un point de vue conception, fabrication ou exploitation.

Sa conception d'origine a été réalisée en s'appuyant sur le code ASME III en 1969 et repris en 1992 selon l'ASME section III, division 1, matériel de classe 1. En 2003 La conception a une nouvelle fois été revue suivant une note de calcul selon CODAP.

La fabrication a été réalisée en conformité avec les spécifications de l'ILL.

Plusieurs notes de calcul ont été réalisées depuis l'origine justifiant la résistance mécanique du composant. La dernière s'appuie sur le code RCC-Mx. Référence de la note de calcul : DV_PPEL-F 2010 DC 10033 ind. C.

La fabrication de ce composant a été réalisée par un sous-traitant usineur de l'ILL en 1995.

2.2.3 Caractéristiques du composant carter VS

Le composant carter VS est réalisé en aluminium AG3.

Il existe deux types de carter VS en fonction de la technologie de bouchon utilisée sur les doigts de gants lors des manipulations expérimentales (bouchon barillet ou rotor).

Les doigts de gant H3 et H8 sont équipés d'un bouchon rotor.

Le doigt de gant H4 est équipé d'un bouchon barillet.

2.2.3.1 Caractéristiques physiques

Le composant est un carter moulé dont l'ensemble des faces fonctionnelles ont été usinées. (Voir plan Re9C21 P03 59 bouchon rotor ou Re 9C 21 P01-06 bouchon barillet).

Leurs dimensions sont :

Carter VS Rotor	Carter VS Barrillet
Ø ext : 740 mm	Ø ext : 740 mm
Ø int : 250 mm	Ø int : 125 mm
Epaisseur : 110 mm	Epaisseur : 110 mm

Les perçages sur le diamètre extérieur permettent la fixation du carter sur la bride de maintien doigt de gant.

Les trous lamés sur le diamètre intérieur permettent la fixation de la vanne de sécurité.

Des ouvertures permettent le passage des mécanismes ainsi que le conditionnement du doigt de gant.

	Rapport RHF n° 487	Page : 10/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

2.2.3.2 Caractéristiques conception - fabrication

Aucune réglementation relative aux équipements sous pression n'a jusqu'à maintenant été applicable à ce composant tant d'un point de vue conception, fabrication ou exploitation.

Une note de calcul (cahier B, annexe B1, Bouchon central de protection, AL905N(p)201 ind. A) traite du carter VS.

La fabrication a été réalisée en conformité avec les spécifications de l'ILL.

La fabrication de ce composant a été réalisée par un sous-traitant usineur de l'ILL (ACB) en 1970.

2.2.4 Caractéristiques des fluides en contact avec le compartiment

Le compartiment est conditionné en permanence en pression d'hélium à 1 bar.

Le composant doigt de gant et le composant bride de maintien sont des parois séparatrices entre l'eau lourde du compartiment bloc pile BP (C11) et l'hélium.

Le composant carter VS est une paroi séparatrice entre l'air du hall et l'hélium.

2.2.4.1 Hélium

L'hélium utilisé pour le conditionnement du compartiment doigt de gant est issu d'une centrale de détente connectée à une rampe de bouteilles d'hélium industrielle. Cet hélium est approvisionné auprès du fournisseur Air Products par bouteilles B50. La qualité de gaz est « Hélium technique » 99,996% en conformité avec la spécification interne du producteur (O₂ < 3vpm – H₂O < 3vpm – N₂ < 10vpm).

Le conditionnement du compartiment doigt de gant est réalisé en tirant au vide le compartiment puis en le remplissant en hélium. Ce procédé permet de garantir que le compartiment doigt de gant est rempli à 100% d'hélium avec très peu d'air résiduel si le compartiment avait été mis à l'air libre.

Le gaz hélium dans le compartiment doigt de gant est la température d'équilibre de la paroi du doigt de gant et l'eau lourde dans laquelle il baigne. Cette température en service varie entre 20°C et 40°C.

2.2.4.2 Eau lourde

L'eau lourde mise en œuvre dans le compartiment bloc pile est de l'eau lourde déminéralisée.

