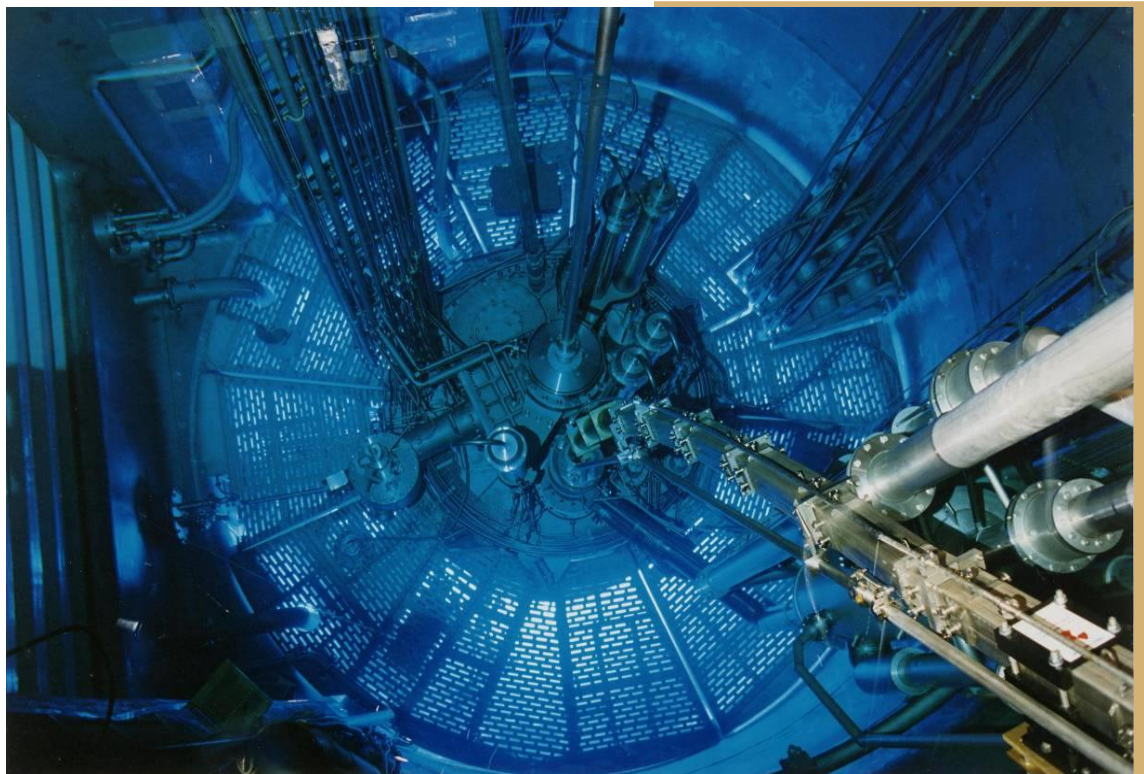


**Définition de conditions particulières
d'application du titre III du décret 99-1046
pour les compartiments du bloc pile C2 et C3
(Source Chaude)**



 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 1/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Champ d'application et résumé

Historique des évolutions

Indice	Date	Références	Commentaires/objet des évolutions d'indice
0	26/11/2014	DRe FG/gl 2014-0939	Création du document
A	15/01/2015	DRe FG/gl 2015-0026	Prise en compte des remarques du courriel ASN du 05/12/2014 sur le RHF 514.

Destinataires

Les signataires
 Chefs de service et de groupe concernés :
 Autres :

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

	Rapport RHF n° 514	Page : 2/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

TABLE DES MATIERES

1	PREAMBULE/OBJECTIFS.....	4
2	DESCRIPTION DES COMPARTIMENTS.....	4
2.1	Rôle des compartiments.....	5
2.2	Caractéristiques des deux compartiments de la SC	7
2.2.1	Caractéristiques des compartiments C2 et C3	11
2.2.2	Caractéristiques des fluides en contact avec les compartiments	20
2.3	Exploitation des compartiments.....	21
2.3.1	Suivi de la pression dans les compartiments.....	21
2.3.2	Détection de fuites :	22
2.3.3	Suivi de la température du compartiment C3 :.....	23
2.4	Localisation des compartiments	23
2.5	Accessoires de sécurité associés.....	23
2.6	Accessoires sous pression raccordés	27
3	JUSTIFICATION DE L'INCAPACITE A REALISER LES ACTIONS REGLEMENTAIRES SUR LES COMPARTIMENTS.....	29
3.1	Contexte.....	29
3.2	Obstacles à la réalisation des actions réglementaires	30
3.2.1	Vérification externe	30
3.2.2	Vérifications internes	30
3.2.3	Epreuves.....	32
4	ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE	33
4.1	Facteur fabrication	33
4.2	Facteur état.....	35
4.3	Facteur dégradation	37
4.3.1	Modes de dégradation.....	37
4.3.2	Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles les compartiments sont potentiellement sensibles	42
4.4	Résultat probabilité de défaillance.....	44
5	EQUIVALENCE DU NIVEAU DE SECURITE DES COMPARTIMENTS PAR RAPPORT A CELUI QUI SERAIT ETABLI PAR REALISATION DES MESURES DE DROIT COMMUN	44
5.1	Préambule.....	44
5.2	Performances gestes réglementaires	45

	Rapport RHF n° 514	Page : 3/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

5.3	Compartiment enceinte intérieure (C3).....	46
5.3.1	Performances gestes compensatoires	46
5.3.2	Performances des dispositions préventives.....	46
5.3.3	Analyses des performances et des niveaux de sécurité.....	48
5.3.3.1	Performances des dispositions retenues	48
5.3.3.2	Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives.....	48
5.3.4	Comparaisons des performances.....	48
5.4	Compartiment enceinte extérieure (C2).....	49
5.4.1	Performances gestes compensatoires	49
5.4.2	Performances des dispositions préventives.....	50
5.4.3	Analyses des performances et des niveaux de sécurité.....	51
5.4.3.1	Performances des dispositions retenues	51
5.4.3.2	Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives.....	51
5.4.4	Comparaisons des performances.....	52
5.5	Conclusion niveau de sécurité	52
5.6	Evaluation des conséquences de défaillance	52
5.6.1	Facteur conséquence sur les travailleurs	52
5.6.2	Facteur conséquence sur l'environnement	52
5.6.3	Facteur conséquence sur d'autres EIP.....	53
6	CONCLUSIONS	53

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 4/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

1 PREAMBULE/OBJECTIFS

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

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

Dans le présent document, nous étudions le cas particulier des 2 compartiments qui composent l'ensemble fonctionnel « Source Chaude ».

Il consigne l'analyse réglementaire et technique permettant de déterminer les mesures à mettre en œuvre et compensant la non réalisation de certaines dispositions réglementaires de l'arrêté du 12/12/2005 relatif aux ESPN, pour ces compartiments C2 et C3.

2 DESCRIPTION DES COMPARTIMENTS

L'ensemble fonctionnel Source Chaude est constitué de deux compartiments imbriqués l'un dans l'autre nommés C2 et C3. Les sous-ensembles fonctionnels qui constituent ces volumes se nomment respectivement « enceinte extérieure » et « enceinte intérieure ». Ils sont construits, installés, exploités et démantelés ensemble et forment un tout indissociable. Chacun des deux sous-ensembles est constitué de plusieurs composants qui forment eux-mêmes des volumes distincts. Si chacun des volumes constitutifs des deux sous-ensembles, assurent un rôle fonctionnel différent et indépendant, ils demeurent cependant en communication permanente. C'est donc le volume global de chaque sous-ensemble qui est considéré d'un point de vue réglementaire.

Ce document traite par conséquent des deux compartiments en parallèles puisque issus d'une seule et même fabrication.

Dans un objectif de simplification, nous utiliserons l'acronyme SC dans la suite du document, pour parler de l'ensemble fonctionnel source chaude.

	Rapport RHF n° 514	Page : 5/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

2.1 Rôle des compartiments

La source chaude est destinée à augmenter l'énergie des neutrons thermiques d'environ 0,15 eV à environ 1 eV, dans une certaine zone du bidon réflecteur. Le modérateur à haute température (2 400 K) est un bloc cylindrique en graphite, de 20 cm de diamètre et d'environ 30 cm de hauteur, situé dans le réflecteur. Celui-ci s'échauffe de façon complètement passive par le flux d'énergie de la réaction nucléaire déposé dans la matière. Les neutrons « chauds » arrivent aux équipements expérimentaux du hall expérimentateurs en passant à travers trois canaux, H3, H4 et H8, qui sont orientés vers le volume de graphite.

L'enceinte intérieure de la SC est l'enceinte qui assure le confinement à la fois mécanique et thermique, du graphite et de l'hélium dans lequel il baigne. Elle forme le compartiment C3.

Afin de contrôler et maîtriser l'étanchéité des parois, une enceinte extérieure englobe l'enceinte intérieure et assure aussi, en partie inférieure, l'étanchéité entre l'eau lourde extérieure du bloc pile (compartiment C11) et l'hélium interne et, en partie supérieure, l'étanchéité entre l'eau légère de la piscine et l'hélium interne. Elle forme le compartiment C2.

Volume intérieur de l'enceinte extérieure de la SC (formant le compartiment C2) :

Le compartiment C2 possède une bride de corps en partie supérieure se fixant sur le canal V2 du bloc pile et fermant celui-ci.

La partie enveloppe en dessous de cette bride assure une étanchéité entre l'eau lourde du bloc pile (compartiment C11) et le compartiment C2. Elle est au plus proche de l'enceinte intérieure afin de limiter l'épaisseur de la lame d'hélium et le volume du compartiment.

La partie enveloppe au dessus de cette bride (virole et bouchon) assure une étanchéité entre l'eau légère de la piscine et le compartiment C2. Elle entoure les éléments de l'enveloppe interne (vase expansion, vannes, soupape, thermocouples, capteur de pression différentiel, borniers, ...)

Le volume de ce compartiment C2 est l'espace interstitiel, rempli d'hélium, entre l'enveloppe externe et l'enveloppe interne. La surveillance de ce volume permet alors une surveillance de l'état des parois et évite le contact potentiellement dangereux entre le graphite et l'eau en cas de rupture d'une barrière.

Volume intérieur de l'enceinte intérieure de la SC (formant le compartiment C3) :

Ce compartiment contient le graphite et permet son conditionnement ainsi que son positionnement au plus proche du cœur, dans le bidon réflecteur.

Il est réalisé par une cellule cylindrique verticale fermée par des fonds bombés et dont la partie supérieure est reliée à un tube (tube d'alimentation) de plusieurs mètres de long. Le bloc cylindrique de graphite est logé dans la cellule et entouré d'un feutre d'isolement thermique aussi en graphite. Compte tenu de la température atteinte au cœur du bloc graphite (plus de 2000 °C) et par conséquent de la température de l'hélium dans lequel il baigne, il a été nécessaire de raccorder à ce volume un réservoir d'expansion en partie haute, zone dite froide (température eau piscine).

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
 TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
 C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)**

Ind. A

Ce compartiment de par sa configuration (tube d'alimentation fin) permet une protection biologique vers le haut et le vase d'expansion permet d'éviter l'atteinte d'une pression trop importante dans l'enceinte.

