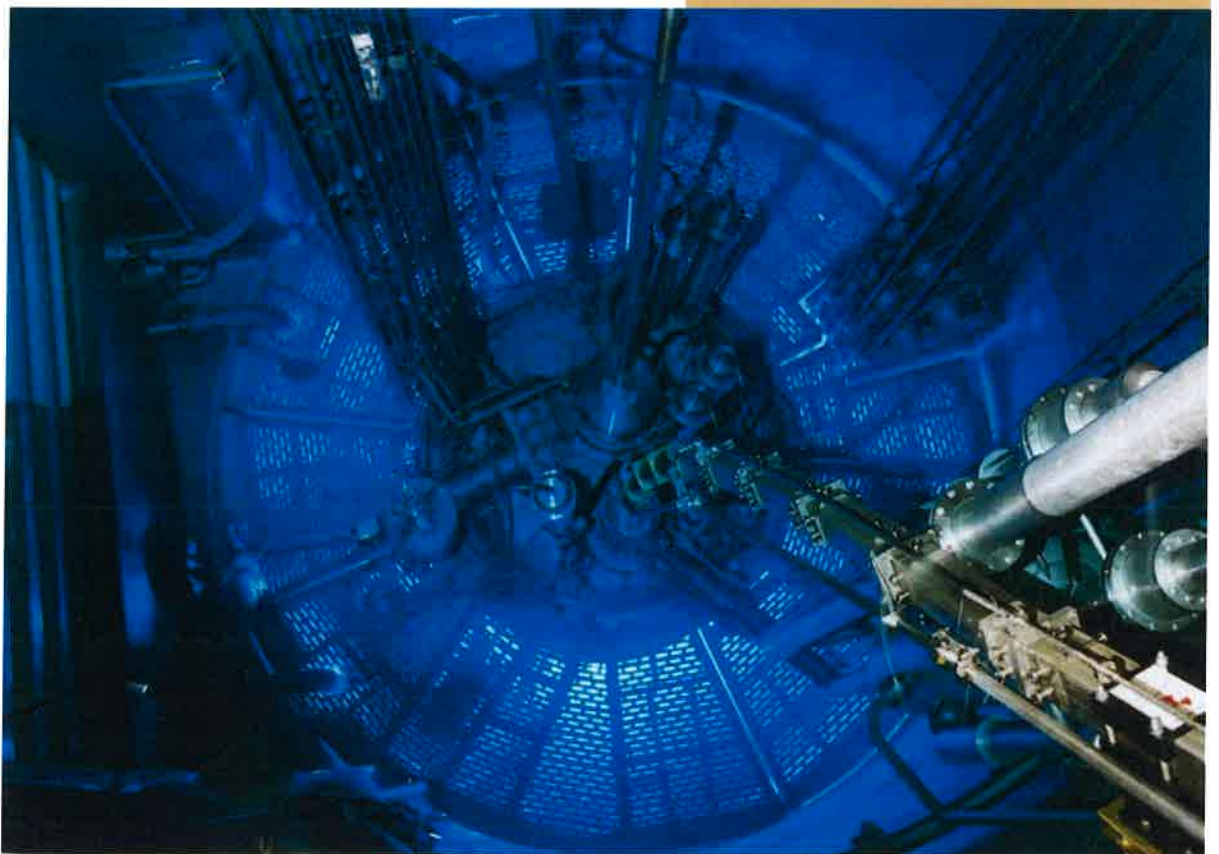


**Définition de conditions particulières  
d'application du titre III du décret 99-1046 à  
l'équipement « Ballast SFH »**





NEUTRONS  
FOR SCIENCE  
DIVISION REACTEUR

## Rapport RHF n° 491

Page : 1/42

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »**

Ind. A

### Champ d'application et résumé

### Historique des évolutions

Indice	Date	Références	Commentaires/objet des évolutions d'indice
0	16/06/2014	DRe FG/gs 2014-0486	Création du document
A	21/01/2015	DRe FF/gl 2015-0041	Modifications suite à la réunion avec la DEP du 1/10/2014

### Destinataires

Les signataires

Chefs de service et de groupe concernés :

Autres :

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



TABLE DES MATIERES

I. PREAMBULE/OBJECTIFS .....	4
II. DESCRIPTION DU RECIPIENT .....	4
A. Rôle du récipient.....	4
B. Caractéristiques du récipient .....	5
1. Caractéristiques Conception - Fabrication.....	5
2. Caractéristiques des fluides en contact avec les compartiments .....	8
C. Exploitation du récipient .....	9
D. Localisation du récipient.....	10
E. Accessoires de sécurité associés .....	11
III. JUSTIFICATION DE L'INCAPACITE A REALISER LES ACTIONS REGLEMENTAIRES SUR L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH » .....	13
A. Contexte .....	13
B. Obstacles à la réalisation des actions réglementaires.....	13
IV. ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE .....	16
A. Facteur fabrication.....	16
B. Facteur état .....	17
1. Compartiment « réservoir deutérium » .....	17
2. Compartiment « garde azote » .....	18
C. Facteur dégradation .....	19
1. Compartiment « réservoir deutérium » .....	19
2. Compartiment « garde azote » .....	24
D. Résultat probabilité de défaillance.....	27
V. EQUIVALENCE DU NIVEAU DE SECURITE DE L'EQUIPEMENT PAR RAPPORT A CELUI QUI SERAIT ETABLI PAR REALISATION DES MESURES DE DROIT COMMUN .....	28
A. Préambule .....	28
B. Performances gestes réglementaires .....	29
C. Performances gestes compensatoires .....	30
1. Compartiment « réservoir deutérium » .....	30
2. Compartiment « garde azote » .....	30
D. Performances des dispositions préventives .....	31
1. Compartiment « réservoir deutérium » .....	31
2. Compartiment « garde azote » .....	33
E. Analyses des performances et des niveaux de sécurité.....	33



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »**

*Ind. A*

1. Compartiment « réservoir deutérium » .....	33
2. Compartiment « garde azote » .....	34
<b>VI. EVALUATION DES CONSEQUENCES DE DEFAILLANCE.....</b>	<b>38</b>
A. Facteur conséquence sur les travailleurs.....	38
B. Facteur conséquence sur l'environnement .....	38
C. Facteur conséquence sur d'autres EIP.....	39
<b>VII. CONCLUSIONS .....</b>	<b>40</b>

Ind. A



## I. Préambule/objectifs

Le ballast de la Source Froide Horizontale est le réservoir principal de stockage du deutérium de l'installation source froide horizontale. Ce réservoir est un récipient multi-compartiments, car dès sa conception, il intègre une double paroi permettant d'inertiser le volume autour du récipient interne. Ces compartiments sont indissociables mécaniquement.

L'article 24-8 du décret du 13 décembre 1999 prévoit que l'ASN puisse accorder, sur demande motivée d'un exploitant, des conditions particulières d'application des exigences réglementaires applicables aux ESPN. Ainsi un exploitant peut être autorisé à mettre en œuvre des dispositions de suivi en service particulières, incluant notamment des actions de mesures compensatoires, sous réserve que celles-ci permettent de garantir, comme mentionné à l'article 27-II du décret du 13 décembre 1999, « un niveau de sécurité au moins équivalent » à celui qui serait établi par la réalisation complète des mesures de droit commun.

Dans le présent document, nous traitons du ballast SFH et de ses deux compartiments « réservoir D2 » et « garde azote ». 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 le récipient ballast SFH (971RP04)

## II. Description du récipient

Le récipient « ballast SFH » fait partie de l'installation source froide horizontale. Cette installation dans sa globalité permet la fourniture de neutrons froids aux scientifiques (bâtiment ILL22).

### A. Rôle du récipient

La fonction principale du récipient ballast SFH est le stockage en sécurité du deutérium tritié nécessaire au fonctionnement de l'ensemble fonctionnel « cellule SFH ».

