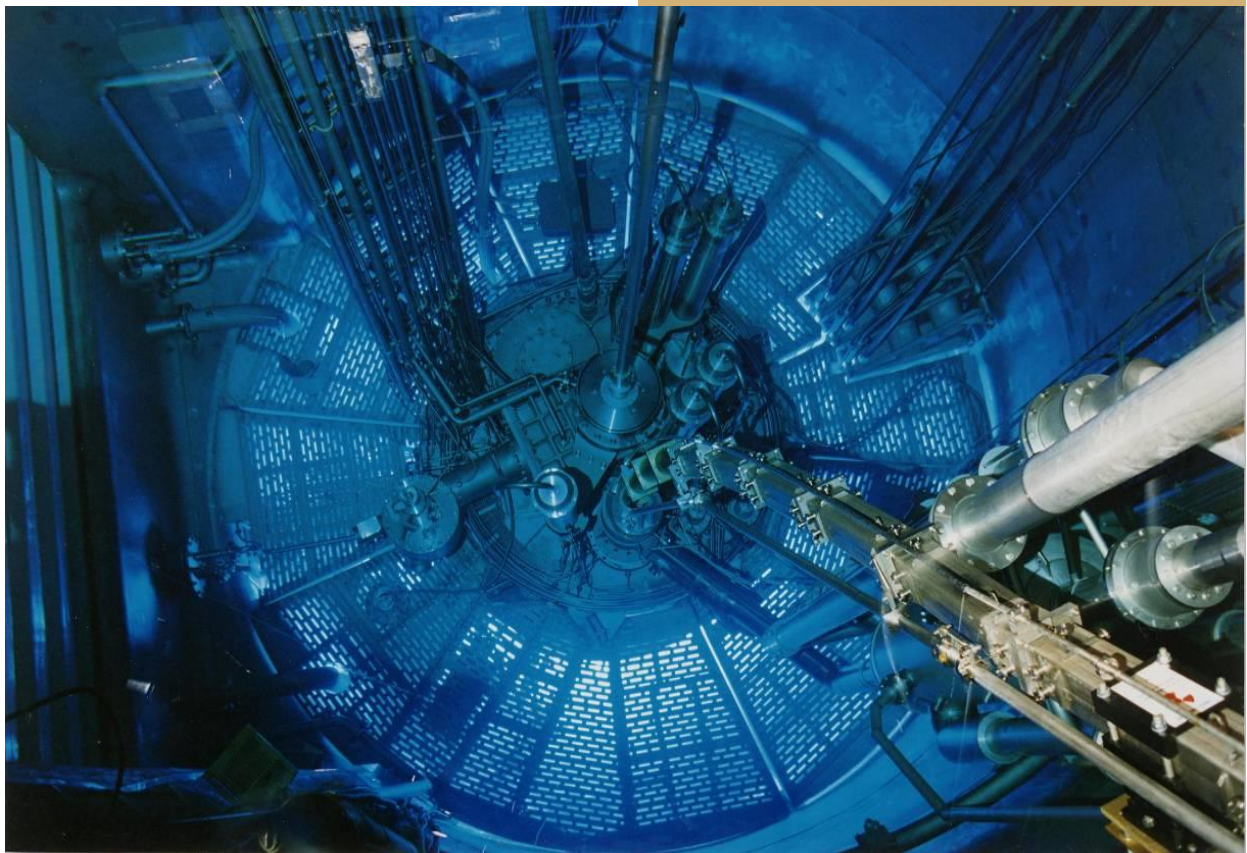


**Définition de conditions particulières d'application  
du titre III du décret 99-1046  
pour les compartiments du bloc pile C47 et C48  
(Bidon réflecteur HP-BP)**





NEUTRONS  
FOR SCIENCE  
DIVISION REACTEUR

## Rapport RHF n°521

Page : 1/45

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  
DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)**

Ind 0

### Champ d'application et résumé

### Historique des évolutions


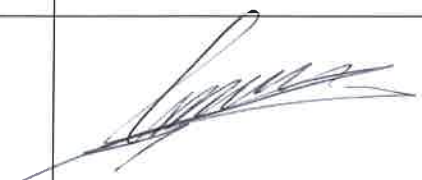
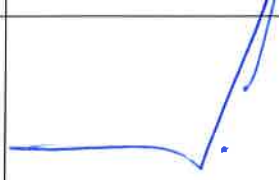

Indice	Date	Références	Commentaires/objet des évolutions d'indice
0	23/12/2014	FG/fl 2014-1018	Création

### Destinataires

Les signataires

Chefs de service et de groupe concernés :

Autres :

	Rédacteur	Vérificateur (s)	Approbateur
Nom	J.M. SUDRE F. GAMONET	 B. DESBRIERE	H. GUYON
Visa			

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 2/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## Sommaire

<b>1</b>	<b>PREAMBULE / OBJECTIFS .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPTION DES COMPARTIMENTS.....</b>	<b>5</b>
	2.1 Rôle des compartiments.....	5
	2.2 Caractéristiques des compartiments du bidon réflecteur HP-BP .....	5
	2.2.1 Bidon réflecteur haute pression (HP : C1) .....	5
	2.2.2 Bidon réflecteur basse pression (BP : C11).....	10
	2.3 Conception et fabrication du bidon réflecteur HP et BP .....	18
	2.3.1 Conception du bloc pile .....	18
	2.3.2 Fabrication du bloc pile HP (C1).....	19
	2.3.3 Fabrication du bloc pile BP (C11).....	20
	2.3.4 Réception finale de l'ensemble bloc pile (C1 + C11) .....	22
	2.4 Caractéristiques des fluides en contact avec les compartiments C1 et C11 .....	23
	2.4.1 Eau lourde .....	23
	2.4.2 Eau légère .....	23
	2.5 Exploitation des compartiments C1 et C11 .....	23
	2.5.1 Suivi de la pression dans les compartiments : .....	23
	2.5.2 Suivi de la température des compartiments .....	24
	2.5.3 Détection de fuites .....	25
	2.6 Localisation des compartiments .....	25
	2.7 Accessoire de sécurité associé .....	25
	2.8 Accessoires sous pression raccordés .....	26
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATION DE L'INCAPACITE A REALISER LES ACTIONS REGLEMENTAIRES SUR LES COMPARTIMENTS.....</b>	<b>27</b>
	3.1 Contexte .....	27
	3.2 Obstacles à la réalisation des actions réglementaires .....	27
	3.2.1 Vérification externe .....	27
	3.2.2 Vérification interne .....	28
	3.2.3 Vérifications accessoires sous pression .....	29
	3.2.4 Epreuves.....	30
	3.2.5 Conclusion partielle.....	30

<b>4</b>	<b>ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE .....</b>	<b>31</b>
4.1	Facteur fabrication .....	31
4.2	Facteur état.....	32
4.3	Facteur dégradation .....	33
4.3.1	Modes de dégradation .....	33
4.3.2	Analyse du facteur relatif aux dégradations potentielles.....	36
4.4	Résultat probabilité de défaillance.....	38
<b>5</b>	<b>EQUIVALENCE DU NIVEAU DE SECURITE DES COMPARTIMENTS PAR RAPPORT A CELUI QUI SERAIT ETABLI PAR REALISATION DES MESURES DE DROIT COMMUN .....</b>	<b>39</b>
5.1	Préambule .....	39
5.2	Performances gestes réglementaires.....	39
5.3	Performances gestes compensatoires .....	40
5.4	Performances des dispositions préventives .....	40
5.5	Analyses des performances et des niveaux de sécurité .....	41
5.5.1	Performances des dispositions retenues.....	41
5.5.2	Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives .....	41
5.5.3	Comparaisons des performances.....	42
5.5.4	Conclusion niveau de sécurité .....	42
<b>6</b>	<b>EVALUATION DES CONSEQUENCES DE DEFAILLANCE.....</b>	<b>43</b>
6.1	Facteur conséquence sur les travailleurs .....	43
6.2	Facteur conséquence sur l'environnement.....	43
6.3	Facteur conséquence sur d'autres EIP.....	43
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>44</b>
7.1	Opérations d'exploitation, d'entretien et de surveillance .....	44
7.2	Inspections périodiques sous la responsabilité de l'exploitant .....	44
7.3	Requalification périodiques sous la responsabilité d'un OHA. ....	45

 <b>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</b>	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 4/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## **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 le cas particulier de l'ensemble fonctionnel « bidon réflecteur HP-BP » qui compose les compartiments C1 et C11.

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.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 5/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## 2 DESCRIPTION DES COMPARTIMENTS

### 2.1 Rôle des compartiments

Le bloc pile a été conçu pour assurer deux fonctions principales :

- refroidir le combustible en faisant circuler l'eau lourde dans celui-ci, puis en la canalisant autour des éléments internes pour la diriger vers le circuit des pompes et échangeurs,
- assurer la modération des neutrons de la réaction nucléaire tout en permettant une densité de neutrons thermiques importante autour du combustible.

### 2.2 Caractéristiques des compartiments du bidon réflecteur HP-BP

#### 2.2.1 Bidon réflecteur haute pression (HP : C1)

C'est un sous-ensemble fonctionnel constitué des composants suivants :

- le fourreau cheminée et le collecteur d'entrée,
- la cheminée,
- le porte combustible,
- le tube central et sa tuyauterie.

Ce sous-ensemble fonctionnel forme un volume situé au centre du bidon réflecteur dans lequel circule de l'eau lourde sous pression (14 bars abs) qui permet de refroidir l'élément combustible, la barre de pilotage et les structures.

Le compartiment C1 permet d'assurer les fonctions suivantes :

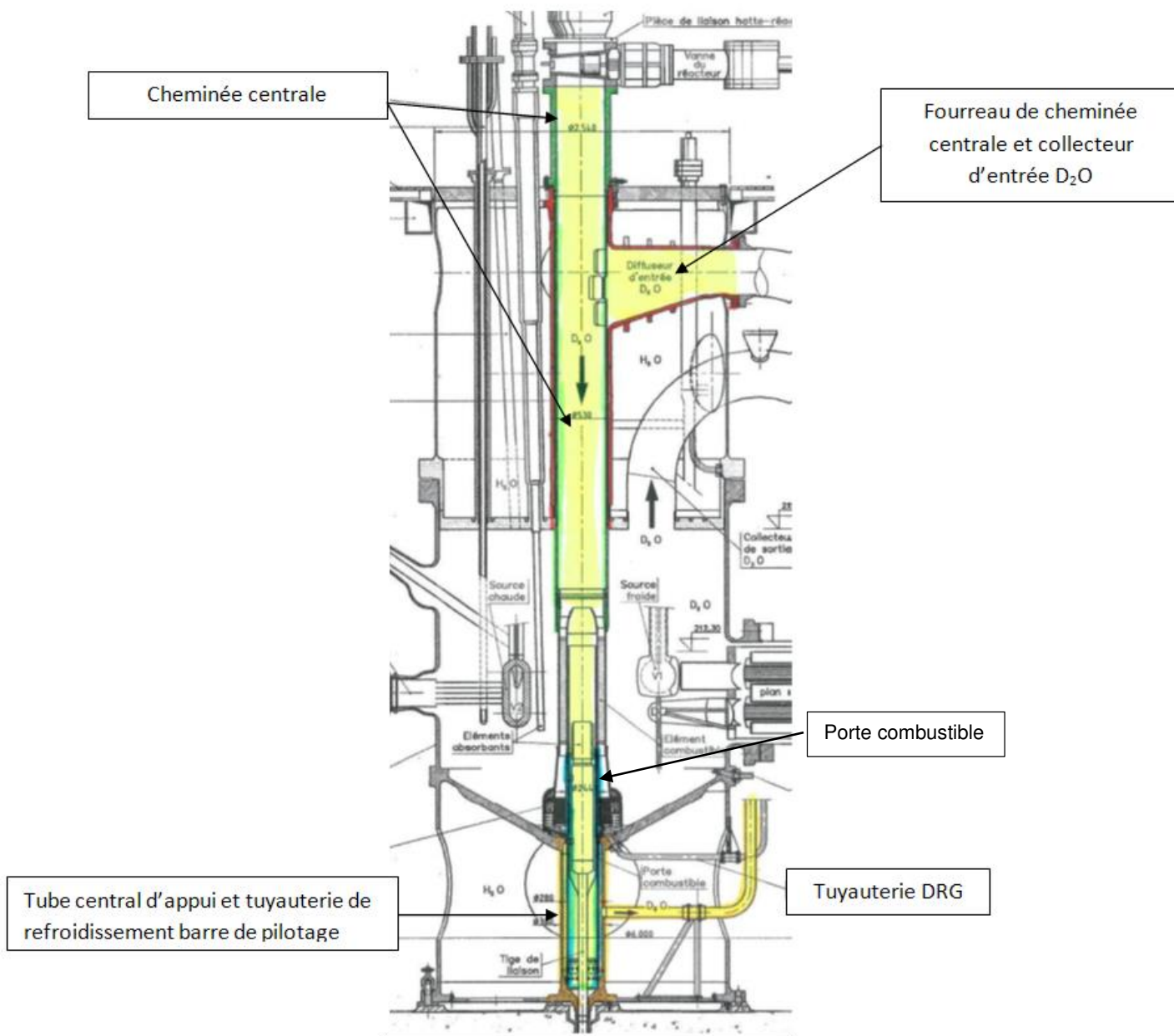
- introduire et décharger l'élément combustible,
- assurer le refroidissement de l'élément combustible par circulation forcée de D2O,
- accueillir la barre de pilotage et assurer son refroidissement.