La conductivité et le pH de l'eau sont contrôlés en permanence par des sondes. Ses caractéristiques sont : conductivité inférieure à 1.5µS.cm⁻¹ et pH entre 4,6 et 5,6.

	Rapport RHF n° 487	Page : 11/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

La turbidité et le titre de l'eau sont vérifiés de façon hebdomadaire. Les valeurs garanties sont $Al_2O_3 \leq 4mg/l$ et le titre $> 99,75 \%$.

L'eau en contact avec le composant doigt de gant est à une température entre 20 et 50°C en fonctionnement.

2.2.4.3 Air 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 varie peu en fonction des saisons. En fonctionnement, elle est comprise entre 20 et 23 °C.

2.2.5 Caractéristiques des accessoires sous pression raccordés

Une vanne dite de sécurité est raccordée sur le carter VS. Elle a pour rôle d'isoler le compartiment doigt de gant vis-à-vis de l'extérieur en cas de détection de fuite d'eau dans le doigt de gant. Cette fonction de sûreté permet de retrouver l'étanchéité globale du circuit primaire, eau lourde, en cas de fuite sur le composant doigt de gant.

Les vannes équipant les canaux sont des vannes spécifiques, fabriquées par le fournisseur VAT selon son savoir faire et selon la spécification ILL Re 3C 53 S 2044.

Ses caractéristiques principales sont :

- *Vannes du type tiroir, à commande pneumatique par piston à double effet,*
- *Boitier et clapet en alliage léger (pour tenue à l'irradiation et l'activation),*
- *En situation d'utilisation, pression intérieure de 1 bar, différentiel maximal de pression sur le clapet de 1 bar et étanchéité garantie de $10^{-9} atm.cm^3.s^{-1}$ pour le corps et $10^{-8} atm.cm^3.s^{-1}$ pour le siège*. Exigences identiques sous vide.*
- *Conception pour une pression intérieure de 4,5 bar, différentiel maximal de pression sur le clapet de 4,5 bar et pas de fuite détectable en eau de l'opercule et du siège**
- *Epreuve hydraulique ou pneumatique du carter à 5 bar en fin de fabrication.*
- *Diamètre de passage variant de 65 à 250 mm,*
- *Temps de fermeture de l'ordre de 3 secondes,*

** : pour une pression de 4 bar sur le vérin de commande*

Ind. A

	Rapport RHF n° 487	Page : 12/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

2.3 Exploitation du compartiment

Le compartiment doigt de gant est un volume fermé pressurisé en hélium à 1 bar.

Une platine commune à plusieurs doigts de gant permet de réaliser les conditionnements de ces compartiments doigts de gant. Pour le cas du compartiment C36 (H3), le schéma PID de cette platine « Circuit 939 - Platine DdG H3, H4, SAS IH1 et IH3 » porte la référence 3C-53-P6-296-PL3/3 Ind. A.

Avant chaque cycle, le conditionnement des compartiments doigt de gant est vérifié dans le cadre d'une procédure d'essai avant démarrage. Pour le cas du compartiment doigt de gant H3, la pression est contrôlée par le pressostat 939P08 et le manomètre 939MP08. En cas de nécessité, le compartiment doigt de gant est soit regonflé par le lignage des vannes 939V12 et 939V14 soit pompé au vide (939PPS1) par le lignage des vannes 939V20 939V12.

La pression d'utilisation du compartiment doigt de gant est de 0,9 à 1,2 bar.

La surveillance permanente de ce compartiment est basée sur deux mesures avec alarme en Salle de Contrôle :

- 939MP08 : mesure de la pression compartiment doigt de gant : alarme pression basse à 0,8 bar.
- BF45 a, b, c : bougie de détection de présence d'eau : alarme présence d'eau en 1/3 et fermeture de la vanne VS si présence d'eau en 2/3.

Une ronde hebdomadaire est faite par les équipes de quart contrôle sur le manomètre 939P08 (pression relative dans le doigt de gant).

2.4 Localisation du compartiment

Ce compartiment se trouve à l'intérieur bâtiment réacteur, en partie dans la piscine réacteur et dans le hall du niveau C du réacteur.

Le bridage arrière (bouchon en place, fermé et réacteur à l'arrêt) est accessible sur la paroi extérieure de la piscine dans une casemate.