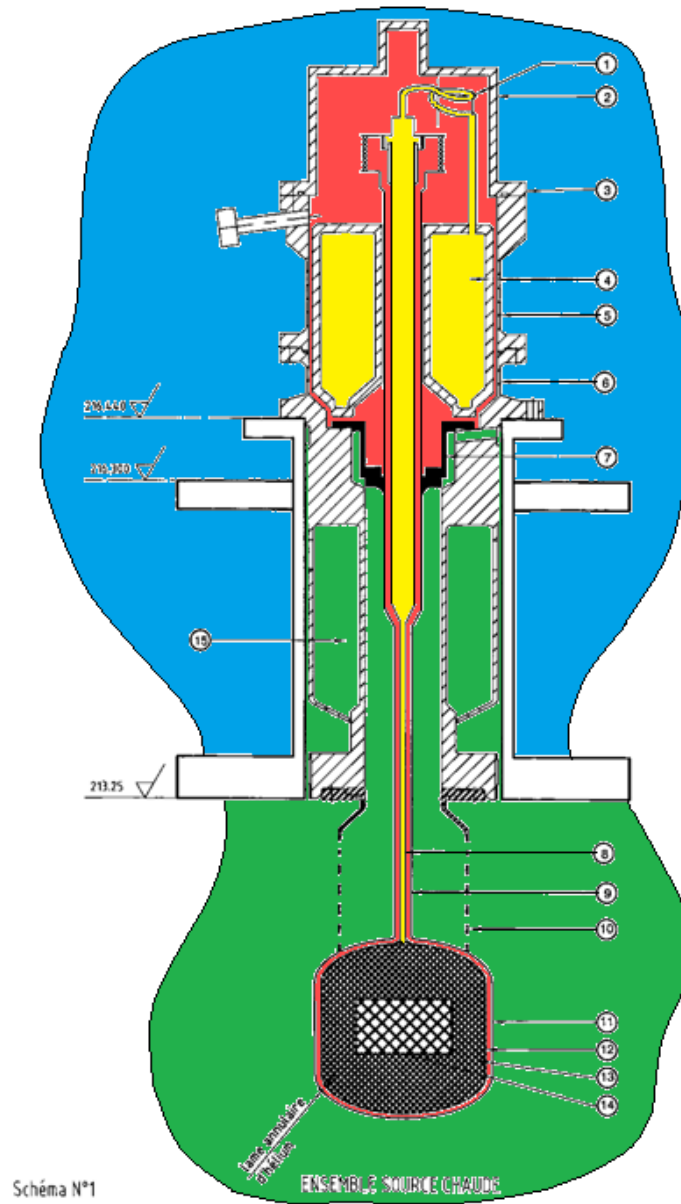
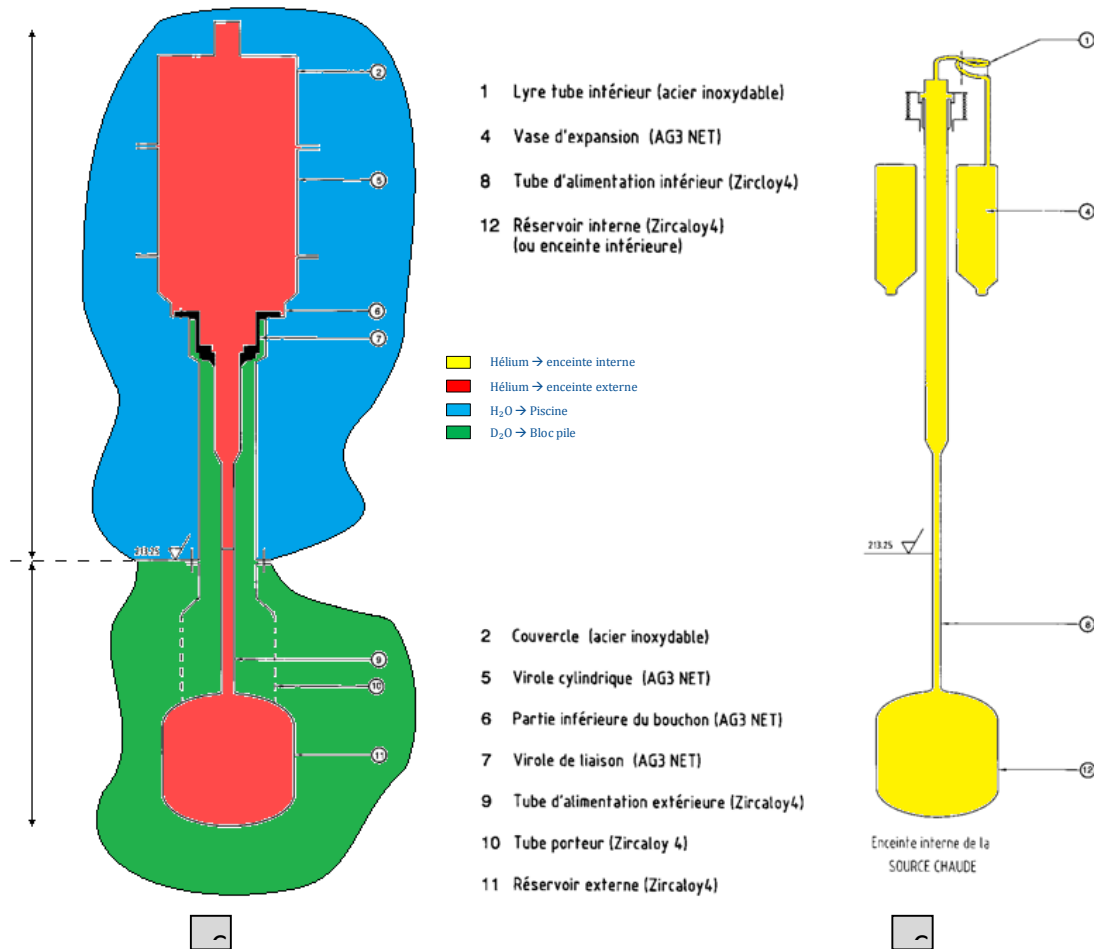


Schéma N°1



2.2 Caractéristiques des deux compartiments de la SC

Sous-ensemble fonctionnel enceinte extérieure SC (formant le compartiment C2) :

Ce sous-ensemble est un assemblage de plusieurs composants de forme de révolution en Zircaloy-4, acier inoxydable ou AG3NET, assemblés entre eux par soudage ou boulonnage. La partie supérieure est bridée sur le haut du canal V2 du bloc-pile et baigne dans l'eau légère de la piscine. Une pièce mécanique appelée « virole de liaison » assure l'étanchéité entre l'hélium situé dans le volume en partie haute du compartiment C2 et l'eau lourde du bloc pile située en partie basse. La partie basse du compartiment C2 plonge dans le bloc pile. Elle est composée d'un tube central en Zircaloy-4 dont l'extrémité est prolongée par un réservoir (réservoir extérieur) fabriqué dans le même matériau. Entre le réservoir et la virole de liaison, se trouve un tube porteur qui permet d'assurer la rigidité de l'ensemble dont les parois ne mesurent que 2 mm.

	Rapport RHF n° 514	Page : 8/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Volume intérieur de l'enceinte extérieure (compartiment C2)		
Caractéristiques	924RP01B	Unités
P. maximale admissible (PS)	9,2	Bar rel
P utilisation	4,8	Bar rel
P épreuve initiale (PE)	22,5 (pneumatique)	Bar rel
T°. maximale admissible (TS)	220	°C
T° de fonctionnement	50	°C
Volume (réel)	17,1*	litres
Nature du fluide	Hélium	
Groupe de dangerosité	2	
Activité (compartiment)	< 370	MBq
Catégorie de risque pression	II	
Niveau ESPN	N2	
Classification	EIS de rang 2	
Contrôle soudure	100 % ressuage et 100% radio	

* : ce volume est le volume libre calculé, c'est-à-dire le volume total de l'enceinte extérieure moins le volume de l'enceinte interne, moins les volumes des équipements et du puzzle. Cette enceinte est reliée à un boa permettant son conditionnement mais aussi la remontée vers une armoire électrique de tous les thermocouples, du capteur de pression différentiel et de l'alimentation des électrovannes. Le volume mesuré sur site de ce boa et de l'enceinte extérieure est de 50 litres.

Sous-ensemble fonctionnel enceinte intérieure SC (formant le compartiment C3) :

Ce sous-ensemble est un assemblage de plusieurs composants de forme de révolution en Zircaloy-4, acier inoxydable ou AG3NET, assemblés entre eux par soudage ou boulonnage. Ce sous-ensemble est situé dans sa totalité à l'intérieur même du compartiment C2.

Il est composé de 4 composants qui forment 4 volumes physiquement distincts mais qui communiquent entre eux de manière continue. En partie supérieure se trouve le composant vase d'expansion. Il est traversé en partie centrale par le composant tube d'alimentation intérieur, lui-même prolongé en partie basse par le composant réservoir interne. Une lyre tube intérieur relie la partie centrale intérieure au vase d'expansion, tous les volumes intérieurs étant ainsi en communication.

	Rapport RHF n° 514	Page : 9/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

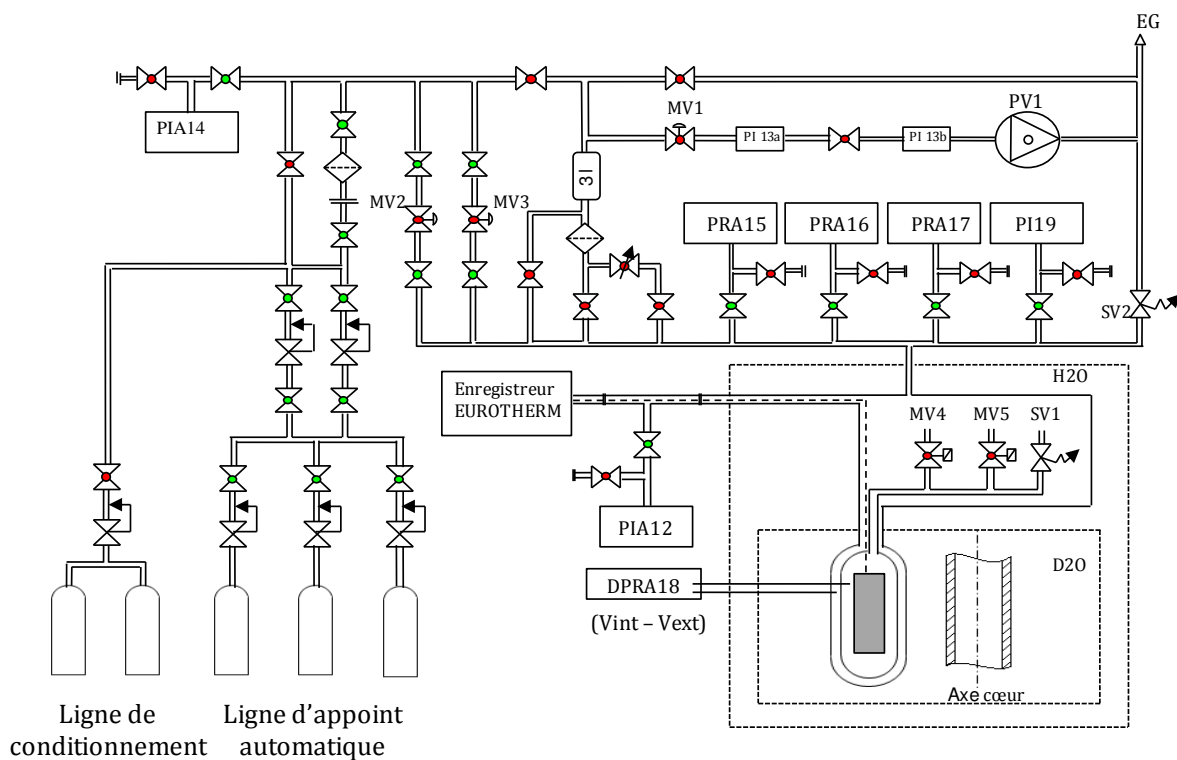
Volume intérieur de l'enceinte intérieure (compartiment C3)		
Caractéristiques	924RP01A	Unités
P. maximale admissible (PS)	13,2* (9,2 + 4)	Bar rel
P utilisation	7	Bar rel
P épreuve initiale (PE)	11,8 (pneumatique)	Bar rel
T°. maximale admissible (TS)	300	°C
T° de fonctionnement	< 260	°C
Volume (réel)	63,5**	litres
Nature du fluide	Hélium	
Groupe de dangerosité	2	
Activité (compartiment)	<370	MBq
Catégorie de risque pression	III	
Niveau ESPN	N2	
Classification	EIS de rang 3	
Contrôle soudure	100 % ressuage et 100% radio	

* : Ce compartiment C3 ainsi que ses organes de protection contre les surpressions est intégralement contenu dans le compartiment C2. De ce fait, sa pression interne vis-à-vis de l'atmosphère n'est pas connue et utilisée pour son exploitation. Seule sa pression par rapport à l'enceinte dans laquelle il baigne est connue et limitée physiquement. La pression maximale vis-à-vis de l'atmosphère qui peut régner dans l'enceinte interne en situation d'accident est $9,2 + 4 = 13,2$ bar (9,2 bar étant la pression d'ouverture de la protection de l'enceinte extérieure). Sa pression effective de service (calcul et utilisation) vis-à-vis d'une surpression en termes de différence de pression (int/ext) est de 4 bar.