Pour cela, les rôles des deux compartiments sont différents :

- Le compartiment « réservoir D2 » (971 RP 04 A) permet le confinement permanent du deutérium et son stockage durant toutes les phases de fonctionnement de la source froide horizontale. Comme son appellation le sous-entend, son volume permet d'assurer un rôle de tampon d'expansion selon que le deutérium dans la cellule SFH est sous forme gazeuse ou liquide.



- Le compartiment « garde azote » (971 RP 04 B) permet le maintien d'une atmosphère inerte autour du compartiment interne ainsi que, par une cascade de pression, une surveillance de l'état des parois des compartiments. En cas de défaillance du réservoir interne, il permet de confiner le deutérium sans rejet direct dans le local.

La conception du récipient ballast SFH et son dimensionnement ont été réalisés de façon globale avec l'ensemble de l'installation source froide horizontale et ses composants principaux (cellule, bouchon, condenseur, ligne D2, caisson sous ballast et ballast). (Voir schéma PID, annexe 1)

## B. Caractéristiques du récipient

Le récipient « ballast SFH » est un récipient à deux compartiments réalisé en acier inoxydable (Z6 CNT 18/10 selon NFA 35573) pour le réservoir interne et en acier au carbone (A 42 CP selon NFA 36.205) pour l'enveloppe externe.

### 1. Caractéristiques Conception - Fabrication

Cet équipement a été conçu et fabriqué en 1986 par la société -Société Dauphinoise de Mécano-Soudage - (SDMS) à Saint Romans - Isère.

La fabrication et le contrôle de la tenue mécanique ont été réalisés selon le code CODAP 85 édition juillet 1985.

Aucune réglementation relative aux équipements sous pression n'était applicable à la fabrication.

#### • Descriptif technique

Le récipient est composé de deux réservoirs verticaux, dont l'un contient complètement l'autre. Les réservoirs interne et externe sont complètement soudés et sans orifice de visite. La liaison entre les deux réservoirs est réalisée en partie basse par un appui au niveau du bossage de sortie du réservoir interne et par trois vis de contacts en partie haute à 120°.

- Réservoir interne : (matière Z6 CNT 18/10 selon NFA35573)
  - o Virole :  $\varnothing_{ext}$  : 1500 mm, épaisseur : 10 mm, longueur 2860 mm (2 viroles avec 1 soudure circulaire ; 3 soudures longitudinales)
  - o Fonds elliptiques inférieur et supérieur :  $\varnothing_{ext}$  1500, épaisseur 12mm départ



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »**

*Ind. A*

- Bossage supérieur (orifice pour épreuve hydraulique initiale) : collet  $\varnothing 130$ , épaisseur 22 mm + bouchon M36 soudé en final (porte joint pour épreuve), matière Z6CNT 18-10.
- Bossage inférieur (orifice pour tuyauterie principale) : bossage  $\varnothing 130$ , longueur 110 mm avec lèvres pour soudure bout à bout tuyauterie double enveloppes), matière Z6CNT 18-10.
- Tuyauterie principale double enveloppe : tube int  $\varnothing 33,7 \times 2$  et tube ext  $\varnothing 60,3 \times 2$ , matière Z2 CN 18-10.
- Réservoir externe : (matière A 42 CP selon NFA 36205)
  - Virole :  $\varnothing_{\text{ext}} : 1600$  mm, épaisseur : 8 mm, longueur 2902 mm (2 viroles avec une soudure circulaire, 4 soudures longitudinales).
  - Fonds elliptiques inférieur et supérieur :  $\varnothing_{\text{ext}} 1600$ , épaisseur 8mm
  - Bossage inférieure : bossage  $\varnothing 250$ , épaisseur 30 mm avec trou de passage central  $\varnothing 81$ mm.
  - Jupe et semelle support : virole  $\varnothing 1520$  mm, épaisseur 8, longueur 621 mm en A42 CP et semelle  $\varnothing 1780/1450$  épaisseur 15 en E24.2.

Le récipient est présenté dans son ensemble sur le plan Re9C35P15 000 rev. C (annexe 2), le réservoir interne détaillé dans le plan Re9C35P15 100 rev. D, le réservoir externe détaillé dans le plan Re9C35P15 200 rev. C et la tuyauterie détaillée dans le plan Re9C35P15 300 rev. D.

La note de calcul porte la référence Re 9C 35 N15 000 ind B (20289 – NC 86.03). Elle prend en compte les charges mécaniques de fonctionnement et d'épreuve ainsi qu'un séisme à 0,5g.

- **Caractéristiques physiques**

L'équipement possède une plaque d'identité du fabricant d'origine. Celle-ci n'indique que le constructeur et le numéro de série de l'équipement (20289).

Aucune indication au sens d'une plaque d'identité réglementaire n'est apposée sur l'équipement.



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »**

Ind. A

Caractéristiques	971RP04A	971RP04B	Unités
P. maximale admissible (PS)	4*	2,5 **	Bar rel
P utilisation	-1 à 2,4	0,3	Bar rel
Pression de calcul (Pi/Pe)	18 / 1	0,3 / 1	Bar rel
P épreuve initiale (PE)	17		Bar rel
T°. maximale admissible (TS)	35	35	°C
T° de fonctionnement	-250 à 25	15 à 25	°C
Volume (V)	6000	850	litres
Nature du fluide	Deutérium gaz tritié	Azote / D2 tritié***	
Groupe de dangerosité	1	2 / 1	
Activité (compartiment)	< 370 000	< 370 / < 370 000***	MBq
Catégorie de risque pression	IV (par application du tableau 1)	IV (par application du tableau 1)	
Niveau ESPN	N3	N3	
Classification	EIS 2 (M1-Q1)	EIS 3 (M2-Q3)	
Contrôle soudure	100% radio 100% ressuage	10% + nœuds radio 100% ressuage	

\* : La notion de PS à l'origine n'est pas indiquée. P de calcul : Delta P de 4,9 bar et exceptionnel 18 bars ; l'équipement n'étant pas soumis aux Mines à l'origine, une PS de 4 bars est cohérente.

\*\* : La protection de ce compartiment est depuis l'origine à 2,48 bars (971SS06). Dès l'origine ce compartiment est conçu pour constituer une garde inerte autour du compartiment interne, pour surveiller l'état des parois des compartiments et pour confiner une fuite deutérium qui pourrait se produire dans le caisson sous-ballast ou sur la ligne D2. Dans une telle situation la pression d'équilibre finale est inférieure à 2,4 bar, donc inférieure à la pression de protection, de 2,48 bar. Le dossier de ce compartiment comporte une note de calcul suivant CODAP 85 à la pression normale de service de 0,3 bar, le dossier du compartiment est reconstitué en intégrant également une note de calcul suivant CODAP 85 à la pression de 2,5 bar et dans les conditions de température résultant d'une fuite de deutérium en sous-ballast ou sur les lignes D2.

Ind. A





\*\*\* : en cas de fuite de la première paroi ou fuite dans le caisson sous ballast ou fuite de la ligne D2. (Volumes reliés)

## 2. Caractéristiques des fluides en contact avec les compartiments

Le compartiment « réservoir deutérium » est conditionné en permanence en pression de deutérium pur entre 0,5 et 2,4 bars relatifs.

Le compartiment « garde azote » est conditionné en permanence en pression d'azote pur à 0,3 bar relatif.

Le réservoir interne est une paroi séparatrice entre le deutérium et l'azote (d'inertage). Le réservoir externe est une paroi séparatrice entre l'azote et l'air du hall.

- **Deutérium**

Le ballast fait partie de l'installation cryogénique de la source froide qui impose pour un fonctionnement en sécurité, une grande pureté du deutérium gaz qui est liquéfié à 24 K. Des contrôles sont réalisés avant chaque mise en froid et les analyses types des impuretés du gaz sont les suivantes

Impuretés (ppm)	Oxygène	Azote	Méthane	Humidité
Exigé	<10	<100	<20	<20
Max réel mesuré	<2	<10	<10	<12

Le ballast, depuis sa première mise en deutérium en 1987, n'a jamais été vidé.