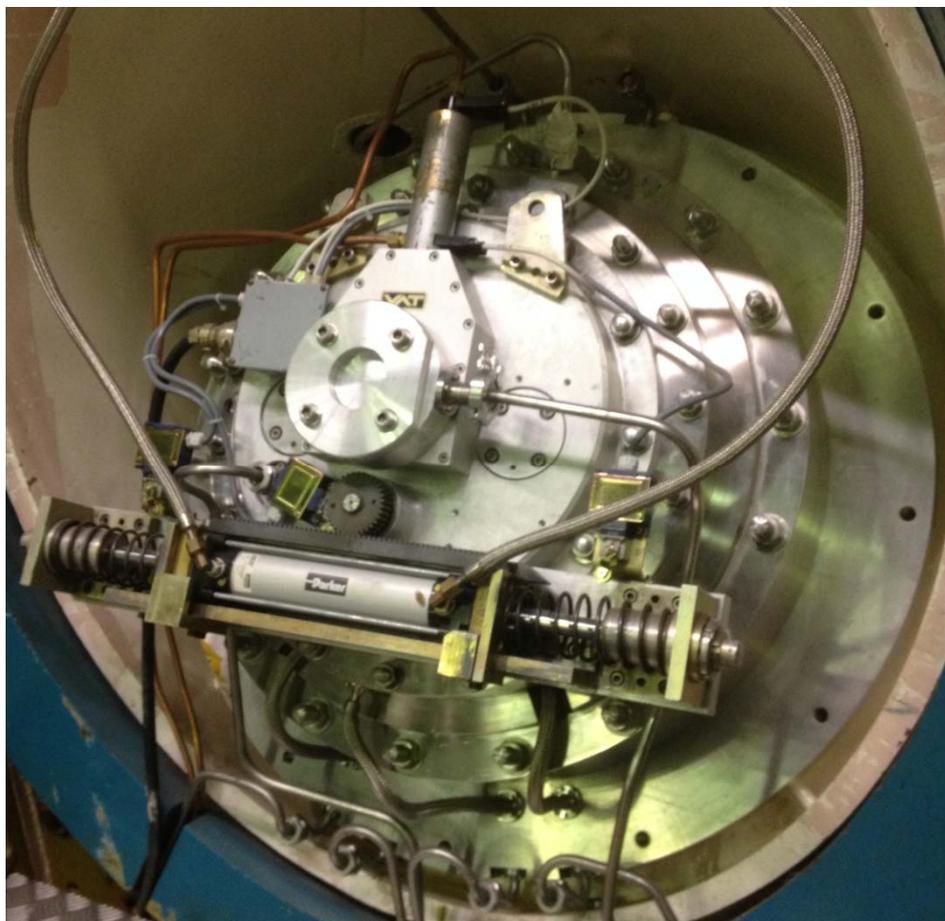


Photo : vue du bridage arrière du doigt de gant IH3 avant remontage de l'instrument

3 JUSTIFICATION DE L'INCAPACITE A REALISER LES ACTIONS REGLEMENTAIRES SUR LE COMPARTIMENT

3.1 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 le compartiment concerné, ici un compartiment doigt de gant.

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

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 14/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

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 dix 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.

3.2 Obstacles à la réalisation des actions réglementaires

3.2.1 Vérification externe

Une vérification externe partielle des compartiments C36, C37 et C40 en partie extérieure à la piscine, réalisée au titre de la vérification extérieure de l'équipement « bloc pile » multi-compartiments est effectuée. Par conséquent, pour ce qui concerne les composants du compartiment doigt de gant, seule la face externe du composant carter VS et la face externe du composant bride de maintien font l'objet d'une vérification visuelle. Elle est réalisable réacteur à l'arrêt.

Ind. A

Une vérification externe partielle des compartiments C36, C37 et C40 en partie intérieure au bloc pile, réalisée au titre de la vérification intérieure du compartiment C11 et des parois séparatrices entre C36 et C11, C37 et C11 et C40 et C11 est effectuée par le biais de moyens télévisuels lors de l'inspection annuelle du bloc pile. En effet, compte tenu de leur dimension, de leur géométrie et leur implantation dans le bloc pile, les surfaces séparatrices entre C36 et C11, C37 et C11 et C40 et C11 ne sont pas visibles en totalité.