** : ce volume est le volume libre calculé, c'est-à-dire le volume total de l'enceinte intérieure moins les volumes des équipements (bloc graphite et thermocouples). Le volume mesuré sur site de l'enceinte intérieure par dégonflage d'une enceinte dans l'autre est de 67 litres.

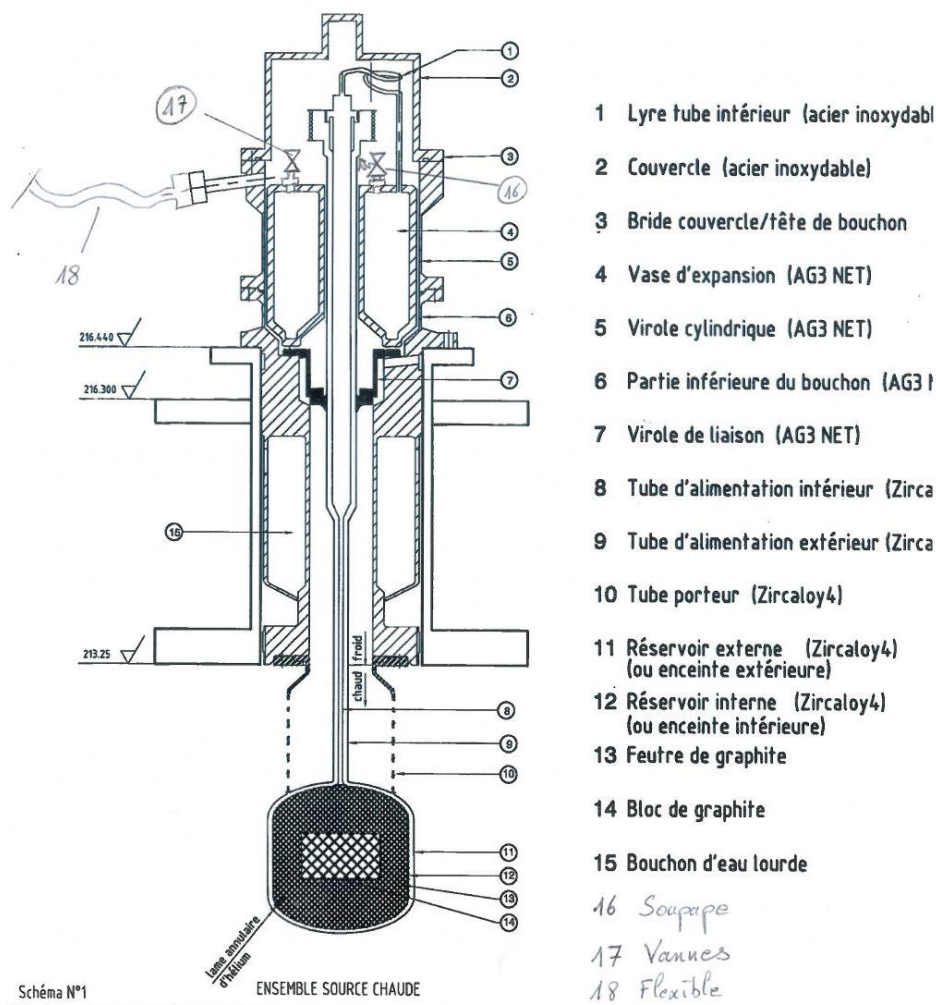
Le circuit de conditionnement de la source chaude est présenté sur le schéma ci-dessous. Il montre l'imbrication des compartiments C2 et C3 et la position des soupapes et électrovannes :

- SV1 soupape du compartiment C3 (avec échappement dans C2), SV2 soupape de compartiment C2,
- MV4 et MV5 électrovannes de mise en communication C2 et C3.



2.2.1 Caractéristiques des compartiments C2 et C3

Les sous-ensembles enceinte extérieure et enceinte intérieure de la SC (formant les compartiments C2 et C3) sont réalisés en Zircaloy-4, AG3NET et Inox. La globalité, forme la source chaude qui présente une longueur totale d'environ 6,2 m.



2.2.1.1 Caractéristiques physiques

Les parois des sous-ensembles qui définissent les frontières entre les compartiments C2 et C3, résultent de l'assemblage par soudage ou boulonnage de plusieurs composants (Voir plan d'ensemble Re 9C 05 P4 001).

Enceinte extérieure (C2) :

C'est l'enveloppe extérieure principale de la SC qui prolonge la paroi intérieure du bloc pile et forme le compartiment C2. L'enceinte extérieure baigne dans l'eau lourde du bloc-pile en partie basse, et dans l'eau légère de la piscine en partie haute. Les principaux composants de cette enceinte figurent sur le schéma ci-dessous.

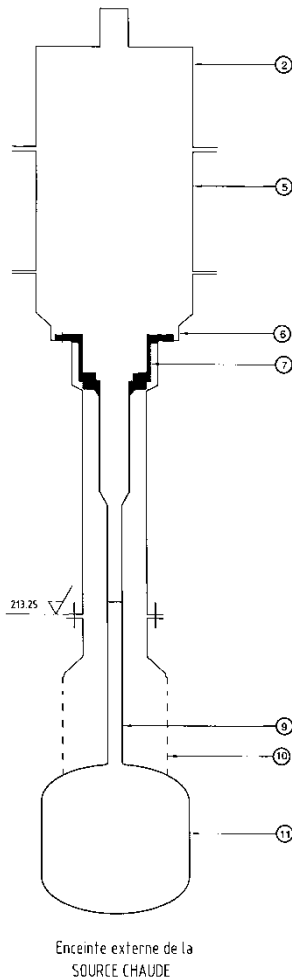


Schéma de l'enceinte extérieure de la SC

- ② Couvercle (acier inoxydable)
- ⑤ Virole cylindrique (AG3 NET)
- ⑥ Partie inférieure du bouchon (AG3 NET)
- ⑦ Virole de liaison (AG3 NET)
- ⑨ Tube d'alimentation extérieur (Zircaloy-4)
- ⑩ Tube porteur (Zircaloy-4)
- ⑪ Réservoir externe (Zircaloy-4)

C'est la somme des volumes formés par chacun de ces composants qui constitue le compartiment réglementé C2.

	Rapport RHF n° 514	Page : 13/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Les pièces repères 2, 5 et 6 sont assemblées par boulonnage. La pièce 7 est assemblée par boulonnage sur les pièces 6 et 9. Les pièces 9 et 11 sont assemblées par soudage pleine pénétration.

- **Couvercle (repère n°2 sur le schéma fonctionnel de l'enceinte extérieure)**

C'est le composant qui ferme la partie supérieure du compartiment C2.

- Cylindre taillé dans la masse d'une barre d'acier inoxydable de nuance Z6 CNDT 17-12 de longueur 372 mm et de \varnothing 80 mm extérieur et percé intérieurement sur une longueur de 322 mm.
- Bride circulaire en acier inoxydable de \varnothing extérieur 318 mm et 20 mm d'épaisseur présentant 3 renforts à 120° soudés entre le tube cité plus haut et la bride.
- Virole cylindrique \varnothing extérieur 318 mm, de longueur 420 mm et de 8 mm d'épaisseur.
- Bride de diamètre 400 mm extérieur et d'épaisseur 20 mm en acier inoxydable

- **Corps supérieur (repères 5, 6 et 7 sur le schéma fonctionnel de l'enceinte extérieure)**

Il est formé de 3 composants en aluminium AG3NET (virole cylindrique, partie inférieure du bouchon et virole de liaison) :

- **Virole cylindrique (repère 5, composants soudés entre eux):**

- Bride de \varnothing extérieur maximal 400 mm et intérieur minimal 282 mm, de longueur 230 mm. Epaisseur variable comprise entre 59 mm et 16,5 mm mini.
- Virole cylindrique de \varnothing 315 mm extérieur, de longueur 477 mm et de 16.5 mm d'épaisseur.
- Bride de \varnothing extérieur maximal 400 mm et minimal 315 mm, de longueur 100 mm. Paroi d'épaisseur variable comprise entre 6,5 mm mini et 59 mm maxi.

- **Partie inférieure du bouchon (repère 6, composants soudés entre eux) :**

- Bride supérieure (formant aussi le haut du compartiment bouchon d'eau lourde), entièrement usinée dans la masse, de longueur totale 625 mm, diamètres extérieurs compris entre 400 mm et 141 mm, \varnothing intérieurs compris

	Rapport RHF n° 514	Page : 14/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

entre 282 mm et 125 mm. Epaisseurs de parois variables (98 mm max et 8 mm min).

- Virole de bouchon externe composée d'une succession de 3 viroles cylindriques de \varnothing intérieur 292 mm et d'épaisseur 8 mm, l'ensemble ayant une longueur totale de 2595 mm. Les viroles sont raccordées entre elles et à la bride inférieure par soudage bout à bout en pleine pénétration. La virole externe est insérée dans la bride supérieure et raccordée par soudure pleine pénétration.
- Virole de bouchon interne composée d'une succession de 2 viroles cylindriques de \varnothing intérieur 125 mm et d'épaisseur 8 mm, l'ensemble ayant une longueur totale de 2495 mm. Les viroles sont raccordées entre elles ainsi qu'aux brides supérieures et inférieures par soudage bout à bout en pleine pénétration.
- Bride inférieure (formant aussi le bas du compartiment bouchon d'eau lourde), entièrement usinée dans la masse, de longueur totale 350 mm, diamètres extérieurs compris entre 170 et 310 mm, \varnothing intérieur 125 mm. Epaisseurs variables comprises entre 8 mm et 92,5 mm.
- **Virole de liaison (repère 7)**
 - Composant de forme de révolution, de longueur 180 mm taillé dans la masse De \varnothing extérieurs compris entre 230 mm et 138 mm, \varnothing intérieurs compris entre 74 mm et 118 mm. Epaisseurs de paroi variables (de 10 mm mini à 56 mm maxi).
- **Tube d'alimentation extérieur (repère 9)**
 - Tube taillé dans un rond de Zircaloy-4 de \varnothing extérieur 73 mm et de longueur 123 mm se terminant par une réduction conique de \varnothing extérieur 58 mm. Epaisseurs de parois variables comprises entre 1 mm et 5 mm maxi.
 - Tube roulé soudé en Zircaloy-4 de \varnothing extérieur 58 mm de longueur 1187 mm et de 2 mm d'épaisseur.
 - Bride intermédiaire en Zircaloy-4 de \varnothing extérieur 122 mm, de longueur 80 mm et d'épaisseur de plateau 30 mm.
 - Tube roulé soudé en Zircaloy-4 de \varnothing extérieur 58 mm de longueur 1400 mm et de 2 mm d'épaisseur.

	Rapport RHF n° 514	Page : 15/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

- Réduction conique roulée soudée en Zircaloy-4, de Ø extérieur grande base 58 mm et petite base 28 mm, d'épaisseur 2 mm, prolongée par une bague de Ø extérieur 28 mm, d'épaisseur 2 mm. Longueur totale 83 mm.
- Deux tubes roulés soudés en Zircaloy-4 de Ø extérieur 28 mm, de longueur totale 2456 mm et d'épaisseur 2 mm.

Tous ces composants sont raccordés entre eux par soudage bout à bout en pleine pénétration.

