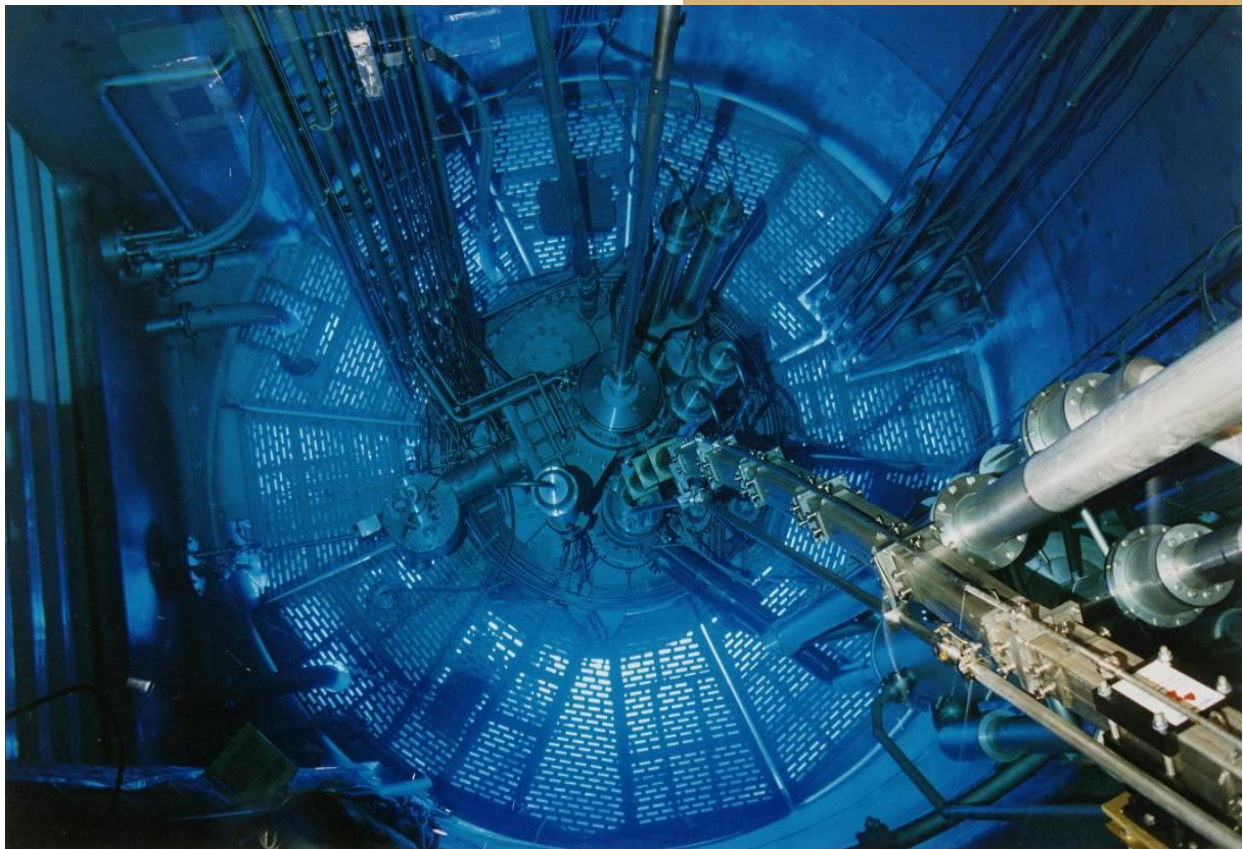


**Définition de conditions particulières
d'application du titre III du décret 99-1046 à
l'équipement « Condenseur SFV »**



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

Ind. A

Champ d'application et résumé

Historique des évolutions

Indice	Date	Références	Commentaires/objet des évolutions d'indice
0	02/09/2014	DRe FG/gl 2014-0654	Création du document
A	23/01/2015	DReFF/gl 2015-0060	Modifications suite à la réunion avec la DEP du 1/10/2014 + corrections