La température du gaz dans le ballast varie selon les situations de fonctionnement entre -250°C et 25 °C (compte tenu des longueurs de tuyauterie entre le condenseur et le ballast, les températures sont largement supérieures à -250°C en utilisation).

Le gaz deutérium neuf, qui est rajouté pour compenser les pertes lors des analyses, est analysé au maximum quinze jours avant son utilisation et le réservoir est analysé immédiatement après son complément.

- **Azote gaz**

La mise en œuvre d'un gaz explosif nous impose des contraintes importantes sur la qualité d'inertage des espaces autour des parois.



Pour cela, le gaz azote mis en œuvre est issu d'un tank d'azote liquide exempt d'impureté. Des lignes fixes et continument remplies d'azote permettent le conditionnement de ce volume.

L'azote gaz de l'enceinte est analysé avant chaque cycle de fonctionnement de la source froide.

- **Air du hall**

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

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

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

## **C. Exploitation du récipient**

Le récipient « ballast SFH » fait partie de l'installation source froide horizontale et est par conséquent exploité de façon commune avec les autres équipements auxquels il est relié et faisant partie de l'installation.

Le compartiment « réservoir deutérium » est en liaison avec les tuyauteries des « lignes D2 » et la cellule deutérium de l'ensemble fonctionnel cellule SFH. Ils forment ce que nous appelons le « circuit D2 ».

Le compartiment « garde azote » est en liaison avec les deux autres volumes d'inertage que sont le caisson sous ballast et la double enveloppe de la ligne D2. Les organes de protection et d'isolement se trouvent sur une platine à proximité des volumes. Ils forment ce que nous appelons la « garde azote SFH ».

Les conditionnements des compartiments du ballast SFH sont réalisés grâce à plusieurs caissons et platines de l'installation source froide horizontale. Le schéma PID de l'installation est présenté en annexe 1. Les circuits de conditionnement des compartiments « réservoir deutérium » et « garde azote » sont représentés sur le plan Re9C35PO 000 ind. K.

Le conditionnement du circuit D2 est réalisé à l'aide de séquences semi-automatiques garantissant un déroulement des opérations strictement conforme à la procédure.

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

- Source réchauffée : compartiment réservoir deutérium à 2,4 bars relatifs et garde azote à 0,3 bar relatif.
- Source en froid : compartiment réservoir deutérium à 0,5 bar relatif et garde azote à 0,3 bar relatif.

La pression d'utilisation du compartiment « réservoir deutérium » est de 0,5 à 2,4 bars relatifs.

La surveillance permanente de ce compartiment est basée à l'arrêt (V18 fermée) sur les mesures de pression 971MP32. En fonctionnement (V18 ouverte), la surveillance est aussi assurée par trois mesures de pression 971MP17 a, b, c. De plus, la pression est régulée via l'information du capteur de pression 971MP16. Ces informations sont disponibles sur le synoptique en salle de contrôle réacteur.

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

La pression d'utilisation du compartiment « garde azote » est 0,3 bar relatif. Lors d'opérations de maintenance, il est possible de faire varier la pression entre 0,1 et 0,4 bar relatif.

La surveillance permanente de ce compartiment est basée sur les mesures de pression 971MP14 et 971MP13a, b et c. Ces informations sont disponibles sur le poste IHM supervision en salle de contrôle réacteur.

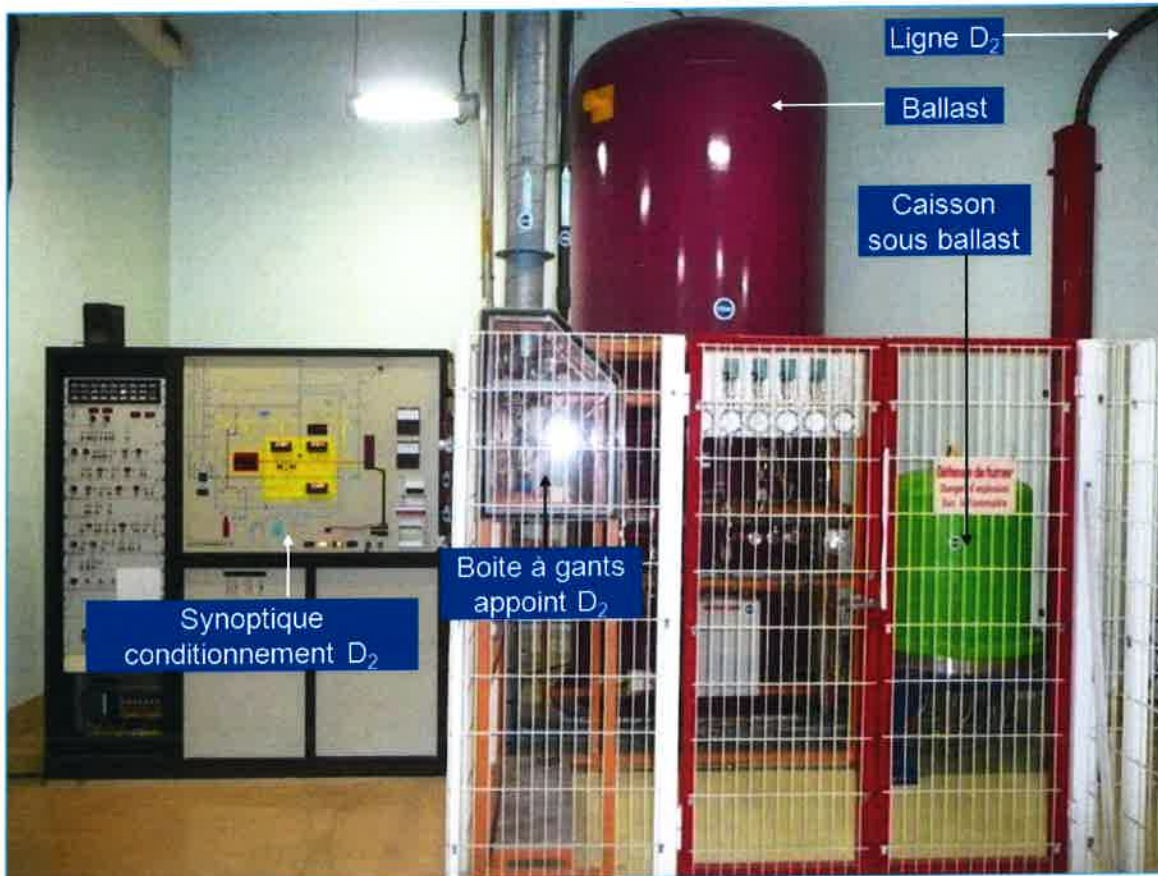
En toute situation, la mesure 971MP14 fait sortir des alarmes : pression basse garde N2 à 0,25 bar rel et pression haute garde N2 à 0,35 bar rel. Les mesures 971MP13 a, b, c font sortir des alarmes : pression très basse garde N2 à 0,2 bar rel et pression très haute garde N2 à 0,4 bar rel.

## **D. Localisation du récipient**

Le récipient se trouve dans le local B42 au niveau B du réacteur (étage inférieur, sous le niveau du condenseur et de la cellule SFH). Le récipient est fixé à la dalle du niveau B par l'intermédiaire de sa semelle.

Il se trouve physiquement à coté du caisson sous ballast contenant les vannes permettant son conditionnement ou son isolement du reste du circuit.

La zone deutérium dans laquelle se trouve le récipient est délimitée par des cloisons grillagées limitant un accès direct des personnes à l'équipement.



## E. Accessoires de sécurité associés


Le récipient comportant deux compartiments, deux accessoires de sécurité sont associés au récipient.