La cheminée centrale en partie basse (sous le niveau de la plaque inférieure) constitue une paroi séparatrice entre le compartiment bidon réflecteur BP (C11) et le compartiment bidon réflecteur HP (C1).

Les différents composants qui constituent ce réflecteur HP sont assemblés par soudage homogène en pleine pénétration. Seules les liaisons entre les parties hautes et basses de la cheminée, l'embout porte combustible et le porte combustible sont reliées par un assemblage vissé. De même pour la cheminée fixée à la structure supérieure par bride.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  
DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)**

Ind 0



 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 7/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### 2.2.1.1 Le fourreau cheminée et le collecteur d'entrée

C'est un sous-ensemble tubulaire soudé sur la plaque inférieure qui permet l'alimentation en eau lourde du réacteur. Il est constitué des pièces suivantes, raccordées par soudage bout à bout en pleine pénétration (RE 3C 53 ZE P22 003 pl1) :

- Bride usinée en aluminium Ag3net de Ø extérieur variable compris entre 530 mm et 640 mm, de longueur 285 mm et d'épaisseur variable comprise entre 30 mm et 37,5 mm.
- Virole cylindrique en aluminium Ag3net de Ø intérieur 470 mm et de longueur 1 315 mm et d'épaisseur 30 mm. Cette virole est constituée de deux ½ coquilles forgées et soudées entre elles en pleine pénétration. Une ouverture avec un col de forme oblongue de section 837,7 mm par 460 mm est présente en partie supérieure de la paroi de cette virole. Cette ouverture a été réalisée par usinage dans la pièce forgée de forte épaisseur.
- Perpendiculairement à la virole décrite ci-dessus, est raccordé par soudage bout à bout en pleine pénétration, un fourreau de section oblongue variable comprise entre 837,7 mm x 460 mm à la base, et 643,7 mm x 460 mm au sommet. L'épaisseur est de 30 mm.
- Pièce de jonction cylindrique en aluminium Ag3net de Ø intérieur 400 mm de longueur 154,7 mm et d'épaisseur variable comprise entre 30 mm et 10 mm.
- Bride usinée en aluminium Ag3net de Ø intérieur variable compris entre 400 mm et 510 mm, de longueur 160 mm et d'épaisseur variable comprise entre 10 mm et 108 mm.
- Virole cylindrique obtenu dans une tôle d'aluminium Ag3net roulée et soudée de Ø intérieur 470 mm, de longueur 1 322 mm et d'épaisseur variable comprise entre 3 mm et 30 mm.


### 2.2.1.2 La cheminée

C'est un sous-ensemble fonctionnel (RE 3C 53 P1 4000) de forme tubulaire constitué de trois composants et qui est inséré dans le bloc pile jusqu'au niveau de la partie haute de l'élément combustible.

La partie supérieure (RE 3C 53 FI P2 4104) permet la connexion à la vanne réacteur permettant l'insertion et le déchargement de l'élément combustible :

- Virole cylindrique en acier inoxydable de longueur 978 mm, de Ø intérieur 424 mm et d'épaisseur variable comprise entre 14 mm et 25,5 mm. Deux jeux de brides situés à chacune des 2 extrémités permettent le raccordement :
  - en partie supérieure à la vanne du réacteur (qui ferme le compartiment),
  - en partie inférieure à la structure supérieure du bloc pile.
- Virole cylindrique en acier inoxydable de Ø intérieur variable compris en 424 mm en partie haute de la virole et 421,5 mm en partie basse de la virole, de longueur 3 590 mm et d'épaisseur variable comprise entre 16 mm et 9,5 mm. 7 lumières de section 210 mm par 170 mm sont usinées en partie haute de la cheminée. L'extrémité basse de la partie supérieure possède un filetage qui permet le raccordement à la partie basse de la cheminée centrale.



	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 8/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

La partie inférieure (RE 3C 53 FI P2 4021) permet d'amener le débit d'eau lourde sur l'élément combustible :

- Virole cylindrique en Zircaloy-4 de  $\varnothing$  intérieur variable compris entre 418,02 mm et 444,05 mm, de longueur 332 mm et d'épaisseur variable comprise entre 5,9 mm et 18,3 mm. Le diamètre intérieur présente :
  - en partie supérieure : un filetage sur longueur de 36 mm,
  - en partie médiane : 21 gorges de décompression de section 4,62 mm x 1,5 mm.
- Sur la partie basse de la virole sont usinées 45 lumières de section 37 mm x 20 mm uniformément réparties sur le diamètre (permettant la déviation du flux d'eau résiduel).

### 2.2.1.3 Le porte combustible

Cette pièce en aluminium Ag3net (RE 313 P(p) 241 et AL 3C 53 P1 306) se compose schématiquement de deux tubes coaxiaux situés de part et d'autre d'un épaulement s'adaptant au centre du font conique. L'axe de cette pièce et l'axe de référence du bidon sont confondus, aux tolérances près. Le tube supérieur sert d'appui au combustible, par une portée sphère sur cône. Pour des raisons de tenue sous rayonnement et de résistance mécanique (vibrations et frottement de l'élément combustible sur la rotule), la portée est faite en Zircaloy-4. L'élément combustible repose sur ce tube par sa virole intérieure.

L'épaulement médian sert au centrage et à la fixation de ce tube sur le fond conique du bidon. Les vis de fixation peuvent être démontables à distance depuis le haut de la structure supérieure afin de pouvoir, périodiquement, remplacer le porte combustible en l'extrayant par la cheminée centrale.

L'épaulement est fraisé pour permettre le logement de six vis de fixation.

Le tube inférieur se prolonge jusqu'à la plaque de base dans laquelle il est emboîté. Ce tube sert de piste de roulement au charriot qui porte la barre de pilotage. La partie inférieure de ce tube est percée de trous, pour permettre la circulation de l'eau lourde servant au refroidissement de la barre de pilotage.

Les caractéristiques sont les suivantes :

- Embout de porte combustible en Zircaloy-4 de  $\varnothing$  intérieur variable compris entre 260,8 mm et 281,5 mm, de longueur 579 mm et d'épaisseur variable comprise entre 1,75 mm et 12,1 mm. Un filetage est présent dans le diamètre intérieur à mi-hauteur de l'embout. La longueur filetée est de 23 mm.
- Virole cylindrique en aluminium Ag3net de  $\varnothing$  intérieur variable compris entre 260,8 mm et 270 mm, de longueur 2 081 mm et d'épaisseur variable comprise entre 5 mm et 16,6 mm. L'extrémité externe du diamètre supérieur présente un filetage sur une longueur de 22 mm.
- Une bride de fixation en aluminium Ag3net de  $\varnothing$  388 mm usinée dans la masse de la virole cylindrique, est située à 676 mm de l'extrémité supérieure du porte combustible.
- 4 rangées de 16 trous de  $\varnothing$  24 mm sont réparties en quinconce de manière uniforme sur le diamètre situé en partie inférieure du porte combustible. Les 4 rangées de trous s'étendent sur une longueur de 200 mm.

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 9/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

#### 2.2.1.4 Le tube central et sa tuyauterie

Il est soudé à sa partie supérieure sur le fond conique et à sa partie inférieure sur la plaque de base. Il permet de reprendre une partie des efforts de pression sur le fond conique et ceux dus à la perte de charge dans l'élément combustible ( $8,25 \cdot 10^3$  daN).

La tuyauterie DRG permet d'amener l'eau lourde rapidement vers des détecteurs de neutrons différés pour vérifier l'intégrité du combustible.

Ce tube contient par ailleurs le tube guide du chariot de la barre de pilotage, dont la partie supérieure sert d'appui à l'élément combustible.

Dans la partie médiane du tube d'appui se trouve un piquage pour le raccordement de la tuyauterie du circuit de refroidissement de la barre de pilotage.

Les caractéristiques sont les suivantes :

- Virole cylindrique en aluminium Ag3net de Ø intérieur 340 mm, de longueur 1 070 mm et d'épaisseur 20 mm. Une tuyauterie coudée à 45° de Ø 88.9 mm et d'épaisseur 4.5 mm et raccordée par soudage en pleine pénétration à 535,1 mm du pied du tube central. A son extrémité une bride est raccordée par soudage bout à bout en pleine pénétration.

#### 2.2.1.5 Caractéristiques « pression » du compartiment C1

<b>Compartiment réflecteur HP (C1)</b>		
<b>Caractéristiques</b>		<b>Unités</b>
P. maximale admissible (PS)	15,45	Bars rel
P utilisation	13	Bars rel
P épreuve initiale (PE)	17,9	Bars rel
T°. maximale admissible (TS)	56,5	°C
T° de fonctionnement	25 à 37	°C
Volume (réel)	1 000	litres
Nature du fluide	Eau lourde	
Groupe de dangerosité	2	
Activité (compartiment)	470 000	MBq
Catégorie de risque pression	I	
Niveau ESPN	N2	
Classification	EIS de rang 3	

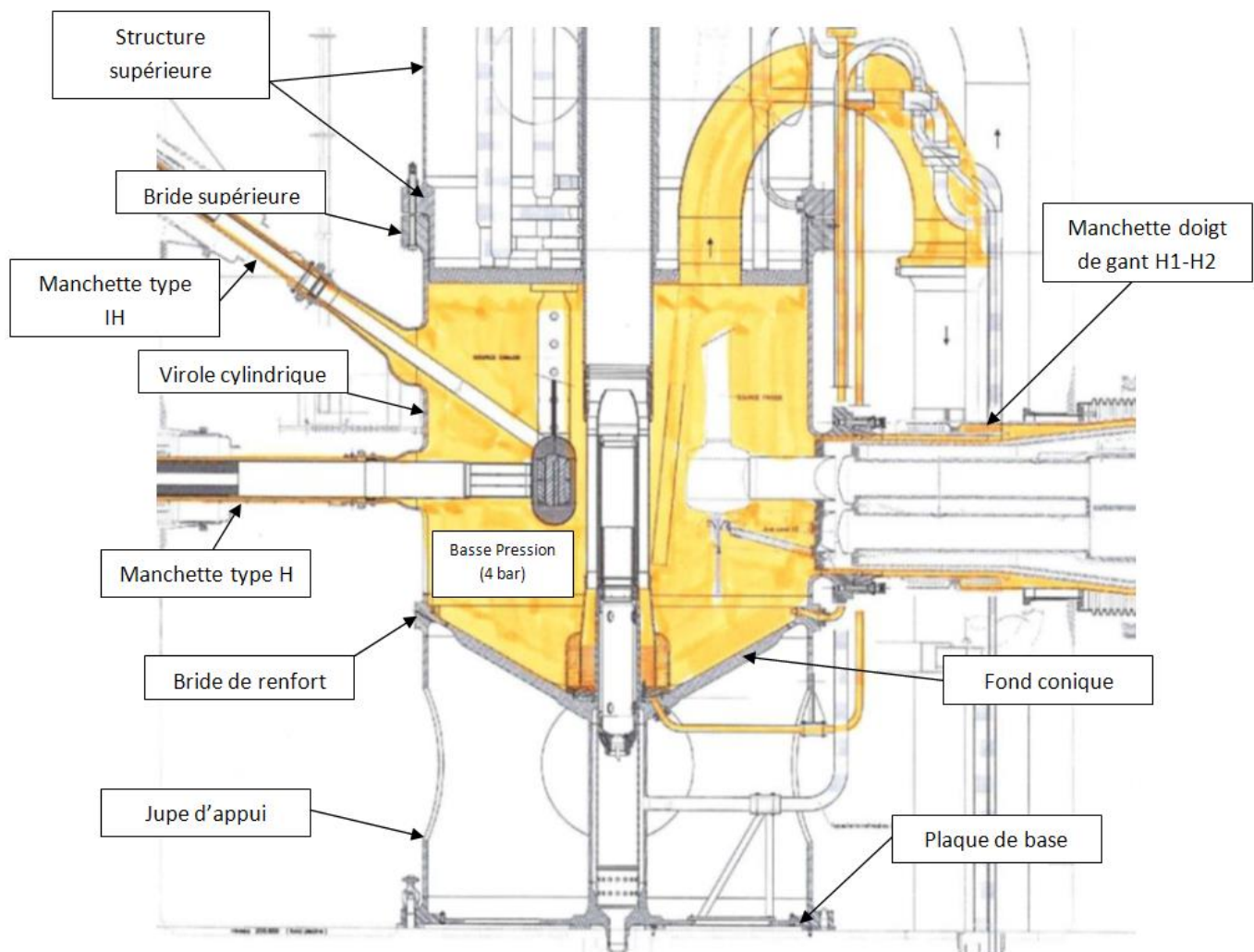
## 2.2.2 Bidon réflecteur basse pression (BP : C11)

Il s'agit de l'enveloppe externe de l'ensemble fonctionnel bidon réflecteur, qui est constitué d'une cuve cylindrique à fond conique fixée au fond de la piscine. En son centre est placé l'élément combustible.