Destinataires

Les signataires

Chefs de service et de groupe concernés :

Autres :

	Rédacteur	Vérificateur (s)	Approbateur
Nom	F. FRERY	B. DESBRIERE	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.....	11
C. Exploitation du récipient.....	12
D. Localisation du récipient.....	14
E. Accessoires de sécurité associés.....	15
III. JUSTIFICATION DE L'INCAPACITE A REALISER LES ACTIONS REGLEMENTAIRES SUR L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV ».....	17
A. Contexte.....	17
B. Obstacles à la réalisation des actions réglementaires.....	19
IV. ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE DEFAILLANCE.....	22
A. Facteur fabrication.....	22
1. Enceintes hélium et deutérium.....	22
2. Enceinte vide.....	23
B. Facteur état.....	24
1. Compartiment « circuit hélium ».....	25
2. Compartiment « circuit deutérium ».....	26
3. Compartiment « circuit vide ».....	27
C. Facteur dégradation.....	28
1. Compartiment « circuit hélium ».....	28
2. Compartiment « circuit deutérium ».....	32
3. Compartiment « circuit vide ».....	37
D. Résultat probabilité de défaillance.....	42
V. EQUIVALENCE DU NIVEAU DE SECURITE DE L'EQUIPEMENT PAR RAPPORT A CELUI QUI SERAIT ETABLI PAR REALISATION DES MESURES DE DROIT COMMUN.....	43
A. Préambule.....	43
B. Performances gestes réglementaires.....	44
C. Performances gestes compensatoires.....	47
1. Compartiment « circuit deutérium ».....	47
2. Compartiment « circuit hélium ».....	48
3. Compartiment « circuit vide ».....	49

D.	Performances des dispositions préventives.....	50
1.	Compartiment « circuit deutérium ».....	50
2.	Compartiment « circuit hélium »	51
3.	Compartiment « circuit vide »	52
E.	Analyses des performances et des niveaux de sécurité.....	53
1.	Compartiment « circuit deutérium ».....	53
2.	Compartiment « circuit hélium »	55
3.	Compartiment « circuit vide »	56
VI.	EVALUATION DES CONSEQUENCES DE DEFAILLANCE.	59
A.	Facteur conséquence sur les travailleurs	60
B.	Facteur conséquence sur l'environnement.....	60
C.	Facteur conséquence sur d'autres EIP.....	61
VII.	CONCLUSIONS	62

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 500	Page : 4/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

I. Préambule/objectifs

Ind. A

Le condenseur de la Source Froide Verticale est l'échangeur cryogénique au cœur de l'installation source froide verticale. Cet échangeur permet d'échanger des frigories entre le fluide frigorigène (hélium) et le deutérium, afin de changer l'état physique de celui-ci (gaz -> liquide). Compte tenu des températures de fonctionnement (-255°C) l'échangeur est englobé dans une enceinte sous vide assurant un isolement thermique avec la piscine (dans laquelle baigne le récipient). C'est par conséquent un récipient multi-compartiments, car dès sa conception, il intègre trois volumes distincts et fonctionnels. 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 condenseur SFV et de ses trois compartiments « circuit deutérium », « circuit hélium » et « circuit vide ». 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 condenseur SFV (919EC02)

II. Description du récipient

Le récipient « condenseur SFV » fait partie de l'installation source froide verticale. Cette installation dans sa globalité permet la fourniture de neutrons froids et ultra froids aux scientifiques.

A. Rôle du récipient

La fonction principale du récipient condenseur SFV est la production de deutérium liquide à un débit suffisant pour le fonctionnement du thermosiphon entre le condenseur et l'ensemble fonctionnel SFV3, lors du fonctionnement à pleine puissance du réacteur de l'ILL (RHF). Cette fonction est réalisée par un échangeur intégré dans une enceinte sous vide.