3.2.2 Vérification interne

La vérification interne du compartiment nécessite un accès aux parois internes du compartiment. Ces parois ne sont pas accessibles pour les raisons suivantes :

- Structures très irradiantes,
- Présence d'éléments internes (bouchons et mécanismes) empêchant l'accès aux parois,
- Démontage du composant carter VS lourd à mettre en œuvre en termes de dose intégrée, de délai, d'outillage et de réglage.

3.2.3 Epreuve

L'épreuve du compartiment nécessite :

- Le remplissage du compartiment par de l'eau
- Un examen visuel direct des parois sous pression lors du maintien sous pression

	Rapport RHF n° 487	Page : 15/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

L'épreuve du compartiment ne peut pas être mise en œuvre pour les raisons suivantes :

- La mise en contact avec de l'eau des éléments internes conduit à leur détérioration,
- En cas de mise sous pression, seule la paroi sous pression du composant carter VS pourra être l'objet d'un examen visuel direct. Les autres parois sont sous eau et 90% de la surface de celles-ci ne sont pas accessibles compte tenu de la proximité de la manchette.

3.2.4 Conclusion partielle

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 mesuré typiquement entre 500 et 1000 mGy/h suivant que les barres de sécurité sont en position hautes ou basses*).

- *Barres de sécurité en position hautes : le débit de dose est de l'ordre de 500 mGy/h avec une forte prépondérance des gammas du Co60 de période 5 ans ;*
- *Barres de sécurité en position basses : le débit de dose est de l'ordre de 1000 mGy/h les 500 mGy/h supplémentaires par rapport à la situation barres en position haute étant dus essentiellement à l'Ag110m de période 250 j ;*

Ind. A

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 jugées inacceptables par l'exploitant.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 16/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

4 ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE

4.1 Facteur fabrication

L'équipement bloc pile et les composants que sont les dispositifs expérimentaux étaient en dehors du champ d'application des décrets du 2 avril 1926 et du 18 janvier 1943 puisque mettant en œuvre de l'eau tiède à 50 °C et des volumes en gant à 1 bar.

L'équipement bloc pile 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 le compartiment doigt de gant, le dossier descriptif actuel comprend :

- Les plans de détails des composants doigts de gant, bride de maintien doigt de gant et carter VS.
- Une note de calcul d'origine réactualisée par l'exploitant prenant en compte les trois composants

Un dossier de fabrication du composant doigt de gant comprenant :

- Cahier de soudage
- Certificat matière (AG3net)
- Procès-verbaux de contrôle en fabrication (100% ressuage, 100% radiographie, essais résistance mécanique, test étanchéité hélium, traitement de surface, ...)
- Des spécifications d'équipements ILL pour la réalisation des composants doigt de gant et brides de maintien. (Re 3C 53S1002 rev.D et Re 3C 53 S 1003 rev.C a 1013 rev.C et 1015).

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		

	Rapport RHF n° 487	Page : 17/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

4.2 Facteur état

Les compartiments doigt de gant H3-C36, H4-C37 et H8-C40 ont fait l'objet dans le passé de fuites dans la partie de section rectangulaire. L'origine de ces fuites était liée à la géométrie des usinages des logements de maintien des raidisseurs internes, conjuguée à des transitoires de fonctionnement qui ont engendrés au niveau des nez de doigt de gant, d'importantes inversions de charges interne / externe. Le tout a conduit à des fissurations traversantes initiées en fond d'usinage. Les composants doigts de gant ont aussitôt été démontés et sortis du réacteur.

Pour les pièces de remplacement le design des raidisseurs et leurs mode de fixation ont été modifiés sur les nouveaux doigts de gants. La procédure d'exploitation a également été modifiée afin de supprimer les régimes transitoires critiques.

Depuis le remplacement des parties avant en 2004 des doigts H3-C36, H4-C37 et H8-C40 aucune défaillance de ce type n'est survenue.