- **Le réservoir externe (repère 11)**

- Fond hémisphérique en Zircaloy-4, de Ø intérieur 283,4 mm, et d'épaisseur 2,85 mm. La demi-sphère est prolongée par une partie cylindrique de longueur 6 mm. Présence d'une ouverture avec un col extrudé de Ø 28 mm extérieur au sommet et une épaisseur de la paroi au niveau du col de 2 mm.
- Jeu de brides en Zircaloy-4 simple emboîtement Ø intérieur 283,4 mm, longueur 28 mm (tôles roulées soudées épaisseur ~6 mm).
- Virole cylindrique en Zircaloy-4 de Ø intérieur 283,4 mm, de longueur 257,3 mm et d'épaisseur 2,85 mm.
- Fond hémisphérique en Zircaloy-4, de Ø intérieur 283,4 mm, et d'épaisseur 2,85 mm. La demi-sphère est prolongée par une partie cylindrique de longueur 8 mm.

Tous ces composants sont raccordés entre eux par soudage bout à bout en pleine pénétration. Le col extrudé du fond hémisphérique supérieur est raccordé par soudage pleine pénétration au tube d'alimentation extérieur (repère 9).

Enceinte intérieure (C3) :

Cette enceinte est située à l'intérieur même de l'enceinte extérieure de la SC qui forme le compartiment C2. Les principaux composants de cette enceinte figurent sur le schéma ci-dessous.

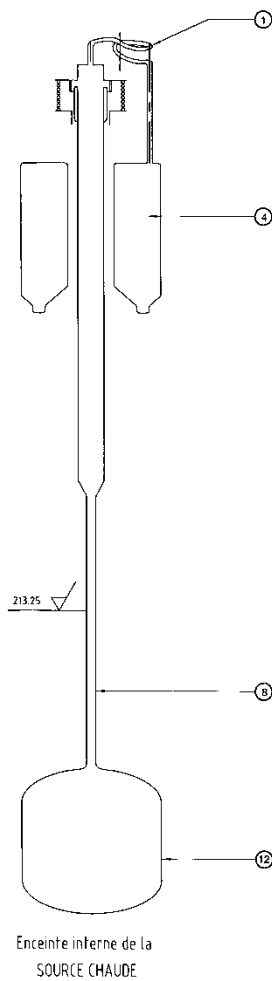


Schéma de l'enceinte intérieure de la SC

- ① Lyre tube intérieur (acier inoxydable)
- ④ Vase d'expansion (AG3 NET)
- ⑧ Tube d'alimentation intérieur (Zircaloy-4)
- ⑫ Réservoir interne (Zircaloy-4)
(Ou enceinte intérieure)

C'est la somme des volumes formés par chacun de ces composants qui constitue le compartiment réglementé C3.

La pièce repère 1 est assemblée par boulonnage aux pièces 8 et 4. Les pièces 8 et 12 sont assemblées par soudage pleine pénétration.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 17/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

- **La lyre tube intérieur (repère 1) :**

Il s'agit d'une tuyauterie réalisée à partir d'un tube en inox de nuance Z6CNDT 17-12 de \varnothing extérieur 10 mm, et d'épaisseur 1 mm. Cette tuyauterie permet la mise en communication de l'enceinte intérieure de la SC avec le vase d'expansion.

- **Le vase d'expansion (repère 4)**

- Couvercle circulaire supérieur : composant taillé dans la masse d'un galet en aluminium AG3NET et usiné aux côtes suivantes : \varnothing extérieur 280 mm, \varnothing intérieur 74 mm et hauteur 30 mm.
- Virole cylindrique extérieure : taillée dans la masse d'une ébauche creuse d'aluminium AG3NET et usiné aux cotes suivantes : \varnothing extérieur 280 mm, longueur 774 mm et épaisseur 6 mm.
- Virole cylindrique intérieure : taillée dans la masse d'une barre d'aluminium AG3NET et usiné aux cotes suivantes : \varnothing extérieur 86 mm, longueur 746 mm et épaisseur 6 mm.
- Fond inférieur : sous-ensemble constitué de deux réductions concentriques montées en opposition et soudées sur une couronne. Chaque pièce est taillée dans la masse d'un galet d'aluminium AG3NET. Les cotes sont les suivantes :
 - Réduction extérieure : \varnothing extérieur grande base 280 mm, \varnothing extérieur petite base 230 mm, longueur 86 mm et épaisseur 6 mm
 - Réduction intérieure : \varnothing extérieur petite base 86 mm, \varnothing extérieur grande base 191 mm, longueur 125 mm et épaisseur 6 mm
 - Couronne : \varnothing extérieur 230 mm, \varnothing intérieur 179 mm, longueur 20 mm, présentant une gorge centrale de 9,5 mm de largeur et 14 mm de profondeur.

Tous ces composants sont raccordés entre eux par soudage bout à bout en pleine pénétration.

- **Le tube d'alimentation intérieur (repère 8) :**

- Embout cylindrique fileté en Zircaloy-4 taillé dans la masse, de \varnothing extérieur 62 mm et de longueur 149,5 mm, se terminant par une réduction conique de \varnothing extérieur 52 mm. Epaisseurs des parois variables comprises entre 1 mm mini et 6 mm maxi.

	Rapport RHF n° 514	Page : 18/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

- Deux tubes roulés soudés en Zircaloy-4 de Ø extérieur 52 mm, de longueur totale 2688 mm et de 1 mm d'épaisseur.
- Réduction conique roulée soudée en Zircaloy-4 de Ø extérieur grande base 52 mm, de Ø extérieur petite base 20 mm, d'épaisseur 1 mm, prolongée par une bague de Ø extérieur 20 mm, d'épaisseur 1 mm. Longueur totale 90 mm.
- Deux tubes roulés soudés en Zircaloy-4, de Ø extérieur 20 mm, de longueur totale 2469 mm et d'épaisseur 1 mm.

Tous ces composants sont raccordés entre eux par soudage bout à bout en pleine pénétration.

- **Le réservoir interne (repère 12) :**

- Fond hémisphérique en Zircaloy-4, de Ø extérieur 283,25 mm, d'épaisseur 2,9 mm. La demi-sphère est prolongée par une partie cylindrique de longueur 10 mm. Présence d'une ouverture avec un col extrudé de Ø extérieur 20 mm au sommet et une épaisseur de la paroi au niveau du col de 1 mm.
- Virole cylindrique en Zircaloy-4 de Ø extérieur 283,25 mm, de longueur 279 mm et d'épaisseur 2,9 mm.
- Fond hémisphérique en Zircaloy-4, de Ø extérieur 283,25 mm, d'épaisseur 2,9 mm. La demi-sphère est prolongée par une partie cylindrique de longueur 10 mm.

Les faces externes de la virole et des deux fonds hémisphériques sont rainurées : réseau de gorges longitudinales et circonférentielles de largeur 0,65 à 1 mm et de profondeur 0,35 à 0,5 mm.

La virole cylindrique est raccordée au deux fonds sphériques, par soudage bout à bout en pleine pénétration. Avant fermeture, le réservoir est rempli de graphite entouré de feutre de graphite (voir photo ci-dessous).

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 19/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A



2.2.1.2 Caractéristiques conception - fabrication

Compte tenu de sa pression maxi en service (> 4 bar relatif), de son volume et de la nature des fluides en présence (gaz hélium), l'ensemble fonctionnel SC était soumis dès l'origine aux dispositions réglementaires des ESP conventionnels suivant le DM du 18/01/1943. Par conséquent il a été conçu et fabriqué selon ces même dispositions, complétées des règles de conception et de fabrication issues du CODAP.

La dernière fabrication de ce composant a été réalisée par ALSTOM services (devenu CEGELEC GTB en cours de contrat), sous-traitant de l'ILL, de 2001 à 2003, suivant la spécification Re 9C 05 S 003 ind. A.

	Rapport RHF n° 514	Page : 20/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

2.2.2 Caractéristiques des fluides en contact avec les compartiments

En fonctionnement normal les compartiments qui composent la SC sont conditionnés, avant le démarrage du cycle, de la manière suivante :

Compartiment enceinte extérieure SC (C2):

Compartiment maintenu en permanence sous une pression d'hélium, de 4,8 bar relatifs en fonctionnement et 4,4 bar relatifs à l'arrêt.

Compartiment enceinte intérieure SC (C3):

Compartiment maintenu en permanence sous une pression d'hélium de 7 bar relatifs en fonctionnement et 5 bar relatifs à l'arrêt.

2.2.2.1 Hélium

L'hélium utilisé pour le conditionnement des compartiments C2 et C3, est issu d'une centrale de détente connectée à une rampe de bouteilles d'hélium industrielle dédiée à la source chaude. Cet hélium est approvisionné auprès du fournisseur Air Products par bouteilles B50. La qualité de gaz est « Hélium technique » 99,996% en conformité avec la spécification interne du producteur ($O_2 < 3\text{vpm}$ – $H_2O < 3\text{vpm}$ – $N_2 < 10\text{vpm}$).

Le conditionnement des compartiments C2 et C3 est réalisé en les complétant en hélium. Dans le cas d'une mise à l'air pour maintenance (2 fois depuis son installation en 2003 suite à des travaux sur la soupape SV1 et les vannes MV4 et MV5) ou d'analyse non conforme, le conditionnement peut être réalisé en tirant les volumes au vide puis en les remplissant en hélium. Ce procédé permet de garantir que le volume du compartiment est rempli à 100% d'hélium avec très peu d'air résiduel.

Dans le cadre des essais avant démarrage avant chaque cycle, un prélèvement du gaz des deux enceintes (mises en relation) est réalisé et nous permet de vérifier les impuretés suivantes : Oxygène < 260 ppm et azote < 1000 ppm.

La température du gaz hélium dans les compartiments dépend de la zone où il se trouve. Dans les parties chaudes (partie inférieure de la SC), l'hélium de l'enceinte intérieure en contact avec le graphite est à plus de 2000°C. L'hélium de l'enceinte extérieure autour de la cellule intérieure est en contact avec la paroi à 300°C maxi et la paroi en contact avec l'eau lourde du bloc pile à 50°C (il participe au refroidissement de l'enceinte intérieure par convection).

Dans les parties froides (partie supérieure de la SC), l'hélium de l'enceinte intérieure et de l'enceinte extérieure est en équilibre thermique avec les parois de la source chaude qui baigne dans l'eau lourde du réacteur et l'eau légère de la piscine.

	Rapport RHF n° 514	Page : 21/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

2.2.2.2 Eau lourde

L'eau lourde en contact avec la partie inférieure de la source chaude (compartiment C2) 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 $> 99,75 \%$.

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

2.2.2.3 Eau légère

L'eau légère en contact avec la partie haute de la source chaude est celle de la piscine réacteur. Cette eau légère 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.

La température de la piscine varie entre 20 et 35 °C en fonction des cycles de fonctionnement.

2.3 Exploitation des compartiments

En régime normal, les volumes des compartiments C2 et C3 sont complètement fermés et isolés. Il n'y a ni alimentation ni évacuation de gaz et ce, quel que soit l'état thermique de la source.

2.3.1 Suivi de la pression dans les compartiments

Le tableau ci-dessous indique les pressions et les seuils de pression utilisés pour le régime automatique (voir schéma §2.2). Le calcul des différences de pression entre l'état chaud et l'état froid est fait avec des hypothèses défavorables, de sorte que les différences de pression sont plus faibles.