Pour cela, les rôles des trois compartiments sont différents :

- Le compartiment « circuit *deutérium* » (919EC02 A) permet le confinement permanent du deutérium durant toutes les phases de fonctionnement de la source froide verticale et son

	Rapport RHF n° 500	Page : 5/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

refroidissement et sa liquéfaction durant les phases « en froid » du fonctionnement de la source froide verticale

- Le compartiment « circuit hélium » (919EC02 B) permet le confinement et la circulation de l'hélium, fluide de réfrigération entre 17 K et 300K en contact avec les parois contenant le deutérium.
- Le compartiment « circuit vide » (919EC02 C) permet l'isolation thermique entre les parois froides des deux autres compartiments et la paroi externe en contact avec l'eau de la piscine à 35 °C, en maintenant un vide secondaire dans cet espace. Ce compartiment en cas de fuite du deutérium ou de l'hélium, permet de confiner et de conditionner ces fluides si nécessaire.

La conception du récipient condenseur SFV et son dimensionnement ont été réalisés de façon globale avec l'ensemble de l'installation source froide verticale et ses composants principaux (cellule, bouchon, condenseur, ligne D2, caisson sous ballast et ballast) ainsi qu'avec l'installation réfrigérateur (Voir schéma PID, annexes 1 et 2).

B. Caractéristiques du récipient

Le récipient « condenseur SFV » est un récipient à trois compartiments entièrement réalisés en acier inoxydable (Z3 CN 18/10).

1. Caractéristiques Conception - Fabrication

Cet équipement a été conçu et fabriqué en 1971 par la société Air Liquide – Centre d'Etudes Cryogéniques- Sassenage.

La fabrication et le contrôle de la tenue mécanique ont été réalisés à l'origine selon le code SNCT 1969.

Au moment de la fabrication, les deux compartiments « circuit hélium » et « circuit deutérium » avaient des caractéristiques conduisant à leur soumission à la réglementation des appareils sous pression en gaz. Par conséquent, leur fabrication a fait l'objet du suivi et d'une réception « Mines » des deux récipients.

L'autre compartiment « circuit vide » n'était pas soumis à la réglementation relative aux équipements sous pression pour sa fabrication.

- **Descriptif technique**

Le récipient est un échangeur tubulaire vertical (une passe) contenu dans une enveloppe verticale. Le réfrigérant hélium circule autour des tubes dans la calandre de bas en haut. Le deutérium circule lui à l'intérieur des tubes et le condensat est rassemblé en partie basse dans la partie

thermosiphon. Le vide secondaire est maintenu tout autour de l'échangeur dans l'enceinte entourant l'échangeur, les tubes d'entrée/sortie deutérium ainsi que les piquages entrée/sortie hélium. La liaison entre l'échangeur et l'enveloppe extérieure est réalisée par soudage en partie haute et par 6 pions de pression sur la virole (2 hauteurs à 120°).