Conformément à notre tableau de marche, les composants doigt de gant sont remplacés périodiquement en fonction de leur fluence. Celle-ci est calculée en JEPP (Jours Equivalents Pleine Puissance). Lors de leur remplacement, les composants doigt de gant sont découpés en deux lors de leur sortie du noyau central et la partie avant très irradiante est découpée en cellule chaude en petites tuiles. Lors de cette découpe, un examen visuel minutieux du composant est réalisé afin de vérifier l'état du composant.

Le contrôle visuel des parois internes et externes des composants doigt de gant conservées sur H3-C36, H4-C37 et H8-C40 lors de leur découpe n'a mis en évidence aucune autre dégradation.

Des contrôles d'épaisseur sur des doigts de gant découpés récemment ont été réalisés. Aucune perte d'épaisseur n'a été constatée sur les doigts de gant examinés. *Or, ceux-ci sont parfaitement représentatifs : même matière, même fluide interne et externe, même température, conduisant donc aux mêmes modes de dégradation potentiels.*

Ind. A

Des contrôles visuels des composants bride de maintien et carter VS sont réalisés à chaque remplacement du composant doigt de gant. Aucune dégradation n'a été mise en évidence.

Les trois doigts de gant H3, H4 et H8 ont été installés durant le même arrêt, début 2004. Par conséquent, leurs nombres de JEPP sont identiques et sont de 1493 au 1^{er} janvier 2014.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 18/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

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		

4.3 Facteur dégradation

Le retour d'expérience par l'ILL de l'exploitation des compartiments doigts de gant est important. De façon globale, un composant doigt de gant est remplacé chaque année. Cette fréquence et le nombre d'années d'exploitation (43 ans) nous permettent de considérer ce REX comme représentatif des dégradations rencontrées.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 19/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

4.3.1 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
- 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.

4.3.1.1 Fatigue thermique

Ind. A

Les variations de température du compartiment (entre 20 et 50 °C, *température moyenne de la partie du doigt de gant dans le bloc pile, avec un maximum de 80 °C très localement réacteur en fonctionnement*) 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 issu 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.

4.3.1.2 Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble

Les soudures réalisées sur ce compartiment sont des soudures homogènes AG3net.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

4.3.1.3 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.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 20/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

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).

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

4.3.1.4 Pics locaux de pression

La pression à l'intérieur du compartiment ne varie pas puisque en fonctionnement le volume est fermé et statique.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

4.3.1.5 Fluage

La température de fonctionnement du compartiment doigt de gant est à la limite du seuil de température du fluage négligeable selon le RCC-Mx 2008 ou RCC-MRx 2012.

Selon des études thermodynamiques, une zone, de surface restreinte, du composant doigt de gant fonctionne à des températures supérieures à 50 °C et inférieures à 80°C. Cette zone se situe dans la partie du doigt de gant peu chargée puisqu'en porte à faux libre.

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

4.3.1.6 Concentrations de contraintes

Les concentrations de contraintes se produisent au voisinage d'un accident géométrique. La forme des composants du compartiment doigt de gant 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.

4.3.1.7 Phénomènes de corrosion localisée et généralisée

Le compartiment doigt de gant est continûment rempli d'hélium pur dont les caractéristiques sont telles qu'aucun phénomène de dégradation ne peut se produire.

Le composant doigt de gant en AG3net est en contact avec l'eau lourde. L'aluminium est décapé passivé lors de la fabrication du composant permettant de considérer que la corrosion généralisée est négligeable.

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

4.3.1.8 Phénomènes thermo-hydrauliques locaux nocifs

Il n'y a pas de circulation de gaz à l'intérieur du compartiment.

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 autour des composants doigts de gant est inférieure à 0,5 m/s.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487						Page : 21/32				
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)									Ind. A	

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

4.3.1.9 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.

4.3.1.10 Vieillessement du matériau sous irradiation

Le vieillissement de l'AG3net sous flux conduit à une modification notable des caractéristiques mécaniques du matériau.

A partir d'une fluence très importante ($2 \cdot 10^{23}$ n.cm⁻²) la migration des atomes de silicium dans la matrice aluminium aux joints de grains conduit à un risque de corrosion inter-cristalline en milieu aqueux.

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.

De façon conservative, les composants doigt de gant sont remplacés avant d'atteindre cette limite.