	Rapport RHF n° 514	Page : 22/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Désignation	Pression (bar)
Conduite d'alimentation Pv (PIA 14) Alarme basse Pression de fonctionnement Alarme haute	≤4,8 bar abs 5,0 bar abs ≥ 5,5 bar abs
C2 - Espace de gaz extérieur Pe (PRA 15, 16 et 17) Alarme principale basse : ouverture automatique de MV2 et MV3 + chute des BS Préalarme basse Valeur de consigne à l'arrêt, graphite froid Pression de fonctionnement, graphite chaud Préalarme haute Alarme principale haute : <ul style="list-style-type: none"> • ouverture automatique de MV4 et MV5 (en mode « auto ») • fermeture automatique de MV2 et MV3 (en mode « manuel ») Ouverture soupape SV2	≤5,0 bar abs ≤5,2 bar abs 5,4 bar abs 5,8 bar abs ≥ 5,95 bar abs ≥ 6,25 bar abs 9,2 bar rel
C3 - Espace de gaz intérieur Pi (DPRA 18) Alarme basse (Pi – Pe) : ouverture automatique de MV4 et MV5 Préalarme basse (Pi - Pe) Valeur de consigne à l'arrêt, graphite froid (Pi) Pression de fonctionnement graphite chaud (Pi) Préalarme haute(Pi - Pe) Alarme haute (Pi – Pe) : ouverture automatique MV4 et MV5 Ouverture soupape SV1 (Pi – Pe)	≤ - 0,5 ≤0,2 6,0 bar abs 8,0 bar abs ≥ 3,2 ≥ 3,5 4

La pression de gaz à l'intérieur du compartiment C2 est mesurée à l'aide de quatre transmetteurs (PRA 15, PRA 16, PRA 17 et PI 19) qui se trouvent dans l'armoire de commande et de contrôle située dans le hall de la piscine. Les quatre valeurs sont également reportées sur l'enregistreur.

Le contrôle de la pression de gaz à l'intérieur du compartiment C3 se fait par mesure de la pression différentielle par rapport à l'espace extérieur. Cette pression différentielle est mesurée par un capteur unique (DPRA 18) monté dans le compartiment C2 (au dessus du vase d'expansion, à l'intérieur du bouchon) et sa valeur est reportée sur un enregistreur.

2.3.2 Détection de fuites :

Le contrôle de la pression de gaz dans le compartiment C2 équivaut à un contrôle de fuite permanent de tout le système.

	Rapport RHF n° 514	Page : 23/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Une augmentation de la pression indique une fuite du compartiment C3 vers le compartiment C2. Une diminution de pression indique une fuite du compartiment C2 vers le compartiment C11 (bloc pile) ou la piscine réacteur.

Les fuites sont signalées au plus tard par le déclenchement des préalarmes, c'est-à-dire lorsque la pression (absolue) dans le compartiment C2 s'est abaissée jusqu'à 5,2 bar ou lorsqu'elle est montée jusqu'à 5,95 bar. En régime normal, la pression est de l'ordre de 5,8 bar, le volume dans le compartiment C2 + le boa (de conditionnement et de passage des câbles) étant égal à environ 50 litres. Une fuite est donc signalée au plus tard lorsque environ 30 litres* (sur 290 litres*) d'hélium sont sortis du compartiment C2 ou lorsque environ 7,5 litres* (sur 290 litres*) y sont entrés. (* : volume en CNTP)

2.3.3 Suivi de la température du compartiment C3 :

Pour assurer la surveillance de la température au niveau de la partie chaude de la SC, 24 thermocouples en chromel-alumel sont installés sur la paroi interne de l'enceinte intérieure de la SC (C3) et mesurent en permanence l'évolution de la température dans cette zone la plus critique.

Les mesures de température sont reportées sur un enregistreur. Une alarme est déclenchée lorsque la température en l'un quelconque des points surveillés dépasse 300°C.

Ces mesures permettent de garantir que les parois de l'enceinte intérieure sont en permanence à une température inférieure à la Température maximale de service (Ts) et de calcul.

2.4 Localisation des compartiments

Ces compartiments se trouvent à l'intérieur même du compartiment bloc pile (C11).

La paroi extérieure de la partie basse du compartiment C2 (réservoir extérieur, tube d'alimentation extérieur), se trouve noyée dans l'eau lourde du bloc-pile. En revanche, la partie haute de ce compartiment (corps supérieur, couvercle) baigne dans l'eau légère de la piscine. Concernant la paroi extérieure du compartiment C3, elle baigne en intégralité dans une atmosphère d'hélium.

2.5 Accessoires de sécurité associés

Chacun des compartiments possède un accessoire de sécurité associé. Le compartiment C3 (enceinte intérieure) possède un accessoire de sécurité directement raccordé sur le vase d'expansion. Le compartiment C2 (enceinte extérieure) possède un accessoire de sécurité associé installé dans une panoplie éloignée physiquement de la source chaude elle-même.

	Rapport RHF n° 514	Page : 24/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

La protection des enceintes de la source chaude (compartiments C2 et C3) vis à vis des surpressions est assurée :

- par des automatismes qui provoquent la fermeture ou l'ouverture de vannes en cas de dépassement de certains seuils de pression (cf. §2.3.1),
 - par des soupapes de sûreté munies d'un disque métallique qui leur assurent une étanchéité parfaite en l'absence de dépassement de la valeur de déclenchement.
- **Compartiment C3 (enceinte intérieure)**

Tel que déjà décrit précédemment, ce compartiment est entièrement contenu dans le compartiment C2. Cette particularité concerne aussi son accessoire de sécurité associé qui est physiquement dans le compartiment C2 et dont l'échappement libre rejette aussi dans le compartiment C2. Ces points conduisent à la situation technique où l'accessoire de sécurité ne protège pas le compartiment à une pression prise en référence par rapport à la pression atmosphérique mais à une différence de pression entre le compartiment C3 et le compartiment C2.

Le compartiment C3 ne comporte que trois ouvertures permettant sa communication avec l'enceinte extérieure C2. Une des trois ouvertures est occupée par l'accessoire de sécurité bridé sur le vase d'expansion (voir repère 16 du schéma du §2.2.1 et schéma PID du §2.2). Les deux autres sont occupées par des accessoires sous pression dont les commandes sont manuelles ou automatiques.

La protection contre les surpressions du compartiment C3 est assurée par un automate surveillant la différence de pression entre l'intérieur du compartiment C3 et l'intérieur du compartiment C2. Cet automate (similaire aux SRMCR dans le langage EDF) comprend un capteur de pression différentielle, une électronique à seuil et 2 vannes (normalement ouvertes) à commande électrique (cet automate protège aussi le compartiment C3 contre les surpressions externes). En cas de dépassement des seuils, les vannes assurant l'isolement du compartiment C3 s'ouvrent et mettent en relation les deux compartiments C3 et C2.

Cet automate est composé du capteur 924DPRA18, de son électronique DITEL et des vannes 924MV4 et 924MV5. Les seuils d'ouverture sont 3,5 bar et -0,5 bar (tableau §2.3.1).

Afin de rester conforme à la réglementation d'origine imposant un « organe de sécurité » une soupape a été installée, en parallèle des vannes, à une pression légèrement supérieure à celle de l'automatisme et elle assure une deuxième protection contre les surpressions.

La particularité de cette soupape est que son dispositif d'obturation est hybride afin de garantir une étanchéité absolue à l'hélium avant déclenchement et une étanchéité classique après déclenchement. Cette soupape met en œuvre un disque plomb de quelques centièmes de millimètre d'épaisseur agissant en combinaison avec un piston et un opercule. L'intégrité du disque assure une étanchéité parfaite et l'opercule assure la re-fermeture et l'étanchéité après déclenchement.

Cet accessoire de sécurité est la soupape 924SV1 et elle est tarée à une pression de 4 bar.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 26/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

- **Compartiment C2 (enceinte extérieure)**

Ce compartiment C2 est plus conventionnel et l'accessoire de sécurité associé est installé dans la panoplie où se trouvent toutes les vannes de conditionnement de l'installation source chaude.

Le compartiment ne possède qu'une seule ouverture sur laquelle est connectée un long flexible (15 m) et par laquelle transitent tous les câbles d'instrumentation et de commande. C'est à partir de ce flexible que sont réalisés le conditionnement et la protection contre les surpressions.

La protection contre les surpressions du compartiment C2 est assurée par un automatisme surveillant la pression dans le compartiment C2. Cet automatisme (similaire aux SRMCR dans le langage EDF) comprend trois capteurs de pression, des électroniques à seuil, un vote en deux sur trois et des vannes à commande pneumatique (pilotée par des électro-vannes).

Deux cas de fonctionnement sont à considérer :

- Mode « manuel »

Le compartiment C2 est alimenté par une réserve d'hélium, à travers un détendeur. Ce détendeur d'alimentation est réglé à une valeur de 5,2 bar.

En mode "manuel" de commande des vannes MV2 et MV3, l'enceinte extérieure est protégée contre une montée de pression excessive par la fermeture automatique de ces deux vannes en parallèle MV2 et MV3.

L'automatisme est alors composé des capteurs 924PRA15, 924PRA16, 924PRA17, de leur électronique DITEL et des vannes 924MV2 et 924MV3. Le seuil de fermeture est 6,25 bar (tableau §2.3.1).

- Mode « automatique »

En mode "automatique" (position normale lors du fonctionnement du réacteur), les deux vannes en parallèle MV2 et MV3 s'ouvrent si la pression baisse au dessous du seuil très bas. Ce seuil provoque aussi l'arrêt du réacteur. En effet, cette baisse de pression peut correspondre à une fuite du compartiment C2 dans une des parties immergées, et dans ce cas, l'ouverture des vannes MV2 et MV3 et l'injection d'hélium permet d'éviter l'entrée d'eau qui pourrait venir au contact de l'enceinte intérieure (compartiment C3) à 275°C.

L'automatisme est alors composé des capteurs 924PRA15, 924PRA16, 924PRA17, de leur électronique DITEL et des vannes 924MV2 et 924MV3. Le seuil d'ouverture est 5 bar (tableau §2.3.1).

De plus, dans ce mode de fonctionnement, la commande des deux électrovannes MV4 et MV5 est également placée sur la position "automatique". Dans ce cas, l'ouverture de MV4 et MV5 est provoquée, en 2 sur 3, par le seuil de pression très haute des capteurs 924PRA15, 924PRA16, 924PRA17. Ceci permet, en cas de fuite du compartiment C3 dans sa partie basse, de limiter l'effet sur la paroi froide de l'enceinte extérieure (compartiment C2) d'un jet d'hélium chaud en provenance de l'enceinte intérieure.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 27/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

L'automatisme est composé des capteurs 924PRA15, 924PRA16, 924PRA17, de leur électronique DITEL et des vannes 924MV4 et 924MV5. Le seuil d'ouverture est 6,25 bar (tableau §2.3.1).

Afin de rester conforme avec la réglementation d'origine imposant un « organe de sécurité » et parer à toutes situations non prévisibles, une soupape a été installée.

La particularité de cette soupape est que son dispositif d'obturation est hybride afin de garantir une étanchéité absolue à l'hélium avant déclenchement et une étanchéité classique après déclenchement. Cette soupape met en œuvre un disque plomb de quelques centièmes de millimètre d'épaisseur agissant en combinaison avec un piston et un opercule. L'intégrité du disque assure une étanchéité parfaite et l'opercule assure la re-fermeture et l'étanchéité après déclenchement.

Cet accessoire de sécurité est la soupape 924SV2 et elle est tarée à une pression de 9,2 bar.

2.6 Accessoires sous pression raccordés

Tels que décrit ci-dessus, deux accessoires sous pression sont directement raccordés à l'enceinte intérieure (C3). Ils assurent la mise en communication et l'isolement de l'intérieur du compartiment C3 avec le compartiment C2.

Le compartiment C2 lui ne possède pas d'accessoire sous pression raccordé, la seule connexion avec le compartiment étant le flexible.

- **Compartiment C3 (enceinte intérieure)**

Les accessoires sous pression raccordés au compartiment C3 sont deux vannes identiques 924MV4 et 924MV5.

Elles baignent dans le compartiment C2 et seule une extrémité est connectée au compartiment C3. L'autre extrémité est libre.

	Rapport RHF n° 514	Page : 29/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

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

Nous reportons ainsi les exigences réglementaires sur les compartiments concernés, ici les compartiments C2 et C3.

En résumé, les gestes réglementaires sont :

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

Le contexte réglementaire lié à cet ensemble fonctionnel est particulier. L'ensemble fonctionnel actuellement en « pile » a été installé en 2003. Il remplace l'ensemble précédent installé en 1972 et retiré en 1999 du fait de la perte des thermocouples de surveillance de la température de la paroi interne.