- Compartiment « circuit hélium » : (matière Z3 CN 18/10)
 - Plaque inférieure tubulaire : \varnothing_{ext} 436, Epaisseur : 18 mm, trou central \varnothing 80 mm, 492 trous \varnothing 12,2 mm pour tubes.
 - Virole inférieure : \varnothing_{int} : 408 mm, épaisseur : 3 mm, longueur 1330 mm (1 virole avec 1 soudure longitudinale)
 - Compensateur : SFZ, \varnothing_{ext} 488 mm, \varnothing_{int} : 408 mm
 - Virole supérieure : \varnothing_{int} : 408 mm, épaisseur : 3 mm, longueur 180 mm (1 virole avec 1 soudure longitudinale)
 - Plaque supérieure tubulaire : \varnothing_{ext} 436, Epaisseur : 18 mm, trou central \varnothing 80 mm, 492 trous \varnothing 12,2 mm pour tubes.
 - 492 tubes soudés sur plaques : \varnothing_{int} 10 mm / \varnothing_{ext} 12 mm, longueur : 1686 mm
 - 1 tube central : \varnothing_{int} 80 mm / \varnothing_{ext} 83 mm, longueur 1640 mm
 - 2 piquages entrée/sortie hélium :
 - tube \varnothing_{int} 80 mm / \varnothing_{ext} 83 mm, longueur 90 mm
 - coude \varnothing_{int} 80 mm / \varnothing_{ext} 83 mm, rayon 120 mm
 - flexible tubest 3", longueur 500 et 600 mm
 - tube \varnothing_{int} 80 mm / \varnothing_{ext} 83 mm, longueur 1412 mm
 - Bride d'évasement : \varnothing_{int} 80 mm / \varnothing_{ext} 112 mm, longueur 50mm
 - virole \varnothing_{int} 112 mm / \varnothing_{ext} 114 mm, longueur 696 mm
 - Bride spéciale pour doubles parois : \varnothing_{ext} 210mm, \varnothing_{int} 112mm, épaisseur (plateau) 18mm, longueur 30mm.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 500	Page : 7/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

- Compartiment « circuit deutérium » : (matière Z3 CN 18/10)
 - Bride spéciale pour doubles parois : \varnothing_{ext} 300mm, \varnothing_{int} 100mm, épaisseur (plateau) 25mm, longueur 45mm.
 - Tube supérieur : \varnothing_{int} 100 mm / \varnothing_{ext} 104 mm, longueur 745 mm
 - Fonds inférieurs et supérieurs : fonds elliptiques repoussés, \varnothing_{int} 430 mm, épaisseur 3 mm, hauteur 125 mm
 - Tubes et plaques décrits pour le circuit hélium
 - Tube inférieur : \varnothing_{int} 125 mm / \varnothing_{ext} 129 mm, longueur 240 mm
 - Bride récupération liquide thermosiphon : \varnothing_{int} 80 mm / \varnothing_{ext} 129 mm, épaisseur 35 mm
 - 1 tube central inférieur (thermosiphon) : \varnothing_{int} 80 mm / \varnothing_{ext} 83 mm, longueur 350 mm
 - Soufflet compensateur Calorstat : longueur libre 90 mm, 13 ondes, \varnothing_{int} 80 mm avec à chaque extrémité une pièce intermédiaire soudée longueur 16mm, \varnothing_{int} 80, \varnothing_{ext} 91 mm
 - Bride DN80 porte joint, \varnothing_{ext} 148mm, \varnothing_{int} 80mm, épaisseur (plateau) 14mm, longueur 30mm.
 - 3 tubes (gaines mesure température) : \varnothing_{int} 10 mm / \varnothing_{ext} 12 mm, longueur 640 mm soudés sur bride spéciale traversée électrique.

- Compartiment « circuit vide » : (matière Z3 CN 18/10)
 - Bride spéciale pour doubles parois décrite dans le circuit deutérium
 - Tube supérieur : \varnothing_{int} 135,7 mm / \varnothing_{ext} 139,7 mm, longueur 650 mm
 - Manchon ouverture supérieure : \varnothing_{int} 135,5 mm / \varnothing_{ext} 152 mm, longueur 60 mm
 - Selle de renfort d'ouverture : tôle ep. 8mm, \varnothing 330mm
 - Fond supérieur : fond GRC repoussé, \varnothing_{int} 517 mm, épaisseur 7 mm, hauteur 130 mm
 - Virole : \varnothing_{ext} : 531 mm, épaisseur : 6 mm, longueur 2040 mm (1 virole avec une soudure longitudinale).
 - Fond inférieur : fond GRC repoussés, \varnothing_{int} 517 mm, épaisseur 7 mm, hauteur 130 mm
 - Manchon ouverture inférieure : \varnothing_{int} 135,5 mm / \varnothing_{ext} 152 mm, longueur 65 mm