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

4.3.2 Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles l'équipement est potentiellement sensible

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 compartiment sont partielles puisqu'un petit pourcentage de la surface extérieure est vérifié. Aucune vérification intérieure n'est réalisée pendant sa durée de vie (limitée) en exploitation.

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

TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)

Ind. A

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

Fluage	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

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

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)**

Ind. A

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

4.4 Résultat probabilité de défaillance

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 : 2

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

5 EQUIVALENCE DU NIVEAU DE SECURITE DE L'EQUIPEMENT PAR RAPPORT A CELUI QUI SERAIT ETABLI PAR REALISATION DES MESURES DE DROIT COMMUN

5.1 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.

	Rapport RHF n° 487	Page : 24/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

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.

5.2 Performances gestes réglementaires

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	$\Sigma PG_{1GR}=10$	$\Sigma PG_{2GR}=10$	$\Sigma PG_{3GR}=12$	$\Sigma PG_{4GR}=12$

Les actions réglementaires identifiées comme ne pouvant pas être réalisées sur le compartiment considéré sont :

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

La réalisation du geste réglementaire GR1 à un compartiment est soumise à une interprétation délicate. La surface extérieure est-elle celle de l'équipement ou celle du compartiment ?! D'une manière conservatrice, nous ne valorisons pas les vérifications externes dans l'application de la méthode au compartiment.

5.2.1 Performances gestes compensatoires

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 :

Ind. A

- *GC1 : suivi permanent des paramètres physiques internes (pression, présence d'eau, température). Le volume est isolé en exploitation et par conséquent, aucun échange n'est possible avec d'autres volumes. Le compartiment est instrumenté pour suivre sa pression interne en permanence. Un seuil de pression mini est retransmis en salle de contrôle. La détection de présence d'eau est elle réalisée par trois sondes déclenchant une alarme retransmise à la salle de contrôle. La température est elle fixée par l'eau lourde dans laquelle le composant doigt de gant baigne. Elle est suivie en permanence par la salle de contrôle, celle-ci étant une mesure importante pour la conduite du réacteur. En cas de dépassement des limites d'exploitation, les défauts sont transmis en salle de contrôle. Ces suivis permanents de paramètres physiques nous garantissent la détection d'une fuite de l'enceinte sous pression en fonctionnement.*
- *GC2 : Test d'étanchéité par suivi de pression interne. De façon périodique, avant chaque démarrage du réacteur (2 à 4 fois par an), un test d'étanchéité par suivi de l'évolution de pression sur un temps déterminé est réalisé sur le compartiment.*

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

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 26/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

5.2.2 Performances des dispositions préventives

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 :

Ind. A

- DP1 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne* Le fluide intérieur du compartiment est un gaz inerte et pur, analysé avant chaque cycle et ses caractéristiques intrinsèques nous garantissent son innocuité vis-à-vis de la perte d'épaisseur en surface interne. Une fois le compartiment conditionné avec ce gaz, il est isolé sur lui-même et son étanchéité est surveillée de façon permanente par le suivi des pressions. Les caractéristiques chimiques du fluide ne peuvent évoluer sans perte d'étanchéité (gaz neutre). L'évolution des caractéristiques chimiques est donc connue à tout moment. C'est bien par conséquent un suivi permanent et particulier de ces caractéristiques qui est réalisé.
- DP2 : Maitrise des caractéristiques chimiques du fluide externe.* Le fluide extérieur au compartiment doigt de gant 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 n° 516)* montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisé n'est à craindre. Depuis l'origine du réacteur (1ere divergence en 1971), la conception et la réalisation de ces compartiments doigts de gant sont identiques et les conditions d'exploitation du réacteur sont les mêmes. Seule la réalisation du nez taillé dans la masse d'un forgé au lieu de l'emboutissage d'une tôle a été modifié en retour d'expérience sur les premiers doigts de gant de ce type. A chaque remplacement du composant doigt de gant (au moins 30 composants), une inspection minutieuse est réalisée des faces internes et externes du composant en cours de découpe. Aucune dégradation n'a aujourd'hui été observée.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)**

Ind. A

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

5.3 Analyses des performances et des niveaux de sécurité

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 :

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

5.3.1 Performances des dispositions retenues

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
Σ PG (GC proposés+GR réalisés)	PG1=8	PG2=8	PG3=8	PG4=8

	Rapport RHF n° 487	Page : 28/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

5.3.2 Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives

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
Σ PG _{GR} - Σ PG _{DP}	PG1=7	PG2=7	PG3=6	PG4=6

5.3.3 Comparaisons des performances

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'arrêt.