Divers canaux expérimentaux prennent naissance dans le bidon réflecteur, se prolongent dans la piscine au travers d'une manchette (reliant le bidon à la paroi de la coque), puis traversent la protection solide pour aboutir dans le hall expérimentateur.

Certains dispositifs expérimentaux (source chaude, source froide, canal  $\beta$ , canaux pneumatiques) ainsi que les barres de sécurité, les clapets de convection naturelle, la cheminée, sont implantés sur le couvercle du bidon réflecteur (formant "bloc tubulaire") appelé "structure supérieure".

Le plan d'ensemble du réflecteur basse pression est le plan RE 3C 53 P12 000 1.



 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 11/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### 2.2.2.1 La structure supérieure

Ce sous-ensemble (RE 3C 53 P22 001 Pl.5) vient fermer la partie supérieure bidon réflecteur BP par le biais du composant plaque inférieure.

Il s'agit d'un bloc tubulaire en alliage d'aluminium de 2,50 m de diamètre et 3 m de hauteur, servant de couvercle au caisson auquel il est raccordé par des brides et un joint métallique.

Ce bloc tubulaire est essentiellement constitué de deux plaques épaisses supportant des fourreaux verticaux ou obliques accueillant des dispositifs de sûreté ou expérimentaux : la cheminée, les fourreaux des barres de sécurité, les fourreaux des sources froides et chaudes, les fourreaux des clapets de convection naturelle, la tubulure de sortie d'eau, un fourreau pour canal vertical supportant le CRU, et des fourreaux pour canaux verticaux.

Ces divers fourreaux et tubulures contiennent l'eau lourde jusqu'à la bride supérieure où sont raccordés les dispositifs mentionnés.

La plaque inférieure comporte 17 ouvertures circulaires verticales ou inclinées. La plaque a été alésée afin de rendre possible le soudage bout à bout d'un tube fourreau sur chacune des ouvertures : la cote de réalisation des soudures est ainsi de 110 mm (à partir de la base de la plaque) pour les fourreaux correspondants à V1, V3, V5, N1, N2, N3 et N4 et de 140 mm pour les autres fourreaux (plan Re 3C 53 P22 001 pl.5).

Chaque fourreau remonte jusqu'à la plaque supérieure ou au-dessus et se termine par une bride qui lui est raccordée par soudage. L'eau lourde remonte donc jusqu'à cette bride et est « confinée » dans le volume limité par le fourreau et la bride d'une part, et par l'enveloppe externe du dispositif qui y est inséré d'autre part, ce dernier élément étant lui-même bridé sur la bride du fourreau. Chaque bride de fourreau comporte une ligne de purge reliée au vase d'expansion en partie haute pour permettre la circulation de l'eau lourde. L'étanchéité vis-à-vis de l'eau lourde repose sur un double joint (ou triple joint dans le cas des blocs presse étoupe des barres de sécurité) muni d'une DDF.

Les canaux d'irradiation V4, V5 et V6 sont de petit diamètre (63 et 107 mm). Les brides de raccordement avec les dispositifs expérimentaux ou les bouchons ont un diamètre important vis-à-vis des diamètres des tubes afin d'éloigner les joints organiques de la zone centrale pour garantir leur tenue aux rayonnements.

Le fourreau cheminée fait partie du compartiment C1.

Le tableau suivant donne les caractéristiques des 16 fourreaux faisant partie du compartiment C11, et décrit pour chacun d'eux l'enveloppe externe des dispositifs insérés ou les brides/bouchons, éléments qui assurent également la fermeture du compartiment C11. Il est précisé si ces éléments sont des compartiments du bloc pile, des composants, ou des accessoires.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  
DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)**


Ind 0

Désignation	Ensemble Fourreau + bride	Enveloppe externe dispositif
<b>V1</b>	Re 3C 53 P22 005 $\Phi_{\text{ext-fourreau}}$ : 448 mm – ep : 10 mm Inclinaison : verticale Matière : AG3net	Source Froide Verticale Nature : Compartiment C4 (rapport RHF N°482)
<b>V2</b>	Re 3C 53 P22 006 PI 2 $\Phi_{\text{ext-fourreau}}$ : 328 mm- ep : 10 mm Inclinaison : verticale Matière : AG3net	Source chaude Nature : Compartiment C2 (rapport RHF N°514)
<b>V3</b> Circuit de Renoyage Ultime	Re 3C 53 P22 004 $\Phi_{\text{ext-fourreau}}$ : 720 mm – ep : 10 Inclinaison : verticale Matière : AG3net	Bouchon fourreau V3 Re 3C 53 P2 5001 et 5002 Matière : AG3net Sous-ensemble bloc central CRU V3 Re 3C 53 P2 750 Matière : Z2 CN 1810 Nature : composants
<b>V4</b>	Re 3C 53 P22 007 pl 2 $\Phi_{\text{ext-fourreau}}$ : 74 mm – ep : 7,5 Inclinaison : 8°29'57" Matière : AG3net	Doigt de gant V4 Nature : Compartiment C8 (rapport RHF N°495)
<b>V5</b>	Re 3C 53 P22 008 PI 2 $\Phi_{\text{ext-fourreau}}$ : 112 mm – ep : 7,5 Inclinaison : verticale Matière : AG3net	Tape obturation V5 Matière : AG3net Nature : composant
<b>V6</b>	Re 3C 53 P22 009 PI 2 $\Phi_{\text{ext-fourreau}}$ : 74 mm – ep : 7,5 Inclinaison : 8°13'10" Matière : AG3net	Obturé par une tape Re 3C 53 P2 068 Matière : AG3net Nature : composant
<b>V7</b>	Re 3C 53 P22 075 PI 2 $\Phi_{\text{ext-fourreau}}$ : 74 mm – ep : 7,5 Inclinaison : 8°5'29" Matière : AG3net	Doigt de gant V7 Nature : Compartiment C10 (rapport RHF N°495)

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  
DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)**

Ind 0

Désignation	Ensemble Fourreau + bride	Enveloppe externe dispositif
<p><b>CN1 à CN3</b></p> <p><b>Clapets de convection naturelle cœur</b></p>	<p>Re 3C 53 P22 010-2 à 012-2</p> <p><math>\Phi_{\text{ext-fourreau}}</math> : 95 mm (au niveau de la soudure sur la plaque inférieure) à 133mm – ep : 7,5</p> <p>Inclinaison : verticale</p> <p>Matière : AG3net</p> <p>le fourreau est raccordé au compartiment C1. Quand le clapet est fermé, ce raccordement est en HP, ainsi que la lame d'eau lourde en HP.</p>	<p><u>Corps du clapet</u></p> <p>RE 3C 53 P2 505 à 507</p> <p><math>\Phi_{\text{ext}}</math> : 110 mm – ep : 10 mm (en partie basse) à 5 mm (en partie haute)</p> <p>Etanchéité assurée par 3 segments en partie basse du corps</p> <p>Matière : AG3net</p> <p><u>Tête de clapet</u></p> <p>RE 3C 53 P2 551</p> <p>Matière : AG3net</p> <p>Nature : Accessoire sous pression</p>
<p><b>CN4</b></p> <p><b>Clapets de convection naturelle barre</b></p>	<p>Re 3C 53 P22 013-2</p> <p><math>\Phi_{\text{ext-fourreau}}</math> : 95 mm (au niveau de la soudure sur la plaque inférieure) à 133mm – ep : 7,5</p> <p>Inclinaison : verticale</p> <p>Matière : AG3net</p> <p>Le fourreau est raccordé à la crosse de la tuyauterie du circuit CRA donc en HP ?</p>	<p><u>Corps du clapet</u></p> <p>RE 3C 53 P2 508</p> <p><math>\Phi_{\text{ext}}</math> : 110 mm – ep : 10 mm (en partie basse) à 5 mm (en partie haute)</p> <p>Etanchéité assurée par 3 segments en partie basse du corps</p> <p>Matière : AG3net</p> <p><u>Tête de clapet</u></p> <p>RE 3C 53 P2 551</p> <p>Matière : AG3net</p> <p>Nature : Accessoire sous pression</p>
<p><b>BS1 à BS5</b></p> <p><b>Barres de sécurité</b></p>	<p>Re 3C 53 P22 014 à 018</p> <p><math>\Phi_{\text{ext-fourreau}}</math> : 135 mm – ep : 7,5 (au niveau de la soudure sur la plaque inférieure)</p> <p>Inclinaisons :</p> <p>BS1 : 5°6'51"</p> <p>BS2 : 5°23'37"</p> <p>BS3 : 2°43'50"</p> <p>BS4 : 2°15'43"</p> <p>BS5 : 5°40'35"</p> <p>Matière : AG3net</p>	<p>Bloc presse étoupe</p> <p>Re 3C 54 P2 153</p> <p>Matière : AG3net</p> <p>Lanternes du bloc presse étoupe</p> <p>Elément assurant l'étanchéité dynamique lors du coulissage de la barre de sécurité</p> <p>Plan d'ensemble : RE 3C 54 P2 125</p> <p>Nature : Composant</p>
<p><b>Sortie D<sub>2</sub>O</b></p>	<p>Tuyauterie + bride</p> <p>Re 3C 53 P22 020</p> <p><math>\Phi_{\text{ext-fourreau}}</math> : 420 mm – ep : 10 mm</p> <p>Inclinaison : verticale</p> <p>Matière : AG3net</p>	<p>Clapet Casse siphon</p> <p>Re 3C 53 P3 200-2</p> <p>Matière : AG3net</p> <p>Elément de sûreté permettant la mise en communication des tuyauteries entrée et sortie D2O</p> <p>Nature : Accessoire</p>

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 14/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### 2.2.2.2 La structure inférieure

Ce sous-ensemble comprend tous les éléments se trouvant en-dessous de la bride de corps et confinant l'eau lourde à basse pression.

#### 2.2.2.2.1 La bride supérieure

La bride supérieure (RE 3C 53 P12 000 Pl.3), pièce en Ag3net de Ø intérieur 2 500 mm de longueur et d'épaisseur 315 mm, est soudée sur la virole et constitue le plan de joint entre le bidon réflecteur et la structure supérieure qui sépare le volume bloc-pile de la piscine. Cette séparation est matérialisée par la plaque inférieure de la structure supérieure du bloc-pile. Le serrage des brides est obtenu par des boulons en acier inoxydable. Des fourrures en Zircaloy sont emmanchées dans les trous pour éviter le contact entre l'aluminium Ag3net et l'acier inoxydable.

#### 2.2.2.2.2 La virole cylindrique

La virole cylindrique (RE 3C 53 P12 009) constitue le corps de la paroi externe du bloc pile, sur lequel sont présentes 16 ouvertures qui permettent le passage des canaux expérimentaux. Ces ouvertures sont des extrusions radiales tronconiques à base hémisphérique. La disposition de ces ouvertures n'est pas régulière, elle dépend de la configuration des canaux.

C'est une pièce en aluminium Ag3net de Ø 2 500 mm, de hauteur 2 200 mm et d'épaisseur 30 mm. En périphérie de la virole cylindrique, sont présentes 16 extrusions radiales tronconiques à base hémisphérique de diamètre variable compris entre 325 mm et 425 mm. Une ouverture de dimension plus importante de Ø 900 mm est également présente pour accueillir le doigt de gant H1-H2.