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

Ind. A

- Selle de renfort d'ouverture : tôle ep. 8mm, Ø330mm
- Tube inférieur : Øint 135,7 mm / Øext 139,7 mm, longueur 222 mm
- Bride spéciale vide : Øint 132 mm / Øext : 158 mm, longueur 75 mm
- Piquage pompage : tube épais Øint 150 mm / Øext : 162 mm, longueur 70 mm et bride DN150 porte joint, Øext 285mm, Øint 150mm, épaisseur (plateau) 23mm, longueur 40mm
- Double enveloppes tuyauteries hélium supérieures :
 - Tube épais Øint 162 mm / Øext : 176 mm, longueur 50 mm
 - Secteurs de 30° de tube Øint 164,3 mm / Øext : 168,3 mm
 - Tube Øint 164,3 mm / Øext : 168,3 mm, longueur 664 mm
 - Bride de réduction : Øext 168 mm, longueur 30mm
 - Tube Øint 135,7 mm / Øext : 139,7 mm, longueur 696 mm
 - Bride spéciale pour doubles parois décrite dans le circuit hélium
- Double enveloppes tuyauteries hélium inférieures :
 - Tube épais Øint 200 mm / Øext : 212 mm, longueur 50 mm
 - Secteurs de 30° de tube Øint 200 mm / Øext : 204 mm
 - Tube Øint 200 mm / Øext : 204 mm, longueur 665 mm
 - Bride de réduction : Øext 204 mm, longueur 30mm
 - Tube Øint 135,7 mm / Øext : 139,7 mm, longueur 2098 mm
 - Bride spéciale pour doubles parois décrite dans le circuit hélium
- Piquage mesures de température : tube épais Øint 80 mm / Øext : 92 mm, longueur 180 mm et bride spéciale traversée électrique, Øext 136mm, Øint 48mm, épaisseur (plateau) 12mm, longueur 38mm.
- 6 bossages pour pions de maintien de l'échangeur : Øint 24 mm / Øext : 36 mm, longueur 35 mm.

Le récipient est présenté dans son ensemble sur le plan Re9C03P 100 430 rev. G et sa nomenclature associée G541. (Voir annexe 3)

	Rapport RHF n° 500	Page : 9/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

La partie échangeur tubulaire est détaillée dans le plan Re9C03P 100 428 et sa nomenclature associée G540. Ce plan est celui référencé pour le dossier Mines (n°2006) réalisé à l'origine pour le circuit hélium (voir annexe 4).

La préparation de l'épreuve du circuit deutérium de l'échangeur est détaillée dans le plan Re9C03P 100 673 rev.0. Ce plan est référencé dans le dossier Mines (n°2541) réalisé à l'origine pour le circuit deutérium. (Voir annexe 5)

La majorité des plans de fabrication (décrits dans les nomenclatures) sont conservés par l'ILL.

La note de calcul, pour le récipient hélium soumis à l'origine de sa fabrication, a été reprise en 1982 pour prendre en compte les nouvelles données de pression de service et de contraintes maximales. Elle prend en compte les charges mécaniques de fonctionnement et d'épreuve du compartiment « circuit hélium ».

Ind. A

Nous sommes en possession de la note de calcul initiale, pour le « circuit deutérium » soumis à l'origine de sa fabrication. Compte tenu des pressions d'exploitation et des accessoires de sécurité installés (cf. chap. II part. E), la PS de ce compartiment a été abaissée à 4 bar en 1982.

- **Caractéristiques physiques**

Les dossiers font apparaître un numéro de série de l'équipement n°466.

Aucune indication au sens d'une plaque d'identité réglementaire n'est apposée sur l'équipement. Les deux enceintes réglementées sont enfermées dans une enceinte soudée.