Compartiment réservoir deutérium :

Ce compartiment ne possède qu'une seule ouverture qui est la tuyauterie principale de deutérium. Il n'y a pas d'accessoire de sécurité installé sur le récipient.

Il n'y a pas de risque de surpression du compartiment à part celui apporté par le circuit deutérium. Par conséquent la vanne (971V18) permet son isolement en cas d'intervention sur le circuit deutérium (vanne, disque de rupture, capteurs, ...)

Le remplissage et l'appoint en deutérium du compartiment sont réalisés par des séquences semi-automatiques qui commandent les vannes permettant le remplissage en fonction des pressions mesurées sur le circuit deutérium. Cet automatisme limite le

 <b>NEUTRONS FOR SCIENCE</b> DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n° 491</b>	Page : 12/42
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »</b>	<i>Ind. A</i>

remplissage à 2,4 bar relatif (capteur 971MP16, seuil PSTH16= 3,4 bar abs) par commande de la vanne 971V19 « fermée ». Le remplissage ne peut être réalisé que si la vanne 971V49 est ouverte (séquence).

Le disque 971DR03 assure par conséquent la protection contre les surpressions du compartiment « réservoir deutérium » et du circuit deutérium global. Il est taré à une pression de 3,7 bar.


#### Compartiment garde azote :

Ce compartiment ne possède qu'une seule ouverture qui est la tuyauterie de conditionnement de la garde azote. Il n'y a pas d'accessoire de sécurité installé sur le récipient.

Il n'y a pas de risque de surpression\* du compartiment à part celui apporté par le circuit de conditionnement. Par conséquent une vanne (971V331), permet son isolement en cas d'intervention sur le circuit de conditionnement (vanne, soupape, capteurs, ...)

\* Remarque : en cas de fuite de la première enveloppe, situation considérée comme non raisonnablement prévisible dans notre analyse sureté (CF4) pour le ballast mais en situation raisonnablement prévisible pour les équipements dans le caisson sous ballast, le deutérium peut remplir ce compartiment. La pression maximale d'utilisation du deutérium étant de 2,4 bars relatifs, cette situation n'entraîne pas un risque de surpression de ce compartiment (pression d'équilibre strictement inférieure à 2,4 compte tenu de l'augmentation du volume en deutérium).

La soupape installée sur le circuit de conditionnement protège le compartiment « garde azote ». Cet accessoire de sécurité associé au compartiment est la soupape 971SS06. Sa pression de tarage est de 2,5 bars relatifs.

 <b>NEUTRONS FOR SCIENCE</b> DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n° 491</b>	Page : 13/42
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »</b>	

### III. Justification de l'incapacité à réaliser les actions réglementaires sur l'équipement « ballast SFH »

#### A. Contexte

L'équipement « ballast SFH » dans sa globalité est néo-soumis à l'arrêté ESPN. Compte tenu de sa spécificité de récipient multi-compartiments, cette soumission concerne à la fois le compartiment interne et le compartiment externe.

En résumé, les gestes réglementaires sont pour l'équipement et donc pour chaque compartiment :

- 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.

#### B. Obstacles à la réalisation des actions réglementaires

- **Vérification externe**

La surface externe de l'équipement global « ballast SFH » est accessible sur la totalité de l'équipement moyennant l'utilisation d'échelles et d'équipement de protection individuel.

Par contre, si l'exigence est reportée sur la surface externe du compartiment interne « réservoir deutérium », son accès physique est impossible et non prévu à l'origine.

- **Vérification interne**

La vérification interne du récipient nécessite un accès aux parois internes des compartiments.

Compartiment « garde azote » :



L'accès aux parois internes du compartiment « garde azote » est rendu impossible par le fait que le compartiment est tout soudé et ne possède aucun orifice de visite.

#### Compartiment « réservoir deutérium »

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

- Equipement entièrement soudé (pas d'accès autre que la tuyauterie principale débouchant dans le compartiment),
- Réservoir continument rempli en deutérium pur (jamais vidangé depuis 1986),
- Gestion complexe du gaz à évacuer du fait de ses caractéristiques chimiques et de son activité tritium. (activité contenue supérieure à l'autorisation rejet).
- Activité tritium complexe à gérer en termes d'effluent et de conditions d'intervention lors d'un accès aux parois (dépassement des seuils de l'arrêté rejet, période de dégazage très importante ≈ plusieurs mois).

- **Epreuve**

L'épreuve de chacun des compartiments nécessite :

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

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

#### Compartiment « garde azote » :

- L'absence de points de vidange et de purge empêche l'utilisation de liquide dans ce volume.
- La paroi sous pression extérieure de l'équipement serait visible en cas d'épreuve par contre la paroi sous pression du compartiment interne ne pourra pas subir d'examen visuel lors de l'épreuve.

#### Compartiment « réservoir deutérium »

- Ce compartiment est le réservoir d'un fluide et d'une installation cryogénique. La présence d'un fluide autre que le fluide mis en œuvre peut polluer les parois et perturber le fonctionnement voir détériorer l'installation.



- L'absence de purge et de point de vidange empêche l'utilisation de liquide dans ce volume.
- Impossibilité de réaliser un examen visuel direct des parois sous pression lors du maintien sous pression dans le cadre d'une épreuve (difficulté d'accès et présence perlite)
- **Conclusion partielle**

Les obstacles à la mise en œuvre de certaines actions réglementaires sur les compartiments résultent d'impossibilités techniques liées aux caractéristiques du compartiment et de son environnement.



## IV. Estimation de la probabilité de défaillance

### A. Facteur fabrication

L'équipement « ballast SFH » était en dehors du champ d'application des décrets du 2 avril 1926 et du 18 janvier 1943 puisque mettant en œuvre des gaz à une pression inférieure à 4 bar.

L'équipement « ballast SFH » est un ESPN néo-soumis à l'arrêté ESPN. Dans le cas du suivi en service de cet équipement, l'exploitant doit rassembler les documents reconstituant un dossier descriptif pour justifier les caractéristiques des équipements.

Pour l'équipement, le dossier descriptif actuel comprend :

- Le plan d'ensemble et les plans de détail du fabricant d'origine.
- Une note de calcul d'origine réalisée par le fabricant pour les deux compartiments et le supportage selon le CODAP85 *et complétée, pour reconstituer le dossier, par une note de calcul selon CODAP 85 à la pression maximale admissible et dans les conditions de température résultant d'une fuite D2.*
- Un dossier de fabrication comprenant :
  - o Documents de soudage
  - o Certificat matière et analyse sur produit
  - o Procès-verbaux de contrôle en fabrication

Ils établissent que l'équipement a été fabriqué en conformité avec les exigences contractuelles.

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

## B. Facteur état

Les compartiments du « ballast SFH » n'ont pas été l'objet de dysfonctionnement et de dégradation depuis leur exploitation en 1986. Aucun déclenchement d'accessoire de sécurité des compartiments n'a été enregistré.

L'état global de l'équipement n'a été apprécié principalement que par son aspect extérieur (acier peint)

### 1. Compartiment « réservoir deutérium »

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

La corrosion de l'acier inoxydable en présence de deutérium pur d'un coté et d'azote pure de l'autre ainsi que des contraintes très faibles par rapport aux contraintes pris en compte à la

conception permettent de garantir que les évolutions restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception.

## 2. Compartiment « garde azote »

L'état global de l'équipement n'a été apprécié que par son aspect extérieur (acier peint).

Le geste réglementaire d'inspection visuel de l'extérieur de l'équipement a été réalisé et n'a pas donné lieu à la découverte de défaut ou détérioration.

Une mesure d'épaisseur sur une zone étendue de la paroi extérieure (fond GRC inférieur [partiel], virole inférieure, virole supérieure, fond GRC supérieur) montre une conservation des épaisseurs d'origine sur la globalité de l'équipement.