#### 2.2.2.2.3 Les manchettes de doigt de gant

Sous-ensemble constitué de 3 parties (partie avant, sous-ensemble compensateur, partie arrière) dont l'objectif est d'assurer l'étanchéité entre l'eau lourde du bloc pile et l'eau légère de la piscine, et d'absorber les déformations du bloc pile par rapport aux structures rigides constituées par la piscine (parois béton). Il prolonge les extrusions présentes sur la virole.

Il existe trois types de manchettes, dont les composants sont raccordés entre eux par soudage bout à bout en pleine pénétration :

- Manchettes Horizontales (Re 3C 53 P6 3015) : Canaux H1-H2 (dimensions spécifiques) composée des pièces suivantes :
  - Bride usinée en aluminium Ag3net de Ø intérieur variable compris entre 1 460 mm et 1 424 mm, de longueur 150 mm et d'épaisseur variable comprise entre 15 mm et 125 mm,
  - Virole conique en aluminium Ag3net de Ø intérieur 1 424 mm au niveau de la grande base et 1 070 mm au niveau de la petite base,
  - Virole cylindrique en aluminium Ag3net de Ø intérieur 1 070 mm de longueur 445 mm et de 15 mm d'épaisseur,
  - Sous-ensemble compensateur décrit dans le rapport RHF n°504.

Le volume du bidon réflecteur C11 est fermé au niveau des manchettes des canaux H1-H2 par le doigt de gant H1/H2 décrit dans le rapport RHF n°512.

 <b>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</b>	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 15/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

- Manchettes Horizontales (Re 3C 53 P6 7221) : Canaux H3 à H13 (dimensions identiques) composées des pièces suivantes :
  - Bride usinée en aluminium Ag3net de Ø intérieur variable compris entre 555 mm et 660 mm, de longueur 213 mm et d'épaisseur variable comprise entre 10 mm et 142,5 mm,
  - Virole cylindrique en aluminium Ag3net intérieur 555 mm de longueur 617 mm et de 10 mm d'épaisseur,
  - Virole conique en aluminium Ag3net de Ø intérieur 555 mm au niveau de la grande base et de Ø intérieur 420 mm au niveau de la petite base,
  - Sous-ensemble compensateur décrit dans le rapport RHF n°505.

Le volume du bidon réflecteur C11 est fermé au niveau des manchettes des canaux H3 à H13 par leurs doigts de gant respectifs décrits dans les rapports RHF N°481, 487, 492 et 493.

- Manchettes Inclinées (Re 3C 53 P6 7201) : Canaux IH1 à IH4 (dimensions identiques) composées des pièces suivantes :
  - Bride usinée en aluminium Ag3net de Ø intérieur variable compris entre 485 mm et 380 mm, de longueur 213 mm et d'épaisseur variable comprise entre 10 mm et 152,5 mm,
  - Virole cylindrique en aluminium Ag3net de Ø intérieur 380 mm de longueur 712,3 mm et de 10 mm d'épaisseur,
  - Virole conique en aluminium Ag3net de Ø intérieur 380 mm au niveau de la grande base et 245 mm au niveau de la petite. Base,
  - Sous-ensemble compensateur décrit dans le rapport RHF n°505.

Le volume du bidon réflecteur C11 est fermé au niveau des manchettes par le doigt de gant IH3 décrit dans le rapport RHF n°490. Les autres canaux IH sont fermés de la manière suivante :

- Canal IH1 : Tape d'obturation manchette (Re 3C 53 P6 280 et 281) :
  - Disque en inox de Ø 660 mm et d'épaisseur 75 mm maxi présentant de multiples perçages et usinages. 18 trous nécessaires à la fixation sur la manchette sont uniformément répartis autour de la bride. Un alésage de Ø 84 mm est positionné à 138 mm de l'axe central pour accueillir le composant bouchon.
  - Protection biologique N°1 en inox de Ø 386 mm et d'épaisseur 70 mm maxi, présentant de multiples usinages. Un alésage de Ø intérieur 84 mm est présent en partie centrale est positionné à 138 mm de l'axe central.
  - Protection biologique N°2 en inox de Ø 386 mm et d'épaisseur 70 mm maxi, présentant de multiples usinages. Un alésage de Ø intérieur 84 mm est présent en partie centrale est positionné à 138 mm de l'axe central.
  - Bouchon cylindrique en inox de longueur 235 mm de Ø 80 mm. Une bride de Ø 200 mm et d'épaisseur 24 mm usinée dans la masse et présente à la base du bouchon. Cette bride présente 8 perçages de Ø 18 mm uniformément répartis permettant le raccordement sur la tape.
  - Protection biologique N°3 de forme cylindrique tronquée, de longueur 235 mm de Ø 130 mm présentant deux usinages en partie supérieure. Deux trous taraudés de Ø M10 permettent le raccordement de cette pièce sur la protection biologique N°2.



	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 16/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

- Canal IH2 et IH4 : Tape d'obturation manchette (Re 3C 53 P6 601 à 603) :
  - Disque en inox de  $\varnothing$  660 mm et d'épaisseur 75 mm maxi présentant de multiples perçages et usinages. 18 trous nécessaires à la fixation sur la manchette sont uniformément répartis autour de la bride. Un alésage de  $\varnothing$  120 mm est présent en partie centrale pour permettre le passage du tube guide de sonde.
  - Protection biologique en inox de  $\varnothing$  386 mm et d'épaisseur 110 mm maxi, présentant de multiples usinages. Un alésage de  $\varnothing$  intérieur 120 mm est présent en partie centrale.
  - Protection biologique en inox de  $\varnothing$  386 mm et d'épaisseur 110 mm maxi, présentant de multiples usinages. Un alésage de  $\varnothing$  intérieur 120 mm est présent en partie centrale.

Les deux disques de  $\varnothing$  386 mm sont superposés et fixés à la fois entre eux et sur le disque de  $\varnothing$  660 mm par quatre vis M16.

#### 2.2.2.2.4 La bride de renfort

La bride de renfort (RE 3C 53 P12 002) est un composant situé à la base de la virole cylindrique, dont la fonction est de limiter les contraintes de flexion dues à la discontinuité géométrique entre la virole et le fond conique.

La tuyauterie DRG (RE 3C 53 P12 061) permet d'amener l'eau lourde rapidement vers des détecteurs de neutrons différés pour vérifier l'intégrité du combustible (dans le cas de l'utilisation d'une grille de tranquillisation plate – non utilisé aujourd'hui : obturée).

Ces pièces sont usinées en aluminium Ag3net de  $\varnothing$  intérieur 2 235 mm et d'épaisseur variable comprise entre 30 mm et 315 mm. Un canal de  $\varnothing$  39 mm traverse d'un côté, toute l'épaisseur de la bride. Une tuyauterie de  $\varnothing$  45 mm et de 3 mm d'épaisseur est raccordée sur la face extérieure de la bride. Cette tuyauterie permet l'évacuation de l'énergie thermique résiduelle émise par les structures du bloc pile lors des phases d'arrêt.

#### 2.2.2.2.5 Le fond conique

Le fond conique (RE 3C 53 P12 001) est une pièce soudée à la ceinture de renfort. La forme conique est obtenue par forgeage. Il est soudé également sur le tube central d'appui.

L'épaisseur de ce fond conique est de 70 mm en raison des contraintes élevées dues à la pression.

Ce composant ferme le compartiment en partie inférieure. C'est une pièce usinée de forme conique en aluminium Ag3net. Le  $\varnothing$  intérieur de la grande base mesure 2 240 mm, celui de la petite base mesure 690 mm. Epaisseur variable comprise entre 30 mm et 78 mm.

#### 2.2.2.2.6 La jupe d'appui

La jupe d'appui (RE 3C 53 ZE P12 005) est formée d'une virole cylindrique soudée à la partie supérieure sur la ceinture de renfort, à la partie inférieure sur la plaque de base. Elle est percée de quatre ouvertures circulaire symétriques. Elle forme, avec le fond conique, le tube central d'appui et la plaque de base, un système hyperstatique.

Cette pièce, virole cylindrique de  $\varnothing$  2 500 mm, de longueur 1 710 mm et d'épaisseur 30 mm, ne participe pas à la tenue en pression du compartiment, c'est un élément de supportage et de raccordement au sol de la structure.

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 17/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

#### 2.2.2.2.7 La plaque de base

Ce composant (RE 3C 53 ZE P12 005) est destiné à l'appui du bloc-pile sur le fond de la piscine. Le plan d'appui est constitué d'une couronne périphérique et d'une petite couronne centrale au droit du tube central d'appui ; les différents niveaux sont rattrapés par des cales d'épaisseur.

C'est un disque en aluminium Ag3net de diamètre extérieur 2 336 mm et d'épaisseur 30 mm. Au centre du disque est usiné dans la masse un piquage cylindrique traversant de Ø intérieur variable compris entre 85 mm et 340 mm. Cette pièce ne participe pas à la tenue en pression du compartiment, c'est un élément de supportage et de raccordement au sol de la structure.

La plaque de base est composée d'une bride forgée, boulonnée à une pièce centrale constituée par une toile ajourée. Elle est prolongée par la tuyauterie de queue de barre qui descend jusqu'en machinerie au sous-sol du bâtiment réacteur. Cette tuyauterie ferme le volume du compartiment C11 en partie basse.

La jupe d'appui est soudée sur le collet de la bride, le tube central d'appui est soudé sur la pièce centrale.

#### 2.2.2.3 Caractéristiques du compartiment C11

<b>Compartiment réflecteur BP (C11)</b>		
<b>Caractéristiques</b>		<b>Unités</b>
P. maximale admissible (PS)	4,85*	Bars rel
P utilisation	3	Bars rel
P épreuve initiale (PE)	4,6*	Bars rel
T°. maximale admissible (TS)	56,5	°C
T° de fonctionnement	45 à 48	°C
Volume (réel)	15 000	litres
Nature du fluide	Eau lourde	
Groupe de dangerosité	2	
Activité (compartiment)	7 050 000	MBq
Catégorie de risque pression	I	
Niveau ESPN	N2	
Classification	EIS de rang 3	

 <b>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</b>	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 18/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

\* Pour rappel, la pression PS est la pression relative par rapport à la pression atmosphérique en un point donné de l'équipement. Le bloc pile ne fonctionne jamais en pression sans que la piscine soit pleine, c'est-à-dire avec globalement 11,5 m d'eau légère au-dessus, soit une pression extérieure de 1,15 bar. Ainsi la pression maximale vue par la paroi du compartiment est de 4,85 – 1,15 soit 3,7 bars. L'épreuve de l'équipement neuf a été réalisé sur l'équipement en atelier et par conséquent la pression vue par l'équipement était de 4,6 bars.

## 2.3 Conception et fabrication du bidon réflecteur HP et BP

Le bidon réflecteur a été fabriqué pour la 1<sup>ère</sup> fois en 1969 puis remplacé en 1994. La dernière fabrication a été confiée à la société allemande ZEPPELIN et différents sous-traitants Anglais et Français de l'ILL dont les principaux sont : FORWARD INDUSTRIE (cheminée centrale) et ANDRE constructions mécaniques (porte combustible). Sauf pour les bouchons et composants accessoires de la partie supérieure.

A l'époque cet équipement n'était soumis à aucune réglementation en exploitation du fait du fluide mis en œuvre (eau lourde).

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.

La fabrication a été suivie par une tierce partie (TÜV).

### 2.3.1 Conception du bloc pile

Le bidon réflecteur a fait l'objet durant la phase de conception d'une vérification de la tenue du bloc pile dans le cadre des règles ASME pour les matériels de la classe 1.


Le bidon réflecteur a également fait l'objet d'une note de calcul (C N92 048) visant à vérifier l'aptitude de la structure à résister aux situations suivantes :

- déformation progressive,
- déformation excessive,
- fatigue,
- séisme.

Sur la base des résultats de la note de calcul, il a été réalisé une maquette du bidon réflecteur et de la structure supérieure. Ce modèle a été exécuté en polyméthacrylate de méthyle et à l'échelle 1/5.

Les essais ont été conduits, d'abord sur chacun des ensembles séparés, puis sur maquette assemblée. Des jauges de contraintes, puis un examen par photostress, ont été utilisés pour définir les niveaux les plus chargés, mesurer les contraintes et leur distribution. L'essai a été conduit à l'air sous une pression assez faible compte tenu du matériau employé. Les déformations ont été mesurées.

Des zones critiques ont été déterminées, dont le constructeur a dû tenir compte : renforts du diffuseur d'entrée d'eau lourde (structure supérieure) et de la virole conique du bidon.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 19/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## 2.3.2 Fabrication du bloc pile HP (C1)

### 2.3.2.1 Le fourreau cheminée et le collecteur d'entrée

L'approvisionnement des pièces, en aluminium Ag3net a fait l'objet d'une vérification complète conformément aux spécifications Re 3C 53 S 0210 Ind. B.