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

Ind. A

Ind. A

Caractéristiques	919EC02A	919EC02B	919EC02C	Unités
P. maximale admissible (PS)	4	6,75 (origine 9)*	2,75 **	Bar rel
P utilisation	-1 à 2	1,6 à 5,7	-1 (0 en maintenance)	Bar rel
Pression de calcul (Pi/Pe)	7,5 / 1	6,75 / 1 (origine 9)	19 / 1	Bar rel
P épreuve initiale (PE)	9,75 (timbre n°2541) (10 selon CR de l'IS)	13,5 (Timbre n°2006)	Néant	Bar rel
T°. maximale admissible (TS)	35	35	35	°C
T° de fonctionnement	-255 à 25	-255 à 25	15 à 25	°C
Volume (V)	125	120	290	litres
Nature du fluide	Deutérium gaz tritié/azote (essais)	Hélium	Vide / D2 tritié***	
Groupe de dangerosité	1	2	2 / 1	
Activité (compartiment)	< 370 000	< 370	< 370 / < 370 000***	MBq
Catégorie de risque pression	III (par application du tableau 1)	II (par application du tableau 2)	III (par application du tableau 1)	
Niveau ESPN	N3		N3	
Classification	EIS 3 (M1-Q2)	EQS (M1-Q3)	EIS 2 (M2-Q1)	
Contrôle soudure	100% radio 100% ressuage	100% radio 100% ressuage	100% radio 100% ressuage	

* La PS d'origine est la pression enregistrée pour le passage en épreuve « Mines ». La PS retenue aujourd'hui est issue d'un déclassement a posteriori, en cohérence avec les situations de fonctionnement et les accessoires de sécurité installés.

** : La protection de ce compartiment est depuis l'origine à 2,75 bars (919DR02). Aucune plaque ou note de calcul n'indique cette pression mais l'enceinte est calculée à 19 bar.

*** : en cas de fuite de la paroi du compartiment « circuit deutérium » dans le compartiment « circuit vide ».

2. Caractéristiques des fluides en contact avec les compartiments

Le compartiment « circuit deutérium » est conditionné en permanence en pression de deutérium pur entre 0,5 et 2 bar relatifs. Lors d'opérations de contrôles (tous les 2 ans), le compartiment est conditionné à 0,5 bar relatif en azote.

Le compartiment « circuit hélium » est conditionné en permanence en pression d'hélium pur entre 1,5 et 5,7 bar relatifs.

Le compartiment « circuit vide » est conditionné en permanence sous vide entre 10^{-8} et 10 mbar (absolu).

L'ensemble condenseur se trouve dans la piscine réacteur sous 6 mètres d'eau légère.

- **Deutérium**

Le condenseur 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

Ind. A

Le condenseur, depuis sa première mise en deutérium en 1972, n'a été démonté et déconnecté qu'une seule fois en 2005.

La température du gaz dans le condenseur varie selon les situations de fonctionnement entre -255°C et 25 °C (de la température ambiante jusqu'à la température de changement de phase gaz/liquide du deutérium).

Le gaz deutérium neuf, qui est entré dans la partie de circuit ligne D2 – condenseur – cellule SFV3 suite aux essais de vérifications de bon fonctionnement des mesures importantes, est analysé au maximum quinze jours avant son utilisation et le circuit est analysé immédiatement après son remplissage.

- **Azote gaz**

Lors des essais de bon fonctionnement des mesures importantes de l'installation source froide, le circuit ligne D2 – condenseur – cellule SFV3 est conditionné en azote gaz pour des raisons d'inertage.

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.

- **Hélium**

L'hélium est le fluide frigorigène utilisé pour refroidir le deutérium dans le condenseur. Cet hélium est utilisé dans la boucle entre 25°C à l'arrêt et 17 K en sortie de turbine en fonctionnement. Toute impureté à cette température peut engendrer de graves problèmes aux éléments tournant de la turbine (balourds). L'hélium du circuit réfrigérant est par conséquent très pur pour des besoins de fonctionnement de l'installation cryogénique.

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

L'hélium inséré dans le circuit est épuré lors du remplissage et le circuit est lui-même épuré avant chaque démarrage du réfrigérant.