Niveau de classement	Conditions à satisfaire	Choix
1	<p>1° Equipement ne présentant aucune dégradation</p> <p style="text-align: center;"><b>OU</b></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 présentes à la conception</p> <p style="text-align: center;"><b>OU</b></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, estimée de façon conservative, confèrera à l'équipement, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue, une résistance du même ordre de grandeur que la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité.</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>	
<b>Niveau de classement final du facteur étudié</b>		
<b>1</b>		



Les contrôles visuels et non destructifs nous permettent de garantir de façon conservative que les évolutions en service de l'équipement sont couvertes par les hypothèses considérées à la conception.

### C. Facteur dégradation

Le retour d'expérience par l'ILL de l'exploitation des compartiments du ballast SFH est bon et peut s'appuyer sur l'exploitation du ballast SFV qui est plus ancien.

Les REX partagés avec les autres exploitants concernant les réservoirs en deutérium tritié en inox sont également bons. *De plus le rapport d'expert (RHF n° 519) donne des éléments sur les sollicitations envisageables sur ce type d'enceinte et sa robustesse dans les conditions d'exploitation.*

#### 1. Compartiment « réservoir deutérium »

##### a) Modes de dégradation

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

Fatigue thermique oligocyclique ou à grand nombre de cycles

Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble

Fatigue vibratoire

Pics locaux de pression

Fluage

Concentrations de contraintes

Phénomènes de corrosion localisée et généralisée

Phénomènes thermo hydrauliques locaux nocifs

Vidange de l'équipement en cas de rupture de tuyauterie

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



(1) Fatigue thermique ou grand nombre de cycles

Les variations de température du compartiment (entre -250 C et 25 °C) ont lieu lors des phases transitoires de fonctionnement de l'installation source froide horizontale ou lors de phases d'essais.

Le compartiment ne possède pas de source de chaleur (ambiance du hall) mais il est refroidi par le gaz potentiellement froid remontant du condenseur. Ce mouvement de gaz a lieu lorsque le deutérium se trouvant dans la partie froide de l'installation source froide se réchauffe et se dilate vers le ballast.

Ce phénomène se produit principalement lors du réchauffage de la source (en fin de cycle) et de façon très faible, lors de phases de régulation perturbées (attente de démarrage du réacteur avec deux turbines en marche, ...). De façon très occasionnelle, ce phénomène est produit lors d'essais de niveau de deutérium liquide dans la cellule (hors cycle), réacteur à très faible puissance.

Pendant le fonctionnement, il n'y a pas de cyclage significatif de la température compte tenu du fait des faibles amplitudes de la régulation de pression du deutérium (quelques millibars).

Le réchauffage ne se produit qu'une fois par cycle sauf problème d'arrêt intempestif de l'installation (rare, moins d'une fois par an) Le réacteur fonctionne par cycle de 50 jours à raison d'une moyenne de 4 cycles par an.

Pour ce qui est des cyclages pression, les seuls identifiés sont les mises en froid/réchauffages des sources qui font varier la pression de 2,4 bars relatifs à 0,5 bar relatif et retour à 2,4 bars relatifs. Cette variation se déroule sur au minimum 4 heures et sur, en moyenne, 4 cycles par an. En fonctionnement, la régulation entraîne des variations de quelques millibars autour de la valeur de consigne de 0,5 bar relatif, non significatif d'un point de vue pression.

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

(2) Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble

Les soudures réalisées sur ce compartiment sont des soudures homogènes type 304L. Les deux compartiments, de matériaux différents, sont découplés (appuis ponctuels et bossage inférieur)

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

(3) Fatigue vibratoire

L'équipement est fixé sur la dalle béton du radier du niveau B du bâtiment réacteur.



La liaison avec le caisson sous ballast est réalisée par une tuyauterie rigide  $\varnothing 33,7 \times 2$  avec une double enveloppe  $\varnothing 60,3 \times 2$ . Les débits de gaz sont très faibles et les variations de pressions très lentes, ce qui ne conduit à aucune vibration en fonctionnement.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(4) Pics locaux de pression

La pression à l'intérieur du compartiment ne varie pas puisqu'en fonctionnement le volume est fermé et statique. Les débits de remplissage, de vidange ou de fonctionnement sont très faibles et ne peuvent pas conduire à des pics locaux de pression.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(5) Fluage

La température de fonctionnement du compartiment est au maximum la température du hall du réacteur, largement inférieure à la température de fluage d'un acier inoxydable de type 304.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(6) Concentrations de contraintes

Les concentrations de contraintes se produisent au voisinage d'un accident géométrique.

Les seules zones sensibles sont les ouvertures. La seule ouverture du compartiment est la tuyauterie principale en partie basse. Cette zone a été conçue, calculée, fabriquées et testée pour un compartiment pouvant résister à une pression de 18 bars alors qu'il est utilisé à 2,4 bars.

Le bouchon en partie haute est vissé dans le bossage et une soudure d'étanchéité a été réalisée en périphérie. Le bossage a été fabriqué pour et testé à 18 bars.

En situation de fonctionnement, les contraintes sont très faibles par rapport à ce à quoi le compartiment a été prévu.

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

(7) Phénomènes de corrosion localisée et généralisée

Le matériau utilisé (acier inoxydable) a été choisi du fait de sa faible sensibilité à la corrosion. De plus, son environnement est exempt de liquide, d'oxygène, de chlore et autres composés pouvant détériorer ce type de matériau.



Ind. A

Le matériau est en contact avec du deutérium pur à température ambiante et à basse température, situation où la fragilisation par l'hydrogène n'est pas significative (voir RHF n°519).

Le matériau a subi un traitement de surface en fin de fabrication permettant de garantir sa capacité à résister aux agressions avant et pendant son utilisation.

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

(8) Phénomènes thermo hydrauliques locaux nocifs

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

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(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. Le compartiment et la tuyauterie étant globalement contenus dans une autre enceinte, la pression interne et externe va s'équilibrer. Compte tenu des pressions mises en œuvre, les forces de réaction ne sont pas importantes.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(10) Vieillessement du matériau sous irradiation

La seule irradiation du matériau est due à la présence du tritium dans le deutérium. Le tritium n'a pas d'effet sur la structure interne des parois du fait de sa concentration.

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

*b) Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles le compartiment est potentiellement sensible*

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

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

Aucune vérification intérieure n'est réalisée pendant sa durée de vie en exploitation.

Fatigue thermique ou nb cycles importants	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

<b>Non-Maîtrisée</b>	1	2	2	2	3	3	3	3	3
----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
<b>Maîtrisée</b>	1	1	2	1	3	3	2	3	3
<b>Non-Maîtrisée</b>	1	2	2	2	3	3	3	3	3

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

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

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





## 2. Compartiment « garde azote »

### a) Modes de dégradation

Identiques au chapitre IV / C / 1 / a)

#### (1) Fatigue thermique ou grand nombre de cycles

Les variations de température du compartiment (entre 0 C et 25 °C) ont lieu lors des phases transitoires de fonctionnement de l'installation source froide horizontale ou lors de phases d'essais.

L'espace inter paroi et la faible surface de contact permet un isolement thermique relatif entre le compartiment interne « réservoir deutérium » et le compartiment « garde azote », notamment la paroi en acier en contact avec l'air du hall. Il n'a jamais été observé de phénomène de givrage ou de condensation sur les parois du ballast.

Pour ce qui est des cyclages pression, les seuls identifiés sont les conditionnements du compartiment avec une variation limitée à quelques centaines de millibar (entre 0,25 et 0,35 bar relatif).

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

#### (2) Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble

Les soudures réalisées sur ce compartiment sont des soudures homogènes A 42 CP. Seule une soudure hétérogène (Z6CNHT18-10/A42CP) a été réalisée entre la paroi extérieure (rep 202) et le bossage (rep 205) sur lequel le réservoir intérieur vient prendre appui.

Les deux compartiments, de matériaux différents, sont découplés (appuis ponctuels et bossage inférieur). Cette zone est accessible visuellement (contrôle visuel indirect)

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

#### (3) Fatigue vibratoire

L'équipement est fixé sur la dalle béton du hall réacteur.