Les assemblages soudés ont fait l'objet d'une qualification conformément à la spécification d'origine (Re 3C 53 S1005 Ind. F).

En cours de fabrication des contrôles par ressuage, radiographie ont été réalisés conformément aux spécifications Re 3C 53 S 0211 Ind. B (ressuage) et Re 3C 53 S 0212 Ind. B (radios).

Le contrôle final des assemblages soudés a consisté en une vérification à 100 % en ressuage et radiographie des soudures suivant les spécifications mentionnées ci-dessus.

### 2.3.2.2 La cheminée

L'approvisionnement des tôles et pièces forgées, en acier inoxydable 304L bas cobalt (< 500 ppm) a fait l'objet d'une vérification complète conformément à la spécification Re 3C 53 S 2016 Ind. B.

L'approvisionnement pièces en Zircaloy-4 a fait l'objet d'une vérification complète conformément à la spécification Re 3C 53 S 2012 Ind. A.

Une réception a été réalisée sur place chez le fabricant elle a consistée :

- En un essai hydraulique à 19,8 bars en pression interne de la partie supérieure de la cheminée durant 15 min spécification Re 3C 53 S 1012,
- En un essai hydraulique à 15,9 bars en pression interne de la partie basse de la cheminée durant 15 min suivant la spécification Re 3C 53 S 1012,
- En un test de fuite de l'assemblage vissé,
- En un test d'étanchéité à l'hélium qui a été réalisé suivant spécification Re 3C 53 S 1013.

Les assemblages soudés en acier inoxydables et Zircaloy-4 ont fait l'objet de qualifications et d'essais conformément à la spécification d'origine : Re 3C 53 S 2018 Ind. B.

En cours de fabrication des contrôles par ressuges et radiographies ont été réalisés conformément aux spécifications Re 3C 53 S 1008 Ind. F (ressuage) et Re 3C 53 S 1010 ind. H (radios).

Le contrôle final des assemblages soudés a consisté en une vérification à 100 % en ressuage et radiographie des soudures suivant les spécifications mentionnées ci-dessus.


### 2.3.2.3 Le porte combustible

L'approvisionnement de l'aluminium Ag3net et du Zircaloy-4 a fait l'objet d'une vérification complète conformément aux procédures Re3C 53 S 1001 Ind. H, Re 3C 53 S 1008 et 1009.

Aucun assemblage soudé n'est présent sur ce sous-ensemble fonctionnel.

En cours de fabrication un contrôle par ressuage a été réalisé sur l'embout porte combustible conformément à la spécification Re 3C 53 S 1008 Ind. F (ressuage).

Une réception a été réalisée sur place chez le fabricant elle a consisté en une vérification de la conformité du matériel au cahier des charges Re 3C 53 S 1041 Ind. B.

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 20/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

#### 2.3.2.4 Le tube central

L'approvisionnement du tube forgé, en aluminium Ag3net a fait l'objet d'une vérification complète conformément à la spécification Re 3C 53 S 0210 Ind. B.

Les assemblages soudés ont fait l'objet d'une qualification conformément à la spécification d'origine : Re 3C 53 S1005 Ind. F.

En cours de fabrication des contrôles par ressuage, radiographie et ultra-son ont été réalisés conformément aux spécifications Re 3C 53 S 0211 Ind. B (ressuage) et Re 3C 53 S 0212 Ind. B (radios) et Re 3C 53 S 0213 Ind. B.

Le contrôle final des assemblages soudés a consisté en une vérification à 100 % en ressuage et radiographie des soudures suivant les spécifications mentionnées ci-dessus.

### 2.3.3 Fabrication du bloc pile BP (C11)

#### 2.3.3.1 Bidon réflecteur (y compris la partie supérieure)

L'approvisionnement des matières en aluminium Ag3net a fait l'objet d'une vérification complète conformément aux spécifications Re 3C 53 S1000 Ind. H, Re 3C 53 S1001 Ind. H et Re 3C53 S 1018.

Les assemblages soudés en aluminium Ag3net ont faits l'objet de qualifications et d'essais conformément à la spécification d'origine : Re 3C 53 S 1005 Ind. F.

Douze procédés de soudage qualifiés selon la spécification Re 3C53 S 1003 Rev. I et la procédure Re 3C53 ZE S 0 2004 Rev. I ont été nécessaires pour réaliser l'ensemble des soudures :

- 8 procédés manuels TIG,
- 2 procédés semi-auto MIG,
- 1 procédé automatique TIG réalisé par machine orbitale destiné à réaliser les soudures de tube par l'intérieur,
- 1 procédé mixte TIG/MIG.

Par ailleurs, un procédé de soudage TIG manuel a été qualifié pour réparer les soudures réalisées en MIG sur les tôles de forte épaisseur (30mm).

Quatre soudeurs et opérateurs ont été certifiés pendant la qualification des procédés de soudage.

Chaque procédé de soudage a fait l'objet d'un dossier spécifique préalablement approuvé avant que ne soient réalisées les soudures de production.

Le cahier de soudage Re 3C53 ZE S 0 2003 Rev. M précise le repère de la soudure et le mode opératoire mis en œuvre pour tous les joints soudés.

Les assemblages soudés ont fait l'objet de témoins de production et d'essais représentatifs permettant d'apprécier les retraits de soudage.

Après soudage, chaque usinage final a été précédé d'un traitement de détensionnement à 280°C selon la procédure Re 3C53 S0 2023 Rev. C.

Chaque soudure a fait l'objet, avant et après détensionnement, de contrôles radiographiques et de ressuages.

Chaque joint soudé a fait l'objet d'un rapport de soudage annexé dans la LOFC concernée.

Le contrôle final des assemblages soudés a consisté en une vérification à 100 % en ressuage et radiographie des soudures suivant les spécifications mentionnées ci-dessus.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 21/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### 2.3.3.2 Manchettes canaux

Les manchettes ont été fabriquées ou modifiées entre 1989 et 1994 dans le cadre du remplacement du bloc pile.

La manchette H1H2 a été réalisée par la société Neyrpic. Les manchettes H et IH ont été réalisées à parts égales par les sociétés PALY et NFM sauf une qui a été modifiée par Girod Sisa.

Des spécifications d'approvisionnement d'équipement ILL ont été écrites pour la réalisation des composants manchette. Le cahier des charges comportait des spécifications techniques pour la réalisation des manchettes (Re3C53S1023, 1035, 1040 et 1044) ainsi qu'un ensemble de spécifications concernant le soudage, les approvisionnements, les contrôles non destructifs, les épreuves (Re3C53S1002 à 1007, 100§8 à 1011 et 1013) et les plans d'ensemble et de détails.

Quels que soient leurs types, les manchettes ont toutes été fabriquées par la société NFM en 1993 dans le cadre du remplacement du bloc pile.

L'approvisionnement des pièces, en aluminium Ag3net a fait l'objet d'une vérification complète et les assemblages soudés ont fait l'objet d'une qualification suivant les spécifications mentionnées ci-dessus.

En cours de fabrication des contrôles par ressuage, radiographie ont été réalisés conformément aux spécifications et le contrôle final des assemblages soudés a consisté en une vérification à 100 % en ressuage et radiographie 100 % des soudures bout à bout suivant les spécifications mentionnées ci-dessus.

La réception finale des manchettes a consisté :

- en une épreuve en pression externe à 2,9 ou 4,6 bars rel. du composant manchette,
- en une épreuve en pression interne à 4,75 ou 4,6 bars rel. du composant manchette,
- en un test hélium du sous-ensemble final (manchette + soufflets compensateurs) à un niveau compris en  $6 \cdot 10^{-7}$  mb.l/s<sup>-1</sup> et  $6 \cdot 10^{-8}$  mb.l/s<sup>-1</sup> en fonction des volumes des manchettes concernées.


### 2.3.3.3 Plaque inférieure, fourreaux et composants

L'approvisionnement des matières en aluminium Ag3net a été fait selon les spécifications générales citées ci-dessus.

- Ensembles tubes fourreaux/brides : ce sont des pièces usinées à l'exception de V1 et V3 pour lesquelles la bride a été soudée sur la partie cylindrique du fourreau, avant usinage. La partie cylindrique du fourreau peut être constituée de plusieurs parties soudées entre elles. Les fourreaux de grand diamètre V1 et V3 sont des viroles roulées soudées. Le demi-tore constituant la sortie D2O est constitué de deux demi-coquilles soudées entre elles et obtenues à partir de tôle emboutie à chaud (280 °C).

La réalisation des soudures bout à bout des tubes fourreaux sur la structure supérieure a été effectuée par procédé TIG au moyen d'une machine spécialement conçue par le constructeur, l'accès manuel n'étant pas possible. Ceci a permis par ailleurs de réduire le risque de défauts. Chaque soudure a été soumise aux contrôles suivants :

- ressuage 100 %,
- radiographie 100 %,
- test hélium; critère :  $10^{-8}$  mbar/l/sec.

 <b>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</b>	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 22/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

- Sous-ensemble Bouchon V3 : il est constitué d'un bouchon annulaire dans lequel vient s'insérer le sous-ensemble bloc central V3 du CRU. Le bouchon annulaire a été fabriqué en 1993 par André; le sous-ensemble bloc central CRU a été réalisé en 2010 par la société Collet Amblard, selon les règles d'assurance de la qualité en vigueur à l'ILL. Il est constitué de deux pièces usinées dans des barres forgées Ag3net (bloc central et bride du bloc central). Ces deux pièces sont bridées entre elles, l'étanchéité étant assurée par deux joints. Les portées de joint ont été contrôlées par ressuage et un test hélium a été réalisé. Un test en pression à 8,58 bars a été effectué.
- Corps des clapets de convection naturelle et casse siphon : les corps de clapets ont été fabriqués dans le cadre du projet de nouveau bloc pile par la société allemande NTG. Ils sont constitués de 3 pièces usinées soudées entre elles. Les soudures ont été soumises aux contrôles suivants :
  - ressuage 100 %,
  - radiographie 100 %.
- Têtes de clapets de convection naturelle : elles ont été fabriquées en 2004 par la société SENSOREX.
- Tapes V5 et V6 : réalisées par un sous-traitant usineur de l'ILL à partir de ronds fournis par l'ILL.
- Blocs presse étoupe : réalisé avec l'ensemble fonctionnel des barres de sécurité à partir d'Ag3net (rond) fourni par l'ILL. Les seules opérations sont de l'usinage et un traitement d'oxydation anodique dure.

#### **2.3.4 Réception finale de l'ensemble bloc pile (C1 + C11)**


La réception finale du bloc pile a consisté :

- En un essai hydraulique à 17,9 bars en pression interne de la partie HP (pour la cheminée, les fourreaux des clapets N1 à N4, la tuyauterie d'entrée d'eau lourde, le casse-siphon, le tube central et la tuyauterie de refroidissement de la barre de pilotage), suivant spécification Re 3C 53 S 0215 Ind. D durant 15 min.
- En un essai hydraulique à 4,6 bars en pression interne durant 15 min pour tout le bloc pile (sans les manchettes) suivant spécification Re 3C53 S 0 2015 Rev. D.
- En des tests hélium réalisés selon la procédure Re 3C53 ZE S 0 2016 Rev. D. Les valeurs mesurées sont conformes aux exigences spécifiées (cf. procès-verbal H 030 de la LOFC Re 3C53 ZE S2 2401 Rev. B) : la valeur du débit de fuite est inférieure à  $0,5 \cdot 10^{-7}$  mbar.l.sec<sup>-1</sup> (tests locaux).
- En un test d'étanchéité global à l'hélium à  $1 \cdot 10^{-6}$  mbar.l.sec<sup>-1</sup> suivant spécification Re 3C 53 S 0216 Ind. D sur site, en place dans la piscine.

Au cours de ces épreuves, les déplacements ont été contrôlés et les valeurs sont conformes aux valeurs attendues (cf. note GP93-454 JT/kmj Ind. B).

Après épreuve, aucune déformation résiduelle n'a été constatée (cf. procès-verbal D 001 de la LOFC Re 3C53 ZE S2 2401 Rev. B).

L'ensemble des procès-verbaux de contrôle, des certificats matières et des spécifications techniques utilisées lors de la fabrication sont disponibles dans le dossier de fabrication.

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 23/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## **2.4 Caractéristiques des fluides en contact avec les compartiments C1 et C11**

En fonctionnement normal les deux compartiments qui composent le bidon réflecteur sont conditionnés comme suit en eau lourde et en eau légère.