- **Eau piscine**

L'eau de la piscine réacteur est de l'eau légère 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.

L'eau en contact avec le condenseur est à une température entre 20 et 35°C en fonctionnement.

C. Exploitation du récipient

Le récipient « condenseur SFV » fait partie de l'installation Source Froide Verticale et est par conséquent exploité de façon commune avec les autres équipements auxquels il est relié et faisant partie de l'installation.

Le compartiment « circuit deutérium » est en liaison avec les tuyauteries des « lignes D2 » et la cellule deutérium de l'ensemble fonctionnel cellule SFV3. Ils forment ce que nous appelons le « circuit D2 ». Le deutérium gazeux est liquéfié au contact des parois froides pour ensuite circuler par gravité vers la cellule SFV3. La pression de ce circuit en froid est réglée à 0,5 bar relatif. A l'arrêt, le circuit réchauffé remonte à la pression de 2 bar relatifs.

Le compartiment « circuit hélium » est en liaison avec le circuit basse pression de l'installation réfrigérateur sources froides. L'hélium circulant dans le compartiment est issu de l'échappement des turbines (réalisant la détente du fluide frigorigène produisant le froid). C'est la température de ce fluide (hélium), variant entre 18 K et 24 K (réfrigérateur en froid en fonctionnement) qui permet de gérer la production (changement d'état) plus ou moins importante de deutérium liquide. La pression, réfrigérateur en fonctionnement, est réglée à 1,6 bar relatif. Réfrigérateur à l'arrêt, la pression d'équilibre du circuit est entre 3 et 5,7 bar.

Le compartiment « circuit vide » est en permanence sous vide. En fonctionnement en froid, le vide permet deux fonctions : isolation thermique et surveillance de l'intégrité de la paroi. A l'arrêt (réchauffé), le vide permet une surveillance de l'intégrité des parois.

Les conditionnements des compartiments du condenseur SFV sont réalisés grâce à plusieurs caissons et platines de l'installation source froide verticale et au skid de l'installation réfrigérateur. Les schémas PID des installations sont présentés en annexe 1. Les circuits de conditionnement des compartiments « circuit deutérium » et « circuit vide » sont représentés sur le plan Re9C09P09 100. Les circuits de conditionnement du compartiment « circuit hélium » sont représentés sur le plan Re9C03P0 001 PI 2/2.

Le conditionnement du circuit D2 (et par liaison le compartiment « circuit deutérium » du condenseur) est réalisé à l'aide de séquences semi-automatiques garantissant un déroulement des opérations strictement conforme à la procédure.

Le conditionnement du circuit vide est réalisé soit manuellement soit à l'aide d'une séquence semi-automatique. Aucun circuit connecté à l'installation ne peut apporter un fluide à une pression supérieure à 0,5 bar.

Le conditionnement du circuit hélium est réalisé sur la boucle entière. La seule entrée de gaz se fait à partir d'une clarinette de bouteille en un point de l'installation.

Depuis l'origine (1971), les conditions d'exploitation de l'installation source froide verticale n'ont pas été modifiées. Les deux situations de fonctionnement principales de l'installation sont :

- Source réchauffée et réfrigérateur à l'arrêt : compartiment « circuit deutérium » à 2 bar relatifs, compartiment « circuit vide » sous vide primaire et compartiment « circuit hélium » entre 3 et 5,7 bar relatif.

	Rapport RHF n° 500	Page : 14/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

- Source en froid et réfrigérateur en marche : compartiment « circuit deutérium » à 0,5 bar relatif, compartiment « circuit vide » sous vide secondaire et compartiment « circuit hélium » à 1,6 bar relatif.

La pression d'utilisation du compartiment « circuit deutérium » est de 0,5 à 2 bar relatif.