5.3.4 Conclusion niveau de sécurité

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 au compartiment considéré et particulièrement que les modes de dégradations considérés pour l'équipement ne conduisent pas à d'autres effets que ceux pris en compte dans la méthode.

Ind. A

Le rapport d'expert RHF n° 516, compte tenu de la limitation de la durée de vie du composant doigt de gant (voir ci-dessous), imposé par l'ILL, permet 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.

Limitation de la durée de vie du composant doigt de gant imposée par l'ILL :

- 2105 JEPP pour H3-C36
- 2112 JEPP pour H4- C37
- 2083 JEPP pour H8-C40

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 29/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

A chaque changement du composant doigt de gant *les gestes d'une* requalification périodique *seront* réalisés sur les composants carter VS et bride de maintien doigt de gant. *Ces gestes de requalification consisteront* en :

Ind. A

- une visite *extérieure et* intérieure de la bride de maintien doigt de gant
- une visite *extérieure et* intérieure du carter VS
- une épreuve hydraulique à au moins une valeur de $1,2 \times PS = 1.44$ bar du carter VS sur la bride de maintien doigt de gant ou à l'aide d'outillage d'épreuve.
- Gestes de requalification périodique de l'accessoire sous pression associé (VSH3, VSH4, VSH8) (visite interne et épreuve).

5.4 Evaluation des conséquences de défaillance

La rupture du composant doigt de gant est envisagée dans le rapport de sureté de l'ILL.

Dès l'origine, la rupture du composant doigt de gant a été prise en compte par la mise en place à la fois d'une vanne de sécurité sur le carter VS ainsi qu'une membrane aluminium en aval de celle-ci.

La pressurisation du compartiment doigt de gant est un moyen de mitigation des conséquences de la défaillance du composant, mis en œuvre après quelques années de fonctionnement du réacteur.

5.4.1 Facteur conséquence sur les travailleurs

Deux cas peuvent être pris en considération :

- Défaillance du composant doigt de gant : cette défaillance conduit à l'entrée d'eau lourde dans le compartiment doigt de gant. Si la fuite est faible (piqûre ou fissure traversante), l'eau va s'accumuler vers la partie arrière qui est la partie basse. Si la fuite est importante, l'eau va possiblement s'échapper par l'ouverture centrale du composant carter VS. Dans les deux cas, la présence d'eau est détectée par les bougies et entraîne une alarme et une fermeture de la vanne VS après 10s.

La défaillance ne conduit pas au déversement du fluide radioactif dans le hall réacteur et par conséquent, n'a aucune conséquence sur les travailleurs.

- Défaillance du composant Carter VS : cette défaillance conduit à la sortie de gaz hélium non actif dans le hall réacteur. La perte de pression entraîne une alarme. La partie arrière des doigts de gant se situe dans une casemate primaire où la présence humaine est limitée et réglementée.

La défaillance conduit au rejet d'un gaz non actif dans un environnement sans présence humaine et n'a donc aucune conséquence sur les travailleurs.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 30/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	

5.4.2 Facteur conséquence sur l'environnement

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

5.4.3 Facteur conséquence sur d'autres EIP

La défaillance du compartiment n'a aucune conséquence mécanique sur d'autres EIP compte tenu du fait de la localisation du compartiment et l'absence d'EIP dans son environnement proche.

En cas de défaillance, le remplacement de l'hélium par de l'eau lourde dans le compartiment doigt de gant n'entraîne pas de perte de maîtrise de la réactivité du cœur. Voir fiche CF3.R5 pour l'étude sureté de cette situation.

6 CONCLUSIONS

La démarche présentée ci-avant, s'appuyant sur la méthodologie proposée 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 compartiment doigt de gant (C36, C37 et C40).