### **2.4.1 Eau lourde**

L'eau lourde en contact avec la paroi intérieure du compartiment C11 (bidon réflecteur BP) et les parois internes et externes du compartiment C1 (bidon réflecteur HP) est déminéralisée.

La conductivité et le pH de l'eau sont contrôlés en permanence par des sondes. Ses caractéristiques 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. 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 définis dans la CPE N°36 Ind. J.

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

### **2.4.2 Eau légère**

L'eau légère mise en œuvre dans la piscine est déminéralisée.

La conductivité et le pH de l'eau sont contrôlés de façon hebdomadaire.

Ses caractéristiques sont : conductivité inférieure à  $3\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  et pH entre 4,5 et 6.5.

## **2.5 Exploitation des compartiments C1 et C11**

### **2.5.1 Suivi de la pression dans les compartiments :**

Les signaux de pression issus de chaque capteur sont transmis en salle électronique où ils sont traités de manière centralisée.

Compartiment C11 : (pression sortie cœur)

La pression dans le bidon réflecteur est mesurée en sortie du cœur par la mesure de pression 411MP01 a.b.c. En plus du suivi et de l'enregistrement permanent de ces valeurs, des alarmes ainsi que des automatismes de sécurité sont mis en œuvre en fonction des seuils de pression atteints.



Mesure de pression	Valeur seuil (bar abs)	Automatismes mis en œuvre
411MP01 a.b.c max		Arrêt pompes pressurisation en 2/3 entraînant l'arrêt pompes principales D <sub>2</sub> O
411MP01 a.b.c seuil mini haut	3.40 bars	Chute de barre en 2/3 + Arrêt pompes principales D <sub>2</sub> O en 2/3
411MP01 a.b.c seuil mini min bas	2.00 bars	Arrêt des pompes Circuit Refroidissement Air Barre 422 PP 01/02/03 en 2/3 (Une des conditions de déclenchement des VPNF)
411MP01 a seuil Haut	4.57 bars	Arrêt de la 2ème pompe de pressurisation
411MP01b seuil Bas	4.00 bars	Mise en route 2ème pompe pressurisation (Arrêt 25 secondes après ou par seuil Haut)

Compartiment C1 : (pression entrée cœur)

La pression dans le bidon réflecteur HP est mesurée en entrée cœur par la mesure de pression 411MP02 a. Un suivi et un enregistrement permanent sont réalisés sur cette mesure. Aucun automate n'est mis en œuvre sur cette mesure.

## 2.5.2 Suivi de la température des compartiments

La température de l'eau lourde dans le bloc pile (compartiments C1 et C11) est suivie par les mesures de température 411MT01 (C1 : entrée cœur) 421MT01 (C1 : sortie barre de pilotage) et 411MT02 (C11 : sortie cœur). Pour certaines mesures, des automatismes de sécurité sont mis en œuvre en fonction des seuils de température atteints. Ces seuils sont les suivants :

- Compartiment C1 :

Mesure de température	Valeur seuil	Automatismes mis en œuvre
411MT02 b.c.d seuil haut	35°C	Baisse de puissance contrôlée en 2/3
411MT02 a.b.c seuil max	37°C	Chute de barre en 2/3
421MT01	42°C	Alarme, Aucun automate associé

- Compartiment C11 :

Mesure de température	Valeur	Automatismes mis en œuvre
411MT01 d	50°C	Alarme, aucun automate associé

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 25/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### 2.5.3 Détection de fuites

Sur le bloc pile (compartiments C1 et C11) des analyses d'eau sont réalisées de manière hebdomadaire. Dans le cas d'une fuite d'eau lourde vers la piscine, la détection serait donc assurée principalement par une augmentation anormale de tritium dans l'eau de piscine (détection très sensible).

Dans le sens inverse, le cas d'une fuite d'eau légère vers le bloc pile la détection serait assurée via la modification de la composition chimique de l'eau lourde avec son détritragé (99,80 % en temps normal).

## 2.6 Localisation des compartiments

Les deux compartiments indissociables forment le bloc pile du réacteur RHF de l'ILL. Il est situé au centre et au fond de la piscine principale du réacteur dans le bâtiment réacteur. Il est immergé et une protection biologique est réalisée par 7 m d'eau au-dessus de la plaque supérieure.

Le compartiment bidon réflecteur HP C1 est logé principalement au centre du compartiment bidon réflecteur BP (C11).

Le compartiment BP C11 constitue à lui seul le volume à l'intérieur duquel sont logés tous les dispositifs expérimentaux de l'ILL. Sa paroi interne baigne dans l'eau lourde tandis que sa paroi externe est au contact de l'eau légère de la piscine. Le compartiment C11 possède plusieurs prolongements jusqu'aux parois béton de la piscine. Ils traversent ainsi la piscine, la peau piscine ainsi que le génie civile de la piscine.

## 2.7 Accessoire de sécurité associé


Les compartiments du bloc pile sont des volumes continuellement remplis en eau lourde. Le point haut du circuit primaire, comprenant les deux compartiments C1 et C11 du bloc pile, est le vase d'expansion 431 RP01 qui a un ciel en gaz. Ce réservoir est protégé contre les surpressions par une soupape tarée à 0,1 bar.

La pression du circuit Basse Pression (BP) est obtenue par des pompes dites « pompes pressurisation » qui prennent de l'eau dans le vase d'expansion et l'injecte dans le coude de retour du circuit primaire proche du bloc pile. Les caractéristiques de ces pompes sont telles que la pression maximale en sortie (débit nul) est de 4,1 bars sachant que la pression à l'aspiration est inférieure à 0,1 bar.

Ainsi, concernant le compartiment C11, le risque de surpression n'existe pas puisque la pression de service du compartiment (PS = 4,85 bars) est supérieure à la pression à laquelle le générateur de pression peut atteindre.

La pression du circuit Haute Pression (HP) est obtenue principalement par la perte de charge du débit principal du circuit primaire dans le combustible. La perte de charge dans la grille rabattue en aval du combustible est négligeable (RHF n°414). Les pompes principales font circuler l'eau lourde dans le combustible avec un débit nominal de (2 370 m<sup>3</sup>/h). Les séquences de fonctionnement des pompes principales assurent que les pompes ne peuvent fonctionner que si les vannes du circuit principales sont ouvertes. Ainsi la pression maximale dans le circuit HP, et par liaison le compartiment C1, ne peut pas être supérieure à la pression de la BP additionnée à la perte de charge dans le combustible et dans le compartiment C11. Ainsi, dans le cas le plus défavorable, la perte de charge dans le combustible est de 11 bars, ce qui conduit à une pression en amont de celui-ci de 15,1 bars inférieure à la pression de service du compartiment C1 de 15,45 bars.

De la même façon que pour le compartiment C11, le risque de surpression n'existe pas pour le compartiment C1.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 26/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## **2.8 Accessoires sous pression raccordés**

### Compartiment C1 :

Un accessoire sous pression est raccordé au compartiment C1 est permet l'ouverture du bloc pile pour principalement le chargement et le déchargement du combustible. Il est bridé sur la partie supérieure de la cheminée et baigne dans l'eau de la piscine.

C'est la vanne réacteur 713VP04.

### Compartiments C1 et C11 :


Des accessoires sous pression permettent de contrôler la communication entre les deux compartiments en fonction du mode de fonctionnement du réacteur (refroidissement normal et par convection naturelle).

Ce sont les clapets Convection Naturelle (CN) installés dans des fourreaux du compartiment C11 (verticaux) et reliés par des tuyauteries (débouchant dans le fourreau de la cheminée centrale) du compartiment C1. Ils sont pilotés par la pression du circuit CRAB. Ils portent les références 713CN1, 713CN2 et 713CN3.

Un quatrième clapet de convection naturelle est installé dans un fourreau du compartiment C11 (vertical) et relié par une tuyauterie à la tuyauterie de retour queue de barre faisant partie du C1. Celui-ci porte la référence 713CN4.

### Compartiment C11 :

Un accessoire sous pression est raccordé sur le coude de sortie du compartiment C11. Il permet de contrôler la communication entre les deux branches du circuit primaire HP et BP au niveau de la crosse (coude) que forment les deux circuits. Sa fonction en cas de nécessité est d'empêcher tout siphonage en reliant les deux parties hautes des coudes. Il est raccordé au compartiment C11. C'est le clapet Casse Siphon et il porte la référence 713CS.

 <b>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</b>	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 27/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### **3 JUSTIFICATION DE L'INCAPACITE A REALISER LES ACTIONS REGLEMENTAIRES SUR LES COMPARTIMENTS**

#### **3.1 Contexte**

Tel que déjà traité dans le document se rapportant à l'équipement « bloc pile », les textes réglementaires (arrêté ministériel 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 C1 et C11.

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.
- Une requalification Périodique (RP) tous les 10 ans comportant une inspection de requalification du compartiment, une épreuve hydraulique à PE = 120 % PS du compartiment.

#### **3.2 Obstacles à la réalisation des actions réglementaires**

##### **3.2.1 Vérification externe**

Pour rappel, la vérification externe est celle de l'équipement « bloc pile ».

Pour les cas des compartiments C1 et C11, ils forment principalement l'enveloppe externe du « bloc pile », puisque ce sont eux qui assurent le confinement de l'eau lourde vis-à-vis de l'eau légère de la piscine.


Pour les parties intérieures à la piscine, la vérification visuelle directe des parois n'est pas envisageable compte tenu du positionnement des compartiments dans la piscine et la présence d'eau. La vidange de l'eau de la piscine entraînerait la disparition de la protection biologique et interdirait tout accès humain aux parois. Seules les parois accessibles au platelage sont inspectables visuellement.

Les autres parois ne sont accessibles que par inspection visuelle indirecte télévisuelle. Les zones accessibles sont limitées par la présence de divers instruments et dispositifs dans la piscine et à proximité du bloc pile ainsi que par la géométrie et les dimensions du récipient et des ouvertures.

Ainsi, une vérification externe partielle des compartiments C1 et C11, en partie intérieure à la piscine, est effectuée tous les 40 mois par le biais de moyens télévisuels.

Pour les parties extérieures à la piscine, une vérification externe partielle du compartiment C11 est effectuée tous les 40 mois.

Cette vérification externe est réalisable réacteur à l'arrêt.

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 28/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### 3.2.2 Vérification interne

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.

- Compartiment enceinte intérieure C1

Du fait de la conception du bloc pile, l'accès à l'intérieur du compartiment C1 est matériellement possible puisque le combustible est inséré par la vanne réacteur et la cheminée. Par contre, compte tenu de l'activité résiduelle des structures du bloc pile aucun accès humain n'est possible.

Pour répondre à des préoccupations de sûreté, une inspection télévisuelle est réalisée tous les ans sur l'ensemble des parois visibles depuis la zone centrale du bloc pile. Elle consiste en une inspection de la paroi de la cheminée sur sa hauteur ainsi qu'une inspection de la partie haute du porte combustible et des internes comme la barre de pilotage.

- Compartiment enceinte intérieure C11

De la même manière que le compartiment C1, une inspection télévisuelle est réalisée tous les ans sur l'ensemble des parois visibles depuis la zone centrale du bloc pile. Elle consiste en une inspection de la face inférieure de la plaque inférieure de la partie supérieure, des parois de la virole, du fond conique et des internes comme la grille rabattue. Pour le cas particulier des parois du compartiment formées par les manchettes, une inspection télévisuelle est réalisée par l'exploitant à chaque démontage du doigt de gant permettant matériellement un accès à la paroi intérieure de la manchette correspondante.

- Paroi séparatrices entre C1 et C11

La paroi formée par la partie inférieure de la cheminée forme une paroi séparatrice entre les compartiments C1 et C11. Elle est inspectée du côté C1 lors de l'inspection du compartiment C1.

- Parois séparatrices entre C11 et C02


La paroi formée par l'enceinte extérieure de la source chaude ferme le bloc pile au niveau du fourreau V2. Les parties visibles de cette paroi sont inspectées télévisuellement lors de l'inspection du compartiment C11.

- Parois séparatrices entre C11 et C04

La paroi formée par l'enceinte extérieure de la source froide verticale ferme le bloc pile au niveau du fourreau V1. Les parties visibles de cette paroi sont inspectées télévisuellement lors de l'inspection du compartiment C11.

- Parois séparatrices entre C11 et C07 et entre C11 et C09

Les parois formées par l'enceinte extérieure (doigt de gant) des portes sources et échantillons ferment le bloc pile au niveau des fourreaux V4 et V7. Les parties visibles de ces parois sont inspectées télévisuellement lors de l'inspection du compartiment C11.