Cet ensemble fonctionnel, très spécifique de par ses fonctions et sa conception, a été fabriqué en tant qu'équipement soumis à l'arrêté du 23 juillet 1943. De façon globale, les deux enveloppes ne pouvant subir une épreuve hydraulique finale, elles ont fait l'objet d'une épreuve hydraulique partielle en cours de fabrication et d'une épreuve pneumatique complète et finale. Cet aménagement/dérogation a été exécuté en relation avec la DRIRE et la DGSNR et en présence d'un agent du Bureau Véritas pour les essais.

En parallèle de la demande de mise en pile de l'ensemble fonctionnel, l'ILL a fait parvenir dès 2003 une demande de dispense de visites et d'épreuve prévues dans le cadre de l'arrêté du 23 juillet 1943. Cette demande est identique à celle faite et autorisée en séance du 12/09/1985 par la SPG pour la source chaude précédente (DGI-DQSI-SPG 85-4). Ce dossier a été instruit et a fait l'objet de nombreux courriers entre l'ILL, la DRIRE, l'IRSN et la DGSNR entre 2003 et 2007.

La DSNR-DEP de Lyon a présenté le dossier, sans notre présence, en séance du 17/01/2007 de la Section Permanente Nucléaire de la CCAP. Un certain nombre de renseignements

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 30/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

supplémentaires, qui n'ont pu être apportés en séance, ont nécessité des échanges et des rencontres entre l'ILL et l'ASN Lyon entre 2007 et 2010. Depuis cette date et malgré une relance en avril 2012, nous n'avons pas reçu d'avis sur le dossier.

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 ». Par conséquent, pour ce qui concerne les compartiments C2 et C3, seuls l'extérieur du couvercle, de la virole cylindrique AG3NET et de la partie inférieure du bouchon du compartiment C2 font l'objet d'une vérification visuelle tous les 40 mois.

3.2.2 Vérifications internes

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

- Compartiment enceinte extérieure C2

La vérification interne du compartiment est réalisée en se limitant aux parties visibles du compartiment. La partie principalement inspectée est l'intérieur du couvercle supérieur en acier inoxydable.

Les autres parois ne sont pas accessibles pour les raisons principales suivantes :

- composants soudés
- accès physique impossible
- structures très irradiantes empêchant tout accès (*zone rouge**)

Cette vérification interne est réalisée tous les 40 mois.

- Compartiment enceinte intérieure C3 :

La vérification interne de ce compartiment est impossible pour les raisons suivantes :

- composants soudés
- accès physique impossible
- structures très irradiantes empêchant tout accès (*zone rouge**)

- Paroi séparatrice entre C2 et C11 :

	Rapport RHF n° 514	Page : 31/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

La paroi externe inférieure du compartiment C2 (dans l'eau lourde du bloc pile) est une paroi séparatrice entre les compartiments C2 et C11 (Bidon Réflecteur). Une partie de cette paroi est inspectable en télévisuel : cette inspection a lieu tous les ans lors de l'inspection intérieure de l'équipement Bloc Pile.

Ind. A

* : débit de dose de l'ordre de 5000 mGy/h après deux mois d'arrêt avec une forte prépondérance des gammas du Zr95 de période 63 j. Or, la durée typique des « grands arrêts d'hiver » utilisés pour les chantiers de maintenance est de 100 jours. Il est donc totalement illusoire en pratique, pour diminuer les contraintes radiologiques, d'utiliser la décroissance radioactive avant intervention lors de ces chantiers de maintenance.

3.2.3 Vérifications accessoires de sécurité et sous pression

Les vérifications et les essais de fonctionnement adaptés à la nature et à la fonction des accessoires de sécurité consistent généralement pour des soupapes en une vérification de leur présence, de leur caractéristiques adaptées à l'équipement auquel ils sont associés, de leur non obturation de l'échappement, de leur état et d'un essai de manoeuvrabilité.

- Accessoire de sécurité 924SV1 (associé à C3) :

Cet accessoire ne peut pas être vérifié tous les 40 mois pour les raisons suivantes :

- Accès physique très difficile (dans la piscine, dans le compartiment C2, sous l'assemblage appelé « puzzle ») et travail en tenue de radioprotection (heaume, gants, ...). Remarque : le « puzzle » est constitué d'éléments en AG3 qui forment un puzzle 3D (autour des vannes, soupapes, lyre, connecteurs électriques, ...) et qui combinent l'espace entre C2 et C3, afin de limiter le volume de C2,
 - Démontage/remontage délicat sur l'équipement (accessibilité des outils très limitée, filletages dans l'aluminium, contrôle d'étanchéité difficile, risques de détérioration des portées)
 - Essais destructifs de la membrane conduisant au démontage et remontage complet de la soupape (avec les risques de détérioration inhérents et les problèmes d'étanchéité hélium).
 - Ouverture du compartiment C3 entraînant des risques d'entrée d'air et d'humidité incompatibles avec le graphite à haute température et nécessitant un reconditionnement très poussé de l'installation (plusieurs jours) incompatible avec un arrêt classique du réacteur (mais possible lors d'arrêts plus longs programmés tous les 10 ans)
- Accessoire de sécurité 924SV2 (associé à C2) :

	Rapport RHF n° 514	Page : 32/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Cet accessoire étant déporté et accessible, sa vérification réglementaire est réalisée tous les 40 mois. Compte tenu de sa conception, tout essai de fonctionnement est destructif pour la membrane et conduit au démontage et remontage complet de la soupape (avec les risques de détérioration inhérents).

Pour l'accessoire sous pression, les vérifications consistent en une inspection visuelle extérieure et intérieure.

- Accessoires sous pression 924MV4 et 924MV5 (raccordés à C3) :

Cet accessoire ne peut pas être vérifié tous les 40 mois pour les raisons suivantes :

- Accès physique très difficile (dans la piscine, dans le compartiment C2, sous l'assemblage appelé « puzzle ») et travail en tenue de radioprotection (heaume, gants, ...).
- Démontage/remontage délicat sur l'équipement (accessibilité des outils très limitée, filetage dans l'aluminium, contrôle d'étanchéité difficile, risque de détérioration des portées)
- Ouverture du compartiment C3 entraînant des risques d'entrée d'air et d'humidité incompatibles avec le graphite à haute température et nécessitant un reconditionnement très poussé de l'installation (plusieurs jours) incompatible avec un arrêt classique du réacteur (mais possible lors d'arrêts plus longs programmés tous les 10 ans)

3.2.4 Epreuves

L'épreuve des compartiments nécessite :

- Le remplissage des compartiments par de l'eau :
 - Compartiment enceinte extérieure C2
L'absence de dispositifs de vidange ou d'évent, la présence d'équipements électriques le remplissage et l'utilisation de liquide dans ce volume.
 - Compartiment enceinte intérieure C3
Ce compartiment contient du graphite et du feutre de graphite et serait ensuite inutilisable.
- Un examen visuel direct des parois sous pression lors de l'épreuve hydraulique
L'objectif de l'épreuve hydraulique est de pouvoir déceler visuellement toute déformation rémanente ou fuite sur les parois pressurisées. Or, La mise en pression ne pourrait pas être associée à un contrôle visuel pertinent des parois du compartiment puisqu'elles sont inaccessibles pour des raisons radiologiques et d'accès physiques.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 33/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

3.2.5 Conclusion partielle

Les obstacles à la mise en œuvre de certaines actions réglementaires sur les compartiments C2 et C3 résultent d'impossibilités techniques liées aux caractéristiques des compartiments et à leur environnement.

L'ouverture du couvercle de la source chaude (en partie supérieure) sera réalisée tous les 40 mois pour permettre un contrôle visuel des parois visibles (vérification interne de C2).

Compte tenu des éléments apportés, l'inspection périodique des vannes MV4, MV5 et de la soupape SV1 n'est techniquement pas envisageable tous les 40 mois.

Par contre, tel que décrit dans le paragraphe 2.5 un automatisme agit et protège le compartiment à une pression (3,5 bar) inférieure au déclenchement de la soupape SV1 (4 bar) en cas de surpression. Cet automatisme est vérifié dans le cadre d'essais avant démarrage avant chaque cycle de fonctionnement de la source chaude (50 jours). Cette vérification contrôle la cohérence de la mesure, le seuil et l'ouverture effective des vannes. Un étalonnage de toutes les mesures de l'installation est réalisé tous les 24 mois.

Une vérification intérieure et extérieure ainsi qu'une vérification du tarage de la soupape SV1 sera réalisé tous les dix ans.

4 ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE

4.1 Facteur fabrication

L'ensemble fonctionnel source chaude, entre depuis l'origine dans le champ d'application du décret du 18 janvier 1943 puisqu'il met en œuvre des gaz comprimés à une pression supérieure à 4 bar.

Dans le cas du suivi en service de cet équipement, nous sommes en mesure de présenter l'intégralité du dossier de fabrication ainsi que le dossier descriptif qui permettent de justifier de la conformité réglementaire de cet équipement.

Ce dossier descriptif actuel comprend :

- L'état descriptif d'origine
- Les PV d'épreuve pneumatique
- Les plans de détails des composants doigts de gant, pièces de liaisons usinées.
- Une note de calcul d'origine

	Rapport RHF n° 514	Page : 34/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

- Cahier de soudage
- Certificats matières (Zircaloy, AG3NET et inox)

Procès-verbaux de contrôle en fabrication (100% ressuage, 100% radiographie, essais résistance mécanique, test étanchéité hélium, traitement de surface, ...

L'ensemble fonctionnel source chaude a été conçu et fabriqué selon CODAP 2000. Sa fabrication a été suivie par une tierce partie (Bureau Veritas) tout au long des opérations et sa présence pour certaines opérations importantes (épreuves principalement) a été sanctionnée par l'apposition de sa signature et de son tampon sur les procès verbaux et le document qualité (LOFC).

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

	Rapport RHF n° 514	Page : 35/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

4.2 Facteur état

La première source chaude installée en 1972 a fonctionné de façon tout à fait satisfaisante jusqu'en 1999, date à laquelle elle a été démontée suite à la perte des thermocouples permettant la surveillance de la température de la paroi interne. L'exploitant n'étant plus capable de garantir la température de fonctionnement de l'enceinte interne, elle a été sortie du réacteur. Elle avait atteint 5412 JEPP.

La dépose de l'ancienne source chaude n'a pas permis de réaliser des essais de caractérisation mécanique pour les raisons suivantes :

- Contraintes techniques liée aux dimensions de la source pour le découpage en cellule chaude.
- Méconnaissance du comportement du graphite lors du découpage (projections et mise en suspension de particules radioactives).

Il est par conséquent difficile d'estimer de manière pragmatique l'état mécanique interne de l'ancienne source chaude. Son état externe observé dans le canal de stockage ne conduit pas à l'observation de dégradation.

La source chaude installée en 2003 atteindra 1650 JEPP au 1^{er} janvier 2015.

Lors de la conception, les deux compartiments présentaient des marges importantes en calcul (note de calcul G20002W-NC 0002 F)

Les observations faites lors des inspections visuelles internes du bloc pile (et de la partie inférieure de la source chaude) annuellement ainsi que des faces interne et externe du couvercle en piscine (visités en 2008) nous permettent de garantir que la source chaude ne présente pas de dégradation.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)**

Ind. A

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

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 37/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

4.3 Facteur dégradation

Le retour d'expérience de l'ILL sur l'exploitation pendant 43 ans de compartiments en aluminium AG3NET, en inox et en Zircaloy-4 est important.

Pour le cas précis de la source chaude, la source chaude précédente nous permet d'apporter un REX favorable jusqu'à une fluence de 5400 JEPP, sans qu'aucune dégradation n'ai été constatée (état visuel bon, pas de perte d'étanchéité).

4.3.1 Modes de dégradation

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

- Fatigue thermique oligocyclique ou à grand nombre de cycles
- Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble
- Fatigue vibratoire
- Pics locaux de pression
- Fluage
- Concentrations de contraintes
- Phénomènes de corrosion localisée et généralisée
- Phénomènes thermo hydrauliques locaux nocifs
- Vidange de l'équipement en cas de rupture de tuyauterie

Complété par la prise en compte des effets de l'irradiation sur le matériau.

4.3.1.1 Fatigue thermique oligocyclique ou à grand nombre de cycles

La fatigue des différents composants a été calculée lors de la conception en tenant compte de façon conservative des événements d'exploitation et de la durée de vie de la SC.

Les calculs effectués montrent que les taux d'usage obtenus sont tous inférieurs à 0,01 sauf pour l'enceinte extérieure (réservoir externe de C2, repère 11) pour lequel il est de 0,15. Cette valeur, très inférieure à la limite de 1, est surévaluée par rapport aux cycles de pression réellement effectués lors du fonctionnement effectif de l'équipement (le facteur de 0,15

	Rapport RHF n° 514	Page : 38/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

provient de calculs effectués avec un ΔP enveloppe de 10,25 bar alors que le ΔP usuel est de l'ordre de 4 bar).

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

4.3.1.2 Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble

Ind. A | Aucune soudure hétérogène n'est présente. *En effet, tel que précisé au §2.2.1.1 (C2), seules les pièces repères 9, 10 et 11 sont soudées entre elles (Zy4). Les pièces repères 6, 7 et 9 sont assemblées par boulonnage. De même, tel que précisé au §2.2.1.1 (C3) seules les pièces repères 8 et 12 sont soudées entre elles (Zy4). Les pièces repères 1, 4 et 8 sont assemblées par boulonnage.*

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

4.3.1.3 Fatigue vibratoire

Aucun phénomène vibratoire n'est mis en jeu.

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 doigts de gant. Cette vitesse est inférieure à 0,5 m/s.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

4.3.1.4 Pics locaux de pression

La pression à l'intérieur des compartiments ne varie pas puisque en fonctionnement les volumes sont fermés et statiques. De même lors des conditionnements, les débits sont limités par un diaphragme permettant de garantir l'absence de pic de pression (*débit maxi de l'ordre de 20 l/min*). *Le bloc graphite logé en partie centrale de l'enceinte intérieure présente une porosité de 15% (densité de 1,7 kg/dm³). Le feutre graphite autour du bloc graphite présente un taux de porosité de 85% (densité de 0,1 kg/dm³). Toute les zones de l'enceinte sont par conséquent en communication avec le vase d'expansion.*

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

4.3.1.5 Fluage

	Rapport RHF n° 514	Page : 39/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Le chapitre X32Z.31 du RCC-MX édition 2002 mentionne que le fluage pour le Zircaloy-4 est considéré comme étant négligeable à une $T^{\circ} < 275^{\circ}\text{C}$ quel que soit le temps de maintien.

Or les deux enceintes fonctionnent à des températures inférieures à 275°C , la probabilité d'apparition d'une dégradation selon ces modes est donc faible.

4.3.1.6 Concentrations de contraintes :

Les singularités des enveloppes de la source chaude ont fait l'objet de vérifications (note de calcul constructeur) et montrent des marges conséquentes. Ces singularités sont les rainures sur la face extérieure de la paroi de l'enceinte interne et la soudure de fermeture de l'enceinte externe (soudure faisceaux d'électrons sur latte fixe).

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

4.3.1.7 Phénomènes de corrosion localisée et généralisée

Les compartiments qui composent l'ensemble fonctionnel source chaude sont continûment remplis d'hélium pur. Les caractéristiques physico-chimiques de ces fluides sont telles qu'aucun phénomène de dégradation ne peut se produire au regard du Zircaloy-4, de l'AG3NET et de l'inox.

Ind. A | *De plus, pour la paroi interne de l'enceinte interne Zy4, la température de celle-ci est contrôlée en permanence par des thermocouples qui permettent de garantir que le feutre graphite assure toujours un isolement thermique du bloc graphite à 2000°C . Ainsi, nous pouvons garantir que la paroi n'est jamais à une température de plus de 300°C , ce qui nous permet de maîtriser les phénomènes de corrosion pouvant se produire sur cette paroi. Les parois extérieures de l'enceinte externe sont en contact avec l'eau légère de la piscine pour la partie supérieure en inox et en contact avec l'eau lourde du bloc pile pour la partie inférieure en Zircaloy et la virole de liaison en AG3NET.*

La maîtrise des caractéristiques physico-chimiques et des températures des eaux lourde et légère permet de garantir une corrosion négligeable des éléments dans la plage de fluence prévue. De plus, l'inspection extérieure de la source chaude n°1, après son retrait du bloc pile, a montré que la corrosion était négligeable.

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

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 40/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

4.3.1.8 Phénomènes thermo-hydrauliques locaux nocifs

Il n'y a pas de circulation forcée de gaz à l'intérieur des compartiments. L'hélium est maintenu statique à une pression absolue de 5,8 bar (enceinte extérieure) et 8 bar (enceinte intérieure).

Ind. A

Les différences de température de l'hélium entre la partie chaude en pile (de l'ordre de 300°C) et la partie froide en piscine (de l'ordre de 25°C) peuvent induire un mouvement de convection naturelle. Cependant les écarts de densité de l'hélium à ces pressions et pour ces deux températures sont très faibles (de l'ordre de 0,6 kg/m³), la différence de pression, moteur du phénomène de convection naturelle, qui en résulterait est de l'ordre de la dizaine de Pascal, très faible par rapport aux pressions statiques de 5,8 et 8 bars. Le mouvement du gaz Hélium dans les compartiments est donc négligeable et ne peut induire d'effets nocifs. La circulation de l'eau lourde dans le compartiment bloc pile BP est issue du combustible sans mélange. Par conséquent la température de l'eau dans laquelle baigne la source chaude ne subit de variation brusque et périodique.

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. En cas de fuite de l'enceinte externe, l'automatisme assure un remplissage permanent en hélium compensant le débit de fuite.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

4.3.1.10 Vieillessement du matériau sous irradiation

Composant en Acier inoxydable

La pièce en acier inoxydable est située dans une zone froide (25 °C) et hors flux sensible ce qui permet son emploi sans problème de vieillissement significatif.

Composants en AG3NET

Ce matériau a été retenu, en particulier, pour la virole de liaison et le vase d'expansion de la SC n° 2. Cet alliage d'aluminium est utilisé pour la majorité des composants sous flux du RHF tels que le bloc pile et les doigts de gant. Les éléments des compartiments en AG3NET sont positionnés dans des zones peu ou pas soumises au flux de neutron du cœur. La fluence de ces éléments est donc négligeable au sens du RCC-MRx.

	Rapport RHF n° 514	Page : 41/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Composants en Zircaloy-4

Le Zircaloy est essentiellement sensible à l'effet des neutrons rapides. Des équipements du réacteur OSIRIS ont été utilisés jusqu'à des fluences rapides de $4,65 \cdot 10^{22}$ n.cm⁻² (E > 1 MeV), puis ont fait notamment l'objet d'essais mécaniques. Le Zircaloy devient très résistant avec l'irradiation mais son allongement à rupture diminue. Or la durée de vie de la SC est limitée à une fluence de $5 \cdot 10^{21}$ n.cm⁻², correspondant à 5750 JEPP (pour rappel, la première source chaude a été retirée après 30 ans de service et à une fluence de $4,9 \cdot 10^{21}$ n.cm⁻², pour des problèmes de sonde de température). A cette fluence rapide intégrée, l'allongement total à rupture est encore de 10 %.

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

4.3.2 Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles les compartiments sont potentiellement sensibles

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 sur les compartiments C2 et C3 ne sont réalisées que sur les parties visibles et accessibles.

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

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

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

TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)

Ind. A

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

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

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

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

	Rapport RHF n° 514	Page : 44/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

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 inventoriés précédemment conduisent globalement à quatre phénomènes de dégradation :

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

Vis à vis de chacun des 4 phénomènes de dégradation listés, la somme des performances globales des gestes retenus (gestes réglementaires GR effectués le cas échéant + gestes compensatoires GC effectués) doit être supérieure ou égale à la somme des performances

	Rapport RHF n° 514	Page : 45/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

globales obtenue par application de la réglementation (annexes 5 et 6 de l'arrêté ESPN) diminuées des performances globales des dispositions préventives DP.

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

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

5.2 Performances gestes réglementaires

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

Tableau 1

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR1 : vérification extérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP ($\alpha=2$)	PI1=3 PG1=6	PI2=1 PG2=2	PI3=4 PG3=8	PI4=1 PG4=2
GR2 : vérification intérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP ($\alpha=2$)	PI1=1 PG1=2	PI2=3 PG2=6	PI3=1 PG3=2	PI4=4 PG4=8
GR3 : Epreuve hydraulique décennale 1,2PS des récipients ($\alpha=1$)	PI1=2 PG1=2	PI2=2 PG2=2	PI3=2 PG3=2	PI4=2 PG4=2
Σ PG Récipient à IP à 40 mois et RP à 10 ans	$\Sigma PG1_{GR}=10$	$\Sigma PG2_{GR} =10$	$\Sigma PG3_{GR} =12$	$\Sigma PG4_{GR} =12$

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

Compartiment C2 :

- Epreuve hydraulique décennale (GR3)

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 46/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Compartment C3 :

- Vérification extérieure 40 mois (GR1)
- Vérification intérieure 40 mois (GR2)
- Epreuve hydraulique décennale (GR3)

5.3 Compartiment enceinte intérieure (C3)

5.3.1 Performances gestes compensatoires

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

- GC1 : Suivi permanent des paramètres physiques internes (pression, température). Le volume est isolé en exploitation et par conséquent, aucun échange n'est possible avec d'autres volumes. La pression est suivie en permanence ainsi que la température interne de la paroi en partie inférieure. En cas de dépassement des limites d'exploitation, les défauts sont transmis en salle de contrôle

Tableau 2

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GC1 : Suivi permanent des paramètres physiques internes	PI1=1 PG1=4	PI2=1 PG2=4	PI3=1 PG3=4	PI4=1 PG4=4
Σ PG GC proposés	Σ PG1 _{GC} =4	Σ PG2 _{GC} =4	Σ PG3 _{GC} =4	Σ PG4 _{GC} =4

5.3.2 Performances des dispositions préventives

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

- DP1 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne. Le fluide intérieur du compartiment est un gaz inerte et pur, analysé avant chaque cycle et ses caractéristiques intrinsèques nous garantissent son innocuité vis-à-vis de la perte d'épaisseur en surface interne. Une fois le compartiment conditionné avec ce gaz, il est isolé sur lui-même et son étanchéité est surveillée de façon permanente par le suivi des pressions. Les caractéristiques chimiques du fluide ne peuvent évoluer sans perte d'étanchéité (gaz neutre). L'évolution des caractéristiques chimiques est donc connue à tout moment. C'est bien par conséquent un suivi permanent et particulier de ces caractéristiques qui est réalisé.

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE
C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)**

Ind. A

Ind. A

- DP2 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe. Le fluide extérieur au compartiment C3 est un gaz inerte et pur, analysé avant chaque cycle et ses caractéristiques intrinsèques nous garantissent son innocuité vis-à-vis de la perte d'épaisseur en surface externe. Une fois le compartiment C2 (dans lequel baigne C3) conditionné avec ce gaz, il est isolé sur lui-même (*on peut noter que l'injection automatique d'hélium en cas de pression basse n'a jamais été mise en œuvre depuis l'origine*) et son étanchéité est surveillée de façon permanente par le suivi des pressions. Les caractéristiques chimiques du fluide ne peuvent évoluer sans perte d'étanchéité (gaz neutre). L'évolution des caractéristiques chimiques est donc connue à tout moment. C'est bien par conséquent un suivi permanent et particulier de ces caractéristiques qui est réalisé.
- DP3 : Environnement prenant en compte la rupture de l'équipement vis-à-vis des risques radioprotection et pression. L'enceinte interne est complètement contenue dans l'enceinte externe. La conception de l'enveloppe externe a pris en compte la rupture du compartiment d'un point de vue pression d'équilibre et échauffement. L'aspect radioprotection est pris en compte par le confinement du fluide
- DP4 : Exigences de conception/fabrication spécifiques. Une étude de la tenue à la fatigue a été réalisée et montre un taux d'usage de 0,3 % maximum. De plus, les épreuves finales ont été réalisées à des pressions largement supérieures aux requis du code et de la réglementation : pression d'épreuve de 11,8 bar, soit 1,34 fois la pression requise par le code CODAP, 2,95 fois la pression de déclenchement de la soupape SV1 et 3,37 fois la pression d'ouverture automatique des vannes (MV4 et MV5).

Tableau 3

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
DP1 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne	PG1=0	PG2=0	PG3=0	PG4=3
DP2 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe	PG1=0	PG2=0	PG3=3	PG4=0
DP3 : Environnement prenant en compte la rupture de l'équipement vis-à-vis du risque radioprotection et pression	PG1=4	PG2=4	PG3=4	PG4=4
DP4 : Exigences de conception/fabrication spécifiques	PG1=2	PG2=2	PG3=1	PG4=1
Σ PG DP proposés	Σ PG1 _{DP} =6	Σ PG2 _{DP} =6	Σ PG3 _{DP} =8	Σ PG4 _{DP} =8

	Rapport RHF n° 514	Page : 48/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

5.3.3 Analyses des performances et des niveaux de sécurité

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

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

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

5.3.3.1 Performances des dispositions retenues

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

Tableau 4

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR réalisés	PG1=0	PG2=0	PG3=0	PG4=0
GC proposés (tableau 2)	PG1 _{GC} =4	PG2 _{GC} =4	PG3 _{GC} =4	PG4 _{GC} =4
$\sum PG_{(GC \text{ proposés} + GR \text{ réalisés})}$	PG1=4	PG2=4	PG3=4	PG4=4

5.3.3.2 Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives

Tableau 5

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR (tableau 1)	PG1 _{GR} =10	PG2 _{GR} =10	PG3 _{GR} =12	PG4 _{GR} =12
DP proposés (tableau 3)	PG1 _{DP} =6	PG2 _{DP} =6	PG3 _{DP} =8	PG4 _{DP} =8
$\sum PG_{GR} - \sum PG_{DP}$	PG1=4	PG2=4	PG3=4	PG4=4

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 49/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

5.3.4 Comparaisons des performances

Cette comparaison est faite par phénomène de dégradation :

- Détection fissuration externe : $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 4 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 4$
- Détection fissuration interne : $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 4 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 4$
- Détection perte épaisseur externe : $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 4 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 4$
- Détection perte épaisseur interne : $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 4 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 4$

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

5.4 Compartiment enceinte extérieure (C2)

5.4.1 Performances gestes compensatoires

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

- GC1 : Suivi permanent des paramètres physiques internes (pression). Le volume est isolé en exploitation et par conséquent, aucun échange n'est possible avec d'autres volumes. La pression est suivie en permanence. En cas de dépassement des limites d'exploitation, les défauts sont transmis en salle de contrôle

Tableau 2

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GC1 : Suivi permanent des paramètres physiques internes	PI1=1 PG1=4	PI2=1 PG2=4	PI3=1 PG3=4	PI4=1 PG4=4
$\Sigma PG_{GC\ proposés}$	$\Sigma PG1_{GC}=4$	$\Sigma PG2_{GC}=4$	$\Sigma PG3_{GC}=4$	$\Sigma PG4_{GC}=4$

5.4.2 Performances des dispositions préventives

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

- DP1 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne. Le fluide intérieur du compartiment est un gaz inerte et pur, analysé avant chaque cycle et ses caractéristiques intrinsèques nous garantissent son innocuité vis-à-vis de la perte d'épaisseur en surface interne. Une fois le compartiment conditionné avec ce gaz, il est isolé sur lui-même (*on peut noter que l'injection automatique d'hélium en cas de pression basse n'a jamais été mise en œuvre depuis l'origine*) et son étanchéité est surveillée de façon permanente par le suivi des pressions. Les caractéristiques chimiques du fluide ne peuvent évoluer sans perte d'étanchéité (gaz neutre). L'évolution des caractéristiques chimiques est donc connue à tout moment. C'est bien par conséquent un suivi permanent et particulier de ces caractéristiques qui est réalisé.
- ~~DP2 : Maîtrise des caractéristiques chimiques des fluides externes. Les fluides extérieurs aux compartiments sont l'eau légère de la piscine réacteur pour la partie supérieure et l'eau lourde du bloc pile pour la partie inférieure. Les caractéristiques des fluides et la maîtrise de leur qualité permet de garantir qu'aucune perte d'épaisseur n'est attendue (cf. §2.2.2).~~
- DP2 : Exigences de conception/fabrication spécifiques. Les calculs ont pris en compte des situations exceptionnelles en utilisant les caractéristiques des matériaux en situation normale et les épreuves finales ont été réalisées à des pressions largement supérieures aux requis du code et de la réglementation : pression d'épreuve à 22,5 bar, soit 1,32 fois la pression requise par le code CODAP, 2,45 fois la pression de déclenchement de la soupape SV2 et 3,6 fois la pression de fermeture des vannes de l'alimentation hélium.

Tableau 3

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
DP1 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne	PG1=0	PG2=0	PG3=0	PG4=3
DP2 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe	PG1=0	PG2=0	PG3=3	PG4=0
DP2 Exigences de conception/fabrication spécifiques	PG1=1	PG2=1	PG3=1	PG4=1
Σ PG DP proposés	Σ PG1 _{DP} =1	Σ PG2 _{DP} =1	Σ PG3 _{DP} =1	Σ PG4 _{DP} =4

5.4.3 Analyses des performances et des niveaux de sécurité

Les niveaux de sécurité apportés par les dispositions retenues (exigences réglementaires conservées + dispositions 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 :

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

5.4.3.1 Performances des dispositions retenues

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

Tableau 4

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR réalisés	PG1=8	PG2=8	PG3=10	PG4=10
GC proposés (tableau 2)	PG1 _{GC} =4	PG2 _{GC} =4	PG3 _{GC} =4	PG4 _{GC} =4
Σ PG (GC proposés+GR réalisés)	PG1=12	PG2=12	PG3=14	PG4=14

5.4.3.2 Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives

Tableau 5

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR (tableau 1)	PG1 _{GR} =10	PG2 _{GR} =10	PG3 _{GR} =12	PG4 _{GR} =12
DP proposés (tableau 3)	PG1 _{DP} =1	PG2 _{DP} =1	PG3 _{DP} =1	PG4 _{DP} =4
Σ PG _{GR} - Σ PG _{DP}	PG1=9	PG2=9	PG3=11	PG4=8

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 52/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

5.4.4 Comparaisons des performances

Cette comparaison est faite par phénomène de dégradation :

- Détection fissuration externe : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 12 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 9$
- Détection fissuration interne : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 12 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 9$
- Détection perte épaisseur externe : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 14 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 11$
- Détection perte épaisseur interne : $PG_{(GC \text{ proposés}+GR \text{ réalisés})} = 14 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 8$

Ind. A

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 Conclusion niveau de sécurité

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

Conformément au paragraphe 2.3.2 du courrier ASN CODEP-DEP-2013-034129, la démonstration de l'équivalence du niveau de sécurité proposée par l'ILL ci-dessus est suffisante.

5.6 Evaluation des conséquences de défaillance

Le scénario de rupture de l'enceinte externe de la source chaude est envisagé dans le rapport de sûreté de l'ILL (voir fiche CF4.DE.2). La défaillance des deux compartiments simultanément n'est pas prise en compte car pas raisonnablement prévisible.

5.6.1 Facteur conséquence sur les travailleurs

Les compartiments C2 et C3 sont situés dans le bloc pile et dans la piscine du réacteur sous sept mètres d'eau et la défaillance de l'un ou l'autre des compartiments ne conduit pas au déversement de fluide radioactif dans le hall réacteur. Par conséquent, La défaillance des compartiments n'a aucune conséquence sur les travailleurs.

5.6.2 Facteur conséquence sur l'environnement

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

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 53/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

5.6.3 Facteur conséquence sur d'autres EIP

La défaillance des compartiments C2 ou C3 n'a aucune conséquence mécanique sur d'autres EIP car, dans ce cas, les compartiments conservent leur géométrie et restent stables.

6 CONCLUSIONS

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

Les exigences réglementaires concernent l'équipement « bloc pile » multi-compartiments dont font partie les compartiments C2 et C3 liés à l'ensemble fonctionnel « Source Chaude ». Le document RHF 514 définit en particulier les exigences et les aménagements pour ces compartiments.

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

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

Opérations d'exploitation, d'entretien et de surveillance

Les POES mis en œuvre, prennent notamment en compte les éléments d'engagement pris dans le présent RHF 514. Pour rappel, les opérations particulières proposées sont :

- Suivi permanent des paramètres physiques internes des compartiments C2 et C3
- Maîtrise des caractéristiques chimiques des fluides internes aux compartiments C2 et C3
- Maîtrise des caractéristiques chimiques des fluides externes au compartiment C3
- Essais avant démarrage de l'automatisme de protection de C3

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

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 514	Page : 54/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

Inspections périodiques sous la responsabilité de l'exploitant

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

- Une vérification interne du compartiment C2 (accès partie supérieure)
- Une vérification externe du compartiment C2 en partie supérieure (en piscine) réalisée au titre de la vérification extérieure de l'équipement « bloc pile » multi-compartiments.
- Une vérification externe du compartiment C2 en partie inférieure (dans le bloc pile) réalisée au titre de la vérification intérieure du compartiment C11 et de la paroi séparatrice entre C2 et C11.
- Une vérification de l'accessoire de sécurité 924SV2 associé au compartiment C2

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 l'ensemble fonctionnel « source chaude » considéré :

- Une vérification interne du compartiment C2 (accès partie supérieure)
- Une vérification externe du compartiment C2 en partie supérieure réalisée au titre de la vérification extérieure de l'équipement « bloc pile » multi-compartiments.
- Une vérification externe du compartiment C2 en partie inférieure réalisée au titre de la vérification intérieure du compartiment C11 et de la paroi séparatrice entre C2 et C11.
- Une vérification de l'accessoire de sécurité 924SV2 associé au compartiment C2
- Une vérification de l'accessoire de sécurité 924SV1 associé au compartiment C3

	Rapport RHF n° 514	Page : 55/55
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 DANS LES COMPARTIMENTS DU BLOC PILE C2 ET C3 (SOURCE CHAUDE)	Ind. A

- La vérification des éléments définis dans le présent document (RHF 514) concernant :
 - o Demandes de dispenses de gestes réglementaires pour :
 - Vérifications internes tous les 40 mois du compartiment C3
 - Vérifications externes des accessoires sous pression 924MV4 et 924MV5 raccordés au compartiment C3 tous les 40 mois.
 - Vérifications et essais de l'accessoire de sécurité 924SV1 associé au compartiment C3 tous les 40 mois.
 - Vérification interne tous les 120 mois du compartiment C3
 - Epreuve hydraulique tous les 120 mois du compartiment C2
 - Epreuve hydraulique tous les 120 mois du compartiment C3
 - o Respect des conditions particulières proposées en regard des dispenses ci-dessus :
 - Suivi permanent des paramètres physiques internes des compartiments C2 et C3
 - Maîtrise des caractéristiques chimiques des fluides internes aux compartiments C2 et C3
 - Maîtrise des caractéristiques chimiques des fluides externes au compartiment C3
 - Essais avant démarrage de l'automatisme de protection de C3
- La vérification de l'adéquation et de l'existence du POES pour les compartiments C2 et C3 liés à l'ensemble fonctionnel « Source Chaude » et pour les autres compartiments de l'équipement « bloc pile » impactés (C11, ...)
- La vérification de la présence des éléments de preuve attendus par le RHF 514 et les POES dans le dossier d'exploitation.