La liaison avec le caisson sous ballast est réalisée par une tuyauterie rigide Ø33,7x2 avec une double enveloppe Ø60,3x2. Le compartiment est conditionné à l'aide d'une tuyauterie Ø17,2x2,3 n'entraînant pas d'effort conséquent. Les débits de gaz sont très faibles et les variations de pressions très lentes, ce qui conduit à aucune vibration en fonctionnement.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(4) Pics locaux de pression

La pression à l'intérieur du compartiment ne varie pas puisqu'en fonctionnement le volume est fermé et statique. Les débits de remplissage, de vidange ou de fonctionnement sont très faibles et ne peuvent pas conduire à des pics locaux de pression.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(5) Fluage

La température de fonctionnement du compartiment est au maximum la température du hall du réacteur, largement inférieure à la température de fluage d'un acier A 42 CP (acier pour chaudière).

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(6) Concentrations de contraintes

Les concentrations de contraintes se produisent au voisinage d'un accident géométrique.

Les seules zones sensibles sont les ouvertures inférieures et le piquage de conditionnement latéral. Ces zones ont été conçues, calculées et fabriquées pour un compartiment pouvant résister à une pression de 2,5 bars alors qu'il est utilisé à 0,3 bars.

En situation de fonctionnement, les contraintes sont très faibles par rapport à ce à quoi le compartiment a été prévu.

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

(7) Phénomènes de corrosion localisée et généralisée

Le matériau utilisé est potentiellement sensible à la corrosion.

Pour la surface extérieure, elle est peinte avec une peinture antirouille. Le récipient se trouve dans le hall du réacteur, niveau B, qui ne présente pas une ambiance agressive pour la paroi.

Pour la surface intérieure, elle n'a pas subi de traitement de surface particulier à l'origine. Les seuls éléments en contact sont le gaz azote (pur) :

- L'azote de conditionnement est un azote pur (issu d'un tank d'azote liquide) qui est exempt d'humidité. C'est un gaz neutre vis-à-vis de la paroi en acier.

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

(8) Phénomènes thermo hydrauliques locaux nocifs

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

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(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. Compte tenu des pressions mises en œuvre, les forces de réaction ne sont pas importantes.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(10) Vieillessement du matériau sous irradiation

Le matériau n'est pas soumis aux irradiations.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

*b) Analyse du facteur relatif aux dégradations auxquelles le compartiment est potentiellement sensible*

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

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

Aucune vérification intérieure n'est réalisée pendant sa durée de vie en exploitation. Seul l'extérieur est inspecté.

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

Comportement thermiques différents des matériaux soudés ensemble	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Probabilité apparition dégradation									
Maîtrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-Maîtrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

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


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

#### D. 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 :

	Compartiment « réservoir deutérium »	Compartiment « garde azote »
Facteur fabrication	1	1
Facteur état	1	1
Facteur dégradation	2	1

 <b>NEUTRONS FOR SCIENCE</b> DIVISION REACTEUR	<b>Rapport RHF n° 491</b>	Page : 28/42
	<b>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »</b>	

Le résultat de la probabilité de défaillance est un risque de défaillance moyen pour le compartiment « réservoir deutérium » et faible pour le compartiment « garde azote ».

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

### A. Préambule

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

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

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

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

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

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

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



## B. Performances gestes réglementaires

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
$\Sigma$ PG Récipient à IP à 40 mois et RP à 10 ans	$\Sigma$ PG1 <sub>GR</sub> =10	$\Sigma$ PG2 <sub>GR</sub> =10	$\Sigma$ PG3 <sub>GR</sub> =12	$\Sigma$ PG4 <sub>GR</sub> =12

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

Compartiment « réservoir deutérium » :

- Vérification extérieur 40 mois (GR1)\*
- Vérification intérieur 40 mois (GR2)
- Epreuve hydraulique décennale (GR3)

Compartiment « garde azote » :

- Vérification intérieur 40 mois (GR2')\*
- Epreuve hydraulique décennale (GR3')

Rq : en terme de symbole, pour la suite du chapitre V, les « ' » indiqueront qu'il s'agit du compartiment « garde azote »



\* Compte tenu de la configuration « tank in tank » des compartiments, l'extérieur du compartiment « réservoir deutérium » forme une partie de l'intérieur du compartiment « garde azote ».

## C. Performances gestes compensatoires

### 1. Compartiment « réservoir deutérium »

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 externes (pression). Par conception, le récipient permet, grâce à une cascade de pression, de pouvoir surveiller l'état des barrières (parois) en permanence, que la source froide soit en marche ou à l'arrêt. Pour ce cas précis, la pression de l'espace externe (volume isolé sur lui-même) est surveillée en permanence par un capteur de pré-alarme et trois capteurs d'alarme. La pression et les alarmes sont reportées en salle de contrôle. De façon périodique, le gaz est analysé afin de rechercher la non présence de tritium, marqueur très efficace d'une fuite éventuelle.
- GC2 : Test d'étanchéité par suivi de pression interne. Pendant toute la phase d'arrêt de la source froide, la pression interne (2 bars relatifs) est surveillée en permanence tandis que la pression externe est à 0,3 bars relatifs. Le volume est isolé par les vannes 919V18 et 919V28 et toute fuite de pression est décelée.

Tableau 2

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

### 2. Compartiment « garde azote »

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' : mesures US sur la paroi représentatives de l'équipement. Tous les 40 mois, réalisation d'une campagne de mesures d'épaisseur par ultra sons sur une zone étendue et sur des zones potentiellement sensibles.
- GC2' : Test d'étanchéité par suivi de pression interne. Pendant toutes les phases de fonctionnement de la source froide, la pression interne (0,3 bars relatifs) est surveillée en permanence. Le volume est isolé par les vannes 919V24, V35, V36, V15 et 919V59 et toute fuite de pression est décelée.
- GC3' : contrôle US pour recherche de fissuration sur étendue réduite. Tous les 40 mois réalisation de contrôles US poussés sur quelques joints soudés longitudinaux, circulaires de l'équipement.

Tableau 2'

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GC1' : Contrôle US épaisseur zone étendue (40 mois)	PI1=0 PG1=0	PI2=0 PG2=0	PI3=2 PG3=4	PI4=2 PG4=4
GC2' : Test d'étanchéité par suivi de pression interne	PI1=1 PG1=4	PI2=1 PG2=4	PI3=1 PG3=4	PI4=1 PG4=4
GC3' : US de recherche de fissuration sur étendue réduite (40 mois)	PI1=2 PG1=4	PI2=2 PG2=4	PI3=0 PG3=0	PI4=0 PG4=0
Σ PG GC proposés	Σ PG1'GC=8	Σ PG2'GC=8	Σ PG3'GC =8	Σ PG4'GC =8

## D. Performances des dispositions préventives

### 1. Compartiment « réservoir deutérium »

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

- DP1 : Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne. *Le fluide intérieur du compartiment est un gaz pur, analysé avant chaque cycle, et ses caractéristiques (pression, température) nous garantissent son innocuité vis-à-vis de la perte d'épaisseur en surface interne (voir RHF n°519).*



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »**

Ind. A

Lors des inter-cycles avec travaux sur la SFH nécessitant une vidange partielle ou totale du deutérium, le remplissage en deutérium est réalisé à partir de bouteilles de D<sub>2</sub> pur analysées au maximum 15 jours avant le remplissage.