La surveillance permanente de ce compartiment est assurée par trois mesures de pression 919PIAC17 a, b, c (d en réserve). De plus, la pression est régulée via l'information du capteur de pression 919PIAC16. Ces informations sont disponibles sur le synoptique en salle de contrôle réacteur.

En fonctionnement (source en froid), les mesures 919PIAC17 font sortir des alarmes pression basse à 0,35 bar rel et pression très haute à 0,8 bar rel. La mesure 919PIAC16 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 « circuit vide » est de quelques mbar (pompage à l'arrêt) à 10^{-8} mbar absolu (pompage en marche). Lors d'opérations de maintenance, il est possible de faire varier la pression jusqu'à la pression atmosphérique. Le vide est généralement cassé en azote.

La surveillance permanente de ce compartiment est basée sur les mesures de vide 919PIAC12 a, b, c (d en réserve) ainsi que les mesures 919PIAC5 a, b et 919PIAC11a. En toute situation, les mesures 919PIAC12 font sortir des alarmes pression haute à 100 mbar absolu. Les mesures 919PIAC5 font sortir une alarme pression haute à 8.10^{-4} mbar absolu.

La pression d'utilisation du compartiment « circuit hélium » est de 1,65 à 5,7 bar relatifs. La surveillance permanente de ce compartiment est basée sur la mesure de pression 981PRAC15 ainsi que 981PR67. En toute situation, la mesure 981PRAC15 fait sortir une alarme pression basse à 1,6 bar et déclenche en fonctionnement l'ouverture d'une vanne de régulation en cas de pression haute à 3 bar relatif et déclenche une alarme pression très haute à 6,25 bar.

D. Localisation du récipient

Le récipient se trouve dans la piscine réacteur, fixé à la paroi peau piscine. Il est accessible par le niveau D du réacteur.

Il se trouve physiquement à coté et légèrement au dessus du caisson PV1, proche de la crinoline de descente au platelage.



E. Accessoires de sécurité associés

Le récipient comportant trois compartiments, trois accessoires de sécurité sont associés au récipient. Le récipient étant un équipement frigorifique, les accessoires de sécurité ne sont pas directement disposés sur les parties froides.

Compartiment « circuit deutérium »:

Ce compartiment ne possède que deux ouvertures, à chaque extrémité. Il est relié à la tuyauterie principale de deutérium venant du caisson sous ballast en partie supérieure et à la tuyauterie principale de deutérium allant à la cellule SFV3 en partie inférieure. Il n'y a pas d'accessoire de sécurité installé sur le récipient.

Le remplissage et l'appoint en deutérium du circuit deutérium global et par conséquent, le compartiment « circuit deutérium » du condenseur SFV, 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 remplissage à 2 bar

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 500	Page : 16/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

relatif (capteur 919PIAC16, seuil PSTH16= 3 bar abs) par commande de la vanne 971V19 « fermée ».

La source de pression peut provenir de la fermeture intempestive d'une des vannes 919V18 ou 919V49. En effet, lors du fonctionnement en froid de la source froide, de façon globale, la moitié des molécules de deutérium se trouve sous l'état liquide. Or l'ensemble du liquide est situé entre la cellule et le condenseur. Le ratio de volume entre l'état gazeux et liquide est très important. Dans une situation accidentelle de fermeture des vannes isolant le ballast du circuit deutérium, un réchauffage de la partie du circuit froid entraîne rapidement une production de gaz qui ne peut plus s'expanser dans son vase d'expansion et monte par conséquent en pression

Le disque 919DR03 assure par conséquent la protection contre les surpressions du compartiment « circuit deutérium » et du circuit deutérium global. Il est taré à une pression de 3,5 bar.

Compartiment « circuit vide » :

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

Les sources potentielles de pression sont une fuite d'un des deux autres compartiments dans le compartiment « circuit vide » ou la sublimation d'un glaçon issu d'une fuite avec l'extérieur du circuit (principalement azote ou eau) lors de son réchauffage.

Le circuit est protégé par un disque de rupture 919DR02. Il est