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 29/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

- Parois séparatrices entre C11 et C12 et entre C11 et C13 à C23 et entre C11 et C24 à C27

Pour le cas particulier des parois séparatrices entre le compartiment C11 et les soufflets manchettes, de la même façon que pour la manchette, une inspection télévisuelle est réalisée par l'exploitant à chaque démontage du doigt de gant permettant matériellement un accès à la paroi séparatrice de la manchette correspondante.

- Parois séparatrices entre C11 et C28 et entre C11 et C29 et entre C11 et C30

Les parois formées par le carter doigt de gant H1H2 ferment le bloc pile au niveau de la manchette H1H2. Les nez H1 et H2 en bout du carter doigt de gant H1H2 forment des parois supplémentaires sur le doigt de gant. Les parties visibles de ces parois sont inspectées télévisuellement lors de l'inspection du compartiment C11.

- Parois séparatrices entre C11 et C36, C37 et C40 et entre C11 et C38 et entre C11 et C42, C44 et C45 et entre C11 et C41 et C43 et entre C11 et C46 et entre C11 et C47

Les parois formées par les doigts de gant (H3, H4, H8, H6H7, H10, H12, H13, H9, H11, IH3 et H5) ferment le bloc pile au niveau de leur manchette respective. Les parties visibles de ces parois sont inspectées télévisuellement lors de l'inspection du compartiment C11.

Les inspections visuelles des parties visibles des compartiments C1 et C11 ainsi que les parois séparatrices des autres compartiments sont réalisables par des moyens d'inspections télévisuelles. Ces vérifications internes sont réalisables réacteur à l'arrêt.

### 3.2.3 Vérifications accessoires sous pression

Les accessoires sous pression doivent subir une inspection visuelle extérieure. Les vérifications réalisables tous les 40 mois sont :

- 713VP04 : inspection visuelle à partir du platelage en piscine (sans démontage du bloc pile),
- 713CN1, 713CN2, 713CN3 et 713CN4 : inspection visuelle de la partie supérieure à partir du platelage en piscine,
- 713CS : inspection visuelle directe de la partie supérieure à partir du platelage en piscine mais en inspection des parties tubulaires inférieures non réalisable car en-dessous du platelage et difficile à mettre en œuvre (compte tenu des accès).

Le démontage des parties internes des clapets notamment le démontage de la chemise avec les segments Zy-2 et les possibles frottements de ceux-ci sur les alésages du bloc pile n'a pas été prévu à l'origine pour être réalisé régulièrement. Seul été prévu un démontage de remplacement. Les gestes réglementaires de requalification sur ces accessoires ne seront réalisés qu'en cas de leurs remplacements.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 30/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### 3.2.4 Epreuves

L'épreuve des compartiments C1 et C11 nécessite des travaux préparatoires très importants pour isoler le bloc pile du circuit primaire :

- Déconnexion des collecteurs entrée-sortie, des tuyauteries des circuits CRA, DRG, épuration, vase d'expansion et mise en place de tapes. Blocage des clapets de convection naturelle et casse siphon. Dépose des parties basses des barres de sécurité et montage d'une tape. L'ensemble de ces opérations nécessite 23 semaines d'intervention.
- La dosimétrie collective estimée pour ces opérations est de 14 mSv.

Or, même si ces travaux très lourds sont en partie effectués lors du changement de doigt de gant H1/H2, l'épreuve des compartiments C1 et C11 nécessite un examen visuel direct des parois sous pression lors du maintien sous pression.

Or cet examen visuel direct des parois du bloc pile est tout simplement impossible, les surfaces concernées étant totalement inaccessibles en piscine pour des raisons radiologiques, le débit de dose en piscine étant typiquement de l'ordre de 1000 Gy.h-1.

Dans ces conditions, l'épreuve ne pourrait donc en aucun cas être validée par un OHA.

D'un point de vue technique, les étanchéités dynamiques telles que celles réalisées dans les mécanismes de barres de sécurité ne sont pas conçues pour fonctionner sans pressurisation et collecteur de fuite. La mise en eau de ce dispositif ou/et son démontage entraîne la mise au rebut des absorbants de barres de sécurité que nous ne savons pas remonter s'ils sont actifs. Il n'est pas envisageable pour l'ILL de mettre au rebut 5 absorbants de barre de sécurité pour cette opération.

De même, la séparation physique des deux compartiments pour réaliser une épreuve est difficilement concevable. En effet, cette séparation a été mise en œuvre à l'origine sur l'équipement non actif et le couvercle démonté. Cette situation n'est pas reproductible sur un équipement actif. De plus, les étanchéités par exemple de la cheminée avec le fourreau du bloc pile ne sont pas réalisées avec un joint mais avec des segments fendus en Zircaloy 2 n'assurant pas, par conception, une étanchéité parfaite mais simplement la limitation forte d'un débit de fuite. La séparation des compartiments pour une épreuve n'est pas envisageable techniquement pour l'ILL.

La mise en place d'outillage télé-manipulable d'obturation ou des outillages engendrant des efforts non prévus sur la structure du bloc pile nous semble trop risquée par rapport aux bénéfices envisagés.

Compte tenu de ces éléments, les épreuves de ces compartiments ne sont pas raisonnablement envisageables.

### 3.2.5 Conclusion partielle

Si les inspections externes et internes des parties visibles sont effectuées tous les 40 mois et lors de la requalification périodique à 120 mois, l'épreuve n'est par contre physiquement pas possible, les parois étant totalement inaccessibles pour un contrôle visuel direct et très partiellement visibles par ITV et matériellement pas envisageable, les contraintes techniques n'étant pas acceptables ou surmontables sans risques.

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 31/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## 4 ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE

### 4.1 Facteur fabrication

Le bloc pile actuellement en place a été construit dans le début des années 1990 en prenant en compte le retour d'expérience acquis sur le précédent exploité de 1972 à 1990.

L'équipement bloc pile était 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.

L'équipement bloc pile est un ESPN néo-soumis. 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.

Ce dossier descriptif actuel comprend :

- spécifications techniques (matériaux, assemblages soudés, calcul etc...),
- les PV de contrôle non destructifs,
- les plans d'ensemble et de détails concernant les sous-ensembles bidon réflecteur HP (fourreau cheminée centrale et collecteur, cheminée centrale, porte combustible) et BP (couvercle partie supérieure, virole et fond conique, tube d'appui, manchettes),
- plusieurs notes de calcul de dimensionnement,
- cahier de soudage,
- certificats matières (Zircaloy-4, Aluminium Ag3net et inox 304L),
- procès-verbaux de contrôle en fabrication (ressuage, radiographie, essais résistance mécanique, test étanchéité hélium, traitement de surface, ...).

Ces éléments permettent de classer au niveau 1 le facteur fabrication :

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.	
<b>Niveau de classement final du facteur étudié</b>		
<b>1</b>		

Bien que construit sans des obligations réglementaires « pression », cet équipement a été construit selon des exigences techniques très strictes et a été suivi en fabrication par une tierce partie en la personne du TÜV.



 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 32/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## 4.2 Facteur état

Les éléments présentés dans le §2 ainsi que les éléments de visite interne et externe permettent de classer les parties HP et BP au niveau 1 :

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 leurs évolutions en service, estimées de façon conservative, permet de maintenir les marges de sécurité du même ordre de grandeur que celles présentent 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, estimées 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 leurs évolutions en service, estimées 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 leurs évolutions en service, estimées 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.	
<b>Niveau de classement final du facteur étudié</b>		
<b>1</b>		

L'état des compartiments C1 et C11 lors des visites d'inspection tous les ans est satisfaisant.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 33/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### 4.3 Facteur dégradation

Le retour d'expérience de l'ILL sur l'exploitation des compartiments en aluminium Ag3net et Zircaloy-4 et en inox 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.

#### 4.3.1 Modes de dégradation

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

- fatigue thermique oligocyclique ou à grand nombre de cycles,
- comportements 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.

##### 4.3.1.1 Fatigue thermique oligocyclique ou à grand nombre de cycles

Le nombre de cycles d'arrêt et redémarrage est d'au plus 4 par an (cycles de 50 jours). Ce qui est négligeable au regard du critère de sollicitation en fatigue.

La différence de température entre parois intérieures et extérieures est négligeable pendant le fonctionnement normal.

La fatigue thermique et le grand nombre de cycle ne sont pas des modes de dégradation influents dans notre cas.

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

##### 4.3.1.2 Comportements thermiques différents de matériaux soudés ensemble

Aucun assemblage soudé hétérogène n'est présent.

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.

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

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 34/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

Les facteurs de dommage cumulés obtenus pour 40 ans de fonctionnement sont :

- zone 1 : socle  $4,90.10^{-3}$
- zone 2 : cheminée du circuit CRAB  $1,57.10^{-3}$
- zone 3 : fond conique  $2,96.10^{-3}$
- zone 4 : virole inférieure  $1,44.10^{-2}$
- zone 5 : partie inférieure de la virole supérieure  $5,12.10^{-2}$
- zone 6 : zone des piquages sur la virole supérieure  $1,49.10^{-3}$
- zone 7 : partie supérieure de la virole supérieure  $1,51.10^{-3}$

Ces valeurs restent faibles devant la valeur de 1 autorisée par l'ASME.

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

#### 4.3.1.4 Pics locaux de pression

La pression dans le compartiment HP est de 13 bars maximum en partie supérieure de la cheminée elle correspond à la pression fournie par les pompes alimentaires (principales) d'eau lourde dont le fonctionnement est stable est continu.

Les vannes du circuit primaire sont pilotées dans des séquences empêchant leurs fermetures. Si toutefois, leur fermeture était forcée, leur vitesse de fermeture et leur conception sont telles qu'une obturation rapide du circuit est impossible (plusieurs minutes).

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

La pression dans le compartiment BP est de 3 bars maximum en sortie de l'élément combustible.

Cette pression ne varie pas ou très peu pour deux raisons :

- Elle résulte de la perte de charge induite par la géométrie de l'élément combustible qui n'évolue pas dans le temps.
- Elle est fonction de la pression initiale des pompes d'alimentation (pressurisation) en eau lourde dont le fonctionnement est stable est continu.

Les vannes du circuit primaire sont pilotées dans des séquences empêchant leurs fermetures. Si toutefois, leur fermeture était forcée, leur vitesse de fermeture et leur conception sont telles qu'une obturation rapide du circuit est impossible (plusieurs minutes).

Les hausses de pression dues aux chutes des barres sont de l'ordre de 1,15 bar et prises en compte dans les situations de service.

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


#### 4.3.1.5 Fluage

La température de fonctionnement du compartiment C1 est de l'ordre de 37°C.

La température du fluide en circulation dans le compartiment C11 en fonctionnement est au plus de 50°C.

Selon les parois et les compartiments, la température est inférieure à la limite du seuil de température du fluage négligeable selon le RCC-Mx 2008 ou RCC-MRx 2012 pour l'Ag3net ou dans les quelques cas où celle-ci est supérieure au seuil, les temps de fonctionnement, les températures atteintes et les niveaux de contraintes sont sans effet sur la durée de vie.

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

	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 35/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

#### 4.3.1.6 Concentrations de contraintes

Les concentrations de contraintes se produisent au voisinage d'un accident géométrique. La géométrie des pièces qui composent les compartiments C1 et C11 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

Les sous-ensembles ont subi les traitements de surface appropriés pour garantir la neutralité avec le milieu ambiant (eau désionisée de la piscine, eau lourde du bloc pile).

Les fluides en contact (eau lourde et eau légère) ont des caractéristiques chimiques maîtrisées et contrôlées permettant de garantir leur aspect inoffensif vis à vis de la corrosion de l'Ag3net dans les conditions d'exploitation définies à l'ILL.

Outre les aspects chimiques des fluides en contact, la sensibilité à la corrosion de l'Ag3net est aussi dépendante de sa fluence.

Notre retour d'expérience, notamment acquis sur les doigts de gant beaucoup plus exposés que les parois du bloc pile, nous permet d'affirmer que les inspections visuelles permettent de détecter les premiers signes de corrosion. Ainsi, les premiers doigts de gant dans les années 1980 ont montrés que pour des fluences très importantes, la corrosion par piqure se manifestait sous la forme de petits points blancs détectables à l'inspection.

Sachant que la fluence sur les parois en Ag3net du bloc pile est de  $3 \cdot 10^{22}$  n.cm<sup>-2</sup> après 40 ans de fonctionnement à 200 JEPP par an, la probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.

#### 4.3.1.8 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 et celle mesurée autour des composants doigt de gant. Cette vitesse est inférieure à 0,5 m/s.

De plus, l'eau circulant dans les compartiments n'est pas issue d'un mélange d'eaux à différentes températures mais d'un même flux. Le compartiment C11 collecte l'eau réchauffée dans le combustible mais la température est stable et homogène, sans phénomènes locaux.

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

- Bidon réflecteur HP (C1) et BP (C11) : parties en aluminium Ag3net**

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<sup>-2</sup>) la migration des atomes de silicium dans la matrice aluminium aux joints de grain conduit à un risque de corrosion inter-cristalline en milieu aqueux.

La connaissance fine par l'ILL des flux de neutrons et de leurs spectres permet de suivre de façon précise la fluence de la partie la plus exposée des compartiments C1 et C11.

La fluence,  $3 \cdot 10^{22}$  n.cm<sup>-2</sup> au niveau des parois du bloc pile après 40 ans de fonctionnement à 200 JEPP par an, reste très inférieure à la limite de  $6 \cdot 10^{22}$  n.cm<sup>-2</sup> du code RCCM-X.

La probabilité d'apparition d'une dégradation selon ce mode est faible.
- Bidon réflecteur HP (C1) : parties en Zircaloy-4 (extrémité cheminée, extrémité porte combustible proches du combustibles) :**

Le flux de neutrons rapide, au point le plus proche du cœur est de  $1 \cdot 10^{13}$  nr/cm<sup>2</sup>/s.

La valeur couramment admise pour ce matériau est de  $5 \cdot 10^{21}$  nr/cm<sup>2</sup>, valeur plus restrictive que le RCCM-X qui fixe une limite à  $28 \cdot 10^{21}$  nr.cm<sup>-2</sup>.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

#### 4.3.2 Analyse du facteur relatif aux dégradations potentielles

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

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

Les inspections réalisées sur les compartiments sont considérées comme pas totalement adéquates étant donné qu'elles sont partielles et télévisuelles.

Par conséquent la cotation des différents modes de dégradation est la suivante :

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

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 contraintes	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

Pics locaux de pression	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									
<b>Maîtrisée</b>	1	1	2	<b>1</b>	3	3	2	3	3
<b>Non-Maîtrisée</b>	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									
<b>Maîtrisée</b>	1	1	2	<b>1</b>	3	3	2	3	3
<b>Non-Maîtrisée</b>	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 : 1
- Facteur état : 1
- Facteur dégradation : 1

Le résultat de la probabilité de défaillance est un risque de défaillance « faible ».

## 5 EQUIVALENCE DU NIVEAU DE SECURITE DES COMPARTIMENTS 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.

L'ensemble des modes de dégradation inventorié précédemment conduit globalement à 4 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) diminuée 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
<b>GR1 : vérification extérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP (<math>\alpha=2</math>)</b>	PI1 = 3 PG1 = 6	PI2 = 1 PG2 = 2	PI3 = 4 PG3 = 8	PI4 = 1 PG4 = 2
<b>GR2 : vérification intérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP (<math>\alpha=2</math>)</b>	PI1 = 1 PG1 = 2	PI2 = 3 PG2 = 6	PI3 = 1 PG3 = 2	PI4 = 4 PG4 = 8
<b>GR3 : Epreuve hydraulique décennale 1,2PS des récipients (<math>\alpha=1</math>)</b>	PI1 = 2 PG1 = 2	PI2 = 2 PG2 = 2	PI3 = 2 PG3 = 2	PI4 = 2 PG4 = 2
<b><math>\Sigma</math> PG Récipient à IP à 40 mois et RP à 10 ans</b>	$\Sigma PG1_{GR} = 10$	$\Sigma PG2_{GR} = 10$	$\Sigma PG3_{GR} = 12$	$\Sigma PG4_{GR} = 12$



	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 40/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

L'action réglementaire identifiée comme ne pouvant pas être réalisée sur le compartiment considéré est :

- Epreuve hydraulique décennale (GR3)

### 5.3 Performances gestes compensatoires

Aucun geste compensatoire identifié au tableau 6 de l'annexe 1 du courrier COR ARV 3SE INS 13-003 n'est retenu par l'ILL pour ce compartiment.

**Tableau 2**

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
<b>GC1 : Néant</b>	PI1 = 0 PG1 = 0	PI2 = 0 PG2 = 0	PI3 = 0 PG3 = 0	PI4 = 0 PG4 = 0
<b>Σ PG GC proposés</b>	Σ PG1 <sub>GC</sub> = 0	Σ PG2 <sub>GC</sub> = 0	Σ PG3 <sub>GC</sub> = 0	Σ PG4 <sub>GC</sub> = 0

### 5.4 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 les compartiments sont :

- DP1 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne. Le fluide intérieur aux compartiments C1 et C11 est l'eau lourde dont les caractéristiques sont maîtrisées et contrôlées en permanence, en particulier la mesure du pH et de la conductivité, conformément à la RGE n°. 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. Aucun composé chimique n'est inséré dans le circuit à l'arrêt ou en fonctionnement. Aucune perte d'épaisseur n'est attendue.
- DP2 : Maîtrise des caractéristiques chimiques des fluides externes. Le fluide extérieur aux compartiments C1 et C11 est l'eau légère de la piscine dont les caractéristiques sont maîtrisées et contrôlées en permanence en particulier la mesure de la conductivité de l'eau déminéralisée (mesure en piscine et sur l'échangeur), conformément à la RGE n°. Ces informations sont reportées sur le TCMS, en salle de contrôle. 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 déminéralisée. Aucune perte d'épaisseur n'est attendue.

- DP3 : Retour d'expérience et étude d'expert (rapport RHF n°516, 517 et 519) montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisé n'est à craindre. Depuis l'origine du réacteur (1<sup>ère</sup> divergence en 1971), la conception et la réalisation de ces compartiments sont identiques et les conditions d'exploitation du réacteur sont les mêmes. Aucune dégradation n'a aujourd'hui été observée.

**Tableau 3**

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
<b>DP1 : maîtrise des caractéristiques chimique du fluide interne</b>	PG1 = 0	PG2 = 0	PG3 = 0	PG4 = 3
<b>DP2 : maîtrise des caractéristiques chimique du fluide externe</b>	PG1 = 0	PG2 = 0	PG3 = 3	PG4 = 0
<b>DP3 Retour d'expérience et étude d'expert montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisé n'est à craindre</b>	PG1 = 3	PG2 = 3	PG3 = 3	PG4 = 3
<b>Σ PG DP proposés</b>	Σ PG1DP = 3	Σ PG2DP = 3	Σ PG3DP = 6	Σ PG4DP = 6

## 5.5 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 :

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

### 5.5.1 Performances des dispositions retenues


**Tableau 4**

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
<b>GR réalisés</b>	PG1 = 8	PG2 = 8	PG3 = 10	PG4 = 10
<b>GC proposés (tableau 2)</b>	PG1 <sub>GC</sub> = 0	PG2 <sub>GC</sub> = 0	PG3 <sub>GC</sub> = 0	PG4 <sub>GC</sub> = 0
<b>Σ PG (GC proposés+GR réalisés)</b>	PG1 = 8	PG2 = 8	PG3 = 10	PG4 = 10

### 5.5.2 Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives

**Tableau 5**

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
<b>GR (tableau 1)</b>	PG1 <sub>GR</sub> = 10	PG2 <sub>GR</sub> = 10	PG3 <sub>GR</sub> = 12	PG4 <sub>GR</sub> = 12
<b>DP proposés (tableau 3)</b>	PG1 <sub>DP</sub> = 3	PG2 <sub>DP</sub> = 3	PG3 <sub>DP</sub> = 6	PG4 <sub>DP</sub> = 6
<b>Σ PG<sub>GR</sub> - Σ PG<sub>DP</sub></b>	PG1 = 7	PG2 = 7	PG3 = 6	PG4 = 6

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 42/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### 5.5.3 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 :  $PG_{(GC \text{ proposés} + GR \text{ réalisés})} = 10 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 6$
- Détection perte épaisseur interne :  $PG_{(GC \text{ proposés} + GR \text{ réalisés})} = 10 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 6$

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

### 5.5.4 Conclusion niveau de sécurité

L'estimation de probabilité de défaillance obtenue pour nos compartiments est évaluée à un niveau « faible » pour lequel, conformément au courrier ASN CODEP-DEP-2013-034129, la méthode est considérée comme adaptée.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 43/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## 6 EVALUATION DES CONSEQUENCES DE DEFAILLANCE

La conséquence d'une défaillance du compartiment C1 est dans le cas le plus défavorable une perte d'étanchéité entre la cheminée et la piscine du réacteur.

Cette défaillance fait l'objet de la fiche d'analyse de sûreté CFC.R.3.

La conséquence d'une défaillance du compartiment C11 est une perte d'étanchéité entre le bloc pile et la piscine du réacteur.

Cette défaillance fait l'objet de la fiche d'analyse de sûreté CF4.R.1.

### 6.1 Facteur conséquence sur les travailleurs

La fiche CF4.R1 montre que la conséquence sur les opérateurs présents dans le hall réacteur au moment de l'évènement est inférieure à 0,17 mSv en retenant des hypothèses très enveloppes.

Cette dose est de gravité G1, cotation la plus faible dans le référentiel du RHF.

### 6.2 Facteur conséquence sur l'environnement

La fiche CF4.R1 montre que l'enjeu radiologique sur l'environnement est de gravité G2-G3 au bout d'un an sans prendre aucune contre mesure.

Cet enjeu est dû au rejet d'eau tritiée par évaporation de l'eau piscine mélangée à l'eau lourde après la défaillance du bloc pile en supposant que l'évaporation reste égale à celle de l'eau piscine en fonctionnement pendant un an.

Dans une telle situation, le blocage de façon très simple de toute évaporation grâce à la mise en place d'un film d'huile, ou équivalent, permet de rester largement dans les autorisations de rejet en tritium donc de gravité G1.

### 6.3 Facteur conséquence sur d'autres EIP

Sans conséquence sur d'autres EIP.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 44/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS  DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

## 7 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 » pour ses compartiments C1 et C11.

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.

### 7.1 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 n°521. Pour rappel, les opérations particulières proposées sont :


- maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne aux compartiments C1 et C11,
- maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe aux compartiments C1 et C11,
- maîtrise et maintien des paramètres d'exploitation permettant de garantir le respect des plages de fonctionnement pris en compte dans l'étude d'expert,
- limitation volontaire de la durée de vie des composants cheminée, porte combustible et grille rabattue à 2800 JEPP.

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

### 7.2 Inspections périodiques sous la responsabilité de l'exploitant

Les inspections périodiques, compte tenu de notre évaluation des mécanismes d'endommagement possible et de notre REX pour les compartiments C1 et C11, 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 C1 et C11 par moyens télévisuels en partie intérieure à la piscine réacteur et visuelle directe en partie extérieure à la piscine réacteur,
- une vérification interne partielle des compartiments C1 et C11 par moyens télévisuels tous les ans (12+/-3 mois) dont un tous les 40 mois au titre de l'inspection périodique,
- accessoires sous pression raccordés : inspection visuelle des parois externes de la vanne réacteur - inspections visuelles des parois externes des clapets CN1 à 4 et CS.

 <b>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</b>	<b>Rapport RHF n°521</b>	Page : 45/45
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C1 ET C11 (BIDON REFLECTEUR HP ET BP)</b>	Ind 0

### **7.3 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 C1 et C11 :

- Une vérification externe partielle des compartiments C1 et C11 par moyens télévisuels en partie intérieure à la piscine réacteur et visuelle directe en partie extérieure à la piscine réacteur.
- Une vérification interne partielle des compartiments C1 et C11 par moyens télévisuels.
- Accessoires sous pression : Vanne réacteur : gestes de requalification périodique sur la vanne ou remplacement par une vanne requalifiée en atelier (visite interne, externe et épreuve). - Clapets : ouverture, visite interne des parties internes sans démontage, visite externe et épreuve du couvercle.
- La vérification des éléments définis dans le présent document (RHF n°521) concernant :
  - Demandes de dispenses de gestes réglementaires pour :
    - Epreuve hydraulique tous les 120 mois des compartiments C1 et C11.
  - Respect des conditions particulières proposées en regard des dispenses ci-dessus :
    - maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne aux compartiments C1 et C11,
    - maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe aux compartiments C1 et C11,
    - maîtrise et maintien des paramètres d'exploitation permettant de garantir le respect des plages de fonctionnement pris en compte dans les études d'expert,
    - limitation volontaire de la durée de vie des composants cheminée, porte combustible et grille rabattue à 2800 JEPP.
- La vérification de l'adéquation et de l'existence du POES pour les compartiments C1 et C11.
- La vérification de la présence des éléments de preuve attendus par le présent document (RHF n°521) et les POES dans le dossier d'exploitation.