Ind.A | *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.*

Opérations d'exploitation, d'entretien et de surveillance

Les POES mis en œuvre, prennent notamment en compte les éléments d'engagement pris dans le présent RHF 487 ind. A. Pour rappel, les opérations particulières proposées sont :

- *Suivi permanent des paramètres physiques internes des compartiments C36, C37 et C40 : mesure de pression interne, détection de la présence d'eau éventuelle et mesure de température ;*
- *Test d'étanchéité par suivi de la pression interne avant chaque cycle ;*
- *Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne aux compartiments C36, C37 et C40 ;*
- *Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe aux compartiments C36, C37 et C40 ;*
- *Maitrise et maintien des paramètres d'exploitation permettant de garantir le respect des plages de fonctionnement prises en compte dans l'étude d'expert ;*

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 487	Page : 31/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

Ind.A

- *Limitation volontaire de la durée de vie du composant doigt de gant à 2105, 2112 et 2083 JEPP respectivement pour H3-C36, H4-C37 et H8-C40 avec une inspection interne et externe des parois de celui-ci ainsi que des mesures d'épaisseurs lors de sa découpe en cellule chaude afin de compléter le dossier de retour d'expérience de ces compartiments.*

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 possible et de notre REX pour les compartiments C36, C37 et C40, 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 des compartiments C36, C37 et C40 en partie extérieure à la piscine, réalisée au titre de la vérification extérieure de l'équipement « bloc pile » multi-compartiments.*
- *Une vérification externe partielle des compartiments C36, C37 et C40 en partie intérieure au bloc pile, réalisée au titre de la vérification intérieure du compartiment C11 et des parois séparatrices entre C36 et C11, C37 et C11 et C40 et C11.*

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 entre autre, pour ce qui concerne les compartiments C36, C37 et C40 :

- *Une vérification externe partielle des compartiments C36, C37 et C40 en partie extérieure à la piscine, réalisée au titre de la vérification extérieure de l'équipement « bloc pile » multi-compartiments.*
- *Une vérification externe partielle des compartiments C36, C37 et C40 en partie intérieure au bloc pile, réalisée au titre de la vérification intérieure du compartiment C11 et des parois séparatrices entre C36 et C11, C37 et C11 et C40 et C11.*
- *La vérification des éléments définis dans le présent document (RHF 487) concernant :*
 - *Demandes de dispenses de gestes réglementaires pour :*
 - *Vérifications internes tous les 40 mois des compartiments C36, C37 et C40*
 - *Vérification interne tous les 120 mois des compartiments C36, C37 et C40*
 - *Epreuve hydraulique tous les 120 mois des compartiments C36, C37 et C40*

	Rapport RHF n° 487	Page : 32/32
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C 36, C37 ET C40 (DOIGTS DE GANT H3, H4, H8)	Ind. A

Ind.A

- *Respect des conditions particulières proposées en regard des dispenses ci-dessus :*
 - *Suivi permanent des paramètres physiques internes des compartiments C36, C37 et C40 ;*
 - *Test d'étanchéité par suivi de la pression interne avant chaque cycle,*
 - *Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne aux compartiments C36, C37 et C40 ;*
 - *Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe aux compartiments C36, C37 et C40 ;*
 - *Maitrise et maintien des paramètres d'exploitation permettant de garantir le respect des plages de fonctionnement prises en compte dans l'étude d'expert ;*
 - *Limitation volontaire de la durée de vie du composant doigt de gant à 2105, 2112 et 2083 JEPP respectivement pour H3-C36, H4-C37 et H8-C40 avec une inspection interne et externe des parois de celui-ci ainsi que des mesures d'épaisseurs lors de sa découpe en cellule chaude afin de compléter le dossier de retour d'expérience de ces compartiments ;*
 - *Gestes de requalification périodique du carter VS et de la bride de maintien au plus tard lors du changement de doigt de gant (ou intervention sur les internes).*
 - *Gestes de requalification périodique de l'accessoire sous pression raccordé au compartiment (VS) au plus tard lors du changement de doigt de gant (ou intervention sur les internes)*
- *La vérification de l'adéquation et de l'existence du POES pour les compartiments C36, C37 et C40 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 487 ind. A et les POES dans le dossier d'exploitation.*