Pendant le fonctionnement et en inter-cycles sans travaux sur la SFH, le circuit deutérium SFH dont fait partie le réservoir deutérium du ballast SFH 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 (pas d'interaction significative avec l'inox dans les conditions d'exploitation, cf. RHF n°519). 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 : Retour d'expérience et étude d'expert (rapport RHF n° 519) montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisé n'est à craindre. Depuis la mise en service de la SFH en 1986, les conditions d'exploitation de l'installation sont les mêmes et aucune dégradation n'a aujourd'hui été observée..
- DP3 : Environnement prenant en compte la rupture de l'équipement vis-à-vis des risques radioprotection et pression. Le compartiment « réservoir deutérium » est entièrement contenu dans le compartiment « garde azote ». La conception du compartiment « garde azote » a pris en compte la rupture (fuite) du compartiment « réservoir deutérium » d'un point de vue pression d'équilibre. L'aspect radioprotection est pris en compte par la retenue du produit.

Tableau 3

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
DP1 : maîtrise des caractéristiques chimique du fluide interne	PG1=0	PG2=0	PG3=0	PG4=3
DP2 : Retour d'expérience et étude d'expert montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisé n'est à craindre	PG1=3	PG2=3	PG3=3	PG4=3
DP3 : Environnement prenant en compte la rupture de l'équipement vis-à-vis des risques radioprotection et pression	PG1=4	PG2=4	PG3=4	PG4=4
Σ PG DP proposés	Σ PG1 <sub>DP</sub> =7	Σ PG2 <sub>DP</sub> =7	Σ PG3 <sub>DP</sub> =7	Σ PG4 <sub>DP</sub> =10

## 2. Compartiment « garde azote »

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

- DP1' : *Retour d'expérience et étude d'expert (rapport RHF n° 519) montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisé n'est à craindre. Depuis la mise en service de la SFH en 1986, les conditions d'exploitation de l'installation sont les mêmes et aucune dégradation n'a aujourd'hui été observée.*

Ind. A

Tableau 3'

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
DP1' : <i>Retour d'expérience et étude d'expert montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisé n'est à craindre</i>	PG1=3	PG2=3	PG3=3	PG4=3
Σ PG DP proposés	Σ PG1' <sub>DP</sub> =3	Σ PG2' <sub>DP</sub> =3	Σ PG3' <sub>DP</sub> =3	Σ PG4' <sub>DP</sub> =3

## E. Analyses des performances et des niveaux de sécurité

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

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

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

### 1. Compartiment « réservoir deutérium »

#### a) 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 <sub>GC</sub> =8	PG2 <sub>GC</sub> =8	PG3 <sub>GC</sub> =8	PG4 <sub>GC</sub> =8
Σ PG <sub>(GC proposés+GR réalisés)</sub>	PG1=8	PG2=8	PG3=8	PG4=8

**b) 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 <sub>GR</sub> =10	PG2 <sub>GR</sub> =10	PG3 <sub>GR</sub> =12	PG4 <sub>GR</sub> =12
DP proposés (tableau 3)	PG1 <sub>DP</sub> =7	PG2 <sub>DP</sub> =7	PG3 <sub>DP</sub> =7	PG4 <sub>DP</sub> =10
Σ PG <sub>GR</sub> - Σ PG <sub>DP</sub>	PG1=3	PG2=3	PG3=5	PG4=2

**c) Comparaisons des performances**

Cette comparaison est faite par phénomène de dégradation :

Détection fissuration externe :  $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 8 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 3$

Détection fissuration interne :  $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 8 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 3$

Détection perte épaisseur externe :  $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 8 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 5$

Détection perte épaisseur interne :  $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 8 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 2$

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

**2. Compartiment « garde azote »**

**a) 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=6	PG2=2	PG3=8	PG4=2
GC proposés (tableau 2')	PG1'GC=8	PG2'GC=8	PG3'GC=8	PG4'GC=8
Σ PG(GC proposés+GR réalisés)	PG1=14	PG2=10	PG3=16	PG4=10

**b) 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)	PG1GR=10	PG2GR=10	PG3GR=12	PG4GR=12
DP proposés (tableau 3')	PG1'DP=3	PG2'DP=3	PG3'DP=3	PG4'DP=3
Σ PGGR - Σ PGDP	PG1'=7	PG2'=7	PG3'=9	PG4'=9

Ind. A

**c) Comparaisons des performances**

Cette comparaison est faite par phénomène de dégradation :

Détection fissuration externe :  $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 14 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 7$

Détection fissuration interne :  $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 10 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 7$

Détection perte épaisseur externe :  $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 16 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 9$

Détection perte épaisseur interne :  $PG_{(GC\ proposés+GR\ réalisés)} = 10 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 9$

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

**Conclusion niveau de sécurité**

L'estimation de probabilité de défaillance obtenue pour nos deux compartiments est évaluée à un niveau « moyen » pour le compartiment « réservoir deutérium » et faible pour le compartiment « garde azote ».



Pour le compartiment « garde azote » et selon le paragraphe 2.3.2 du courrier ASN CORDEP DEP 2013-034129, la démonstration de l'équivalence du niveau de sécurité proposée par l'ILL ci-dessus est suffisante.

Pour le compartiment « réservoir deutérium », le paragraphe 2.3.3 du courrier ASN CODEP-DEP-2013-034129 demande que l'exploitant justifie que la méthode est adaptée au compartiment considéré et particulièrement que les modes de dégradations considérés pour l'équipement ne conduisent pas à d'autres effets que ceux pris en compte dans la méthode.

La méthode appliquée pour le compartiment « réservoir deutérium » est adaptée pour les raisons suivantes :

- Maitrise totale du process (fluide, pression, température, ...)
- Process inchangé depuis plus de 28 ans,
- Maitrise de l'environnement autour de l'équipement (dans hall réacteur)
- Faible circulation du gaz (gaz léger, environ 2 l/s max)
- Découplage du réservoir par rapport à l'extérieur (liaison tuyauterie faible diamètre et en forme de lyre entre le ballast et le caisson sous ballast)
- Températures de travail basses et ambiantes excluant les problématiques de fluage,
- Acier inoxydable adapté aux basses températures,
- Cyclages thermiques et pressions faibles et non significatifs
- Contraintes mécaniques très faibles pour les pressions d'utilisation permanentes (utilisation à 2,4 bars pour un réservoir calculée en situation exceptionnelle à une pression de 18 bars)
- Atmosphère en azote pure autour de la paroi du réservoir interne.

Ind. A

*De plus, le rapport d'expert RHF n° 519 permet de justifier que les modes de dégradations considérés pour l'équipement ne conduisent pas à d'autres effets que ceux pris en compte dans la méthode, et donc de justifier que cette méthode est bien adaptée.*

L'ensemble de ces points nous permettent de garantir que d'autres modes de dégradation ne peuvent pas conduire à d'autres effets que ceux pris en compte.

Le récipient sera inspecté tous les 40 mois. Cette inspection comprendra les gestes suivant :

- Inspection visuelle extérieure du récipient



NEUTRONS  
FOR SCIENCE  
DIVISION REACTEUR

## Rapport RHF n° 491

Page : 37/42

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »**

*Ind. A*

- Vérification des accessoires de sécurité associés

Pour le reste des gestes réglementaires, ils sont compensés par les gestes compensatoires et les dispositions préventives en conformité avec notre dossier d'aménagement.



## VI. Evaluation des conséquences de défaillance.

La rupture d'un des compartiments du ballast est envisagée dans le rapport de sûreté de l'ILL.

Dès l'origine, la rupture d'une paroi a été prise en compte dans la conception de l'équipement et a conduit à la fabrication d'un réservoir double enveloppe.

La pressurisation du compartiment « garde azote » est un moyen de mitigation des conséquences de la défaillance du compartiment « réservoir deutérium », puisqu'il permet de ne pas avoir d'atmosphère explosive dans cette situation et par conséquent ne pas avoir de risque explosif.

### A. Facteur conséquence sur les travailleurs

Deux cas peuvent être pris en considération :

- Défaillance du compartiment « réservoir deutérium » : cette défaillance conduit à la sortie du deutérium dans la double enveloppe inertée en azote. Cette double enveloppe, est testée en permanence étanche, par conséquent cette défaillance n'a pas d'incidence sur les travailleurs autour de l'équipement.

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

- Défaillance du compartiment « garde azote » : cette défaillance ne conduit pas à la sortie de matière radioactive dans le hall réacteur mais simplement de l'azote.

La défaillance conduit au rejet d'un gaz non actif dans un environnement avec présence humaine mais de très grand volume et n'a donc aucune conséquence sur les travailleurs. (Risque d'anoxie à prendre en compte à proximité directe du réservoir)

Remarque : la double défaillance simultanée des deux compartiments n'est pas considérée comme raisonnablement prévisible.

### B. Facteur conséquence sur l'environnement

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



NEUTRONS  
FOR SCIENCE  
DIVISION REACTEUR

## Rapport RHF n° 491

Page : 39/42

**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »**

*Ind. A*

### **C. Facteur conséquence sur d'autres EIP**

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





## VII. 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 « ballast SFH » *multi-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

*Le POES mis en œuvre, prend notamment en compte les éléments d'engagement pris dans le présent RHF 491. Pour rappel, les opérations particulières proposées sont :*

- *Suivi permanent des paramètres physiques externes du compartiment « réservoir deutérium »,*
- *Test d'étanchéité par suivi de pression interne des compartiments « réservoir deutérium » et « garde azote »,*
- *Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne au compartiment « réservoir deutérium »,*
- *Maîtrise et maintien des paramètres d'exploitation permettant de garantir le respect des plages de fonctionnement prises en compte dans l'étude d'expert,*
- *Mesures d'épaisseurs par ultrasons de la paroi externe du compartiment « garde azote »,*
- *Contrôle par US poussés des soudures et zones sensibles de la paroi externe du compartiment « garde azote ».*

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

Inspections périodiques sous la responsabilité de l'exploitant

Les inspections périodiques, compte tenu de notre évaluation des mécanismes d'endommagements possibles et de notre REX pour 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 inspection visuelle extérieure du compartiment « garde azote »,
- Une vérification des accessoires de sécurité associés.

Requalification périodiques sous la responsabilité d'un OHA.

L'intervalle des requalifications périodiques concernant le récipient « ballast SFH » 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 autres, pour le récipient « ballast SFH » considéré :

- Une inspection visuelle extérieure du compartiment « garde azote »,
- Une vérification des accessoires de sécurité associés,
- La vérification des éléments définis dans le présent document (RHF 491) concernant :
  - Demandes de dispenses de gestes réglementaires pour :
    - Vérifications internes tous les 40 mois des compartiments « réservoir deutérium » et « garde azote »,
    - Vérifications externes tous les 40 mois du compartiment « réservoir deutérium »,
    - Epreuve hydraulique tous les 120 mois des compartiments « réservoir deutérium » et « garde azote »,
  - Respect des conditions particulières proposées en regard des dispenses ci-dessus :
    - Suivi permanent des paramètres physiques externes du compartiment « réservoir deutérium »,
    - Test d'étanchéité par suivi de pression interne des compartiments « réservoir deutérium » et « garde azote »,
    - Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide interne au compartiment « réservoir deutérium »,



**TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU  
TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »**

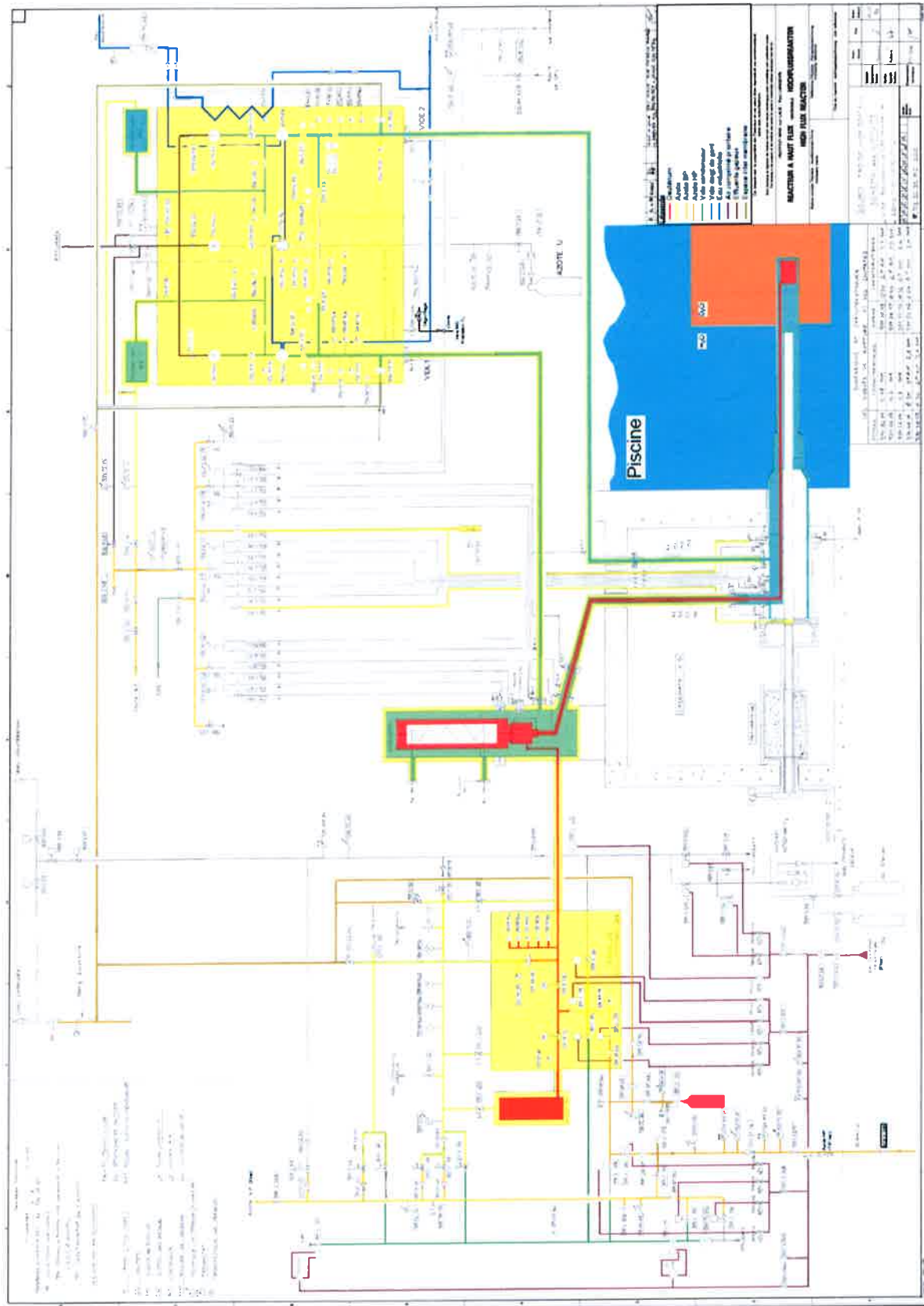
*Ind. A*

Ind. A

- *Maîtrise et maintien des paramètres d'exploitation permettant de garantir le respect des plages de fonctionnement prises en compte dans l'étude d'expert,*
- *Mesures d'épaisseurs par ultrasons de la paroi externe du compartiment « garde azote »,*
- *Contrôle par US poussés des soudures et zones sensibles de la paroi externe du compartiment « garde azote »,*
- *La vérification de l'adéquation et de l'existence du POES pour le récipient « ballast SFH »,*
- *La vérification de la présence des éléments de preuve attendus par le présent document (RHF 491) et le POES dans le dossier d'exploitation.*



ANNEXE 1 - Schéma PID source froide horizontale





NEUTRONS  
FOR SCIENCE  
DIVISION REACTEUR

# Rapport RHF n° 491

Annexe 2

Page : 1/1

## TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « BALLAST SFH »

Ind. A

### ANNEXE 2 – Plan ensemble ballast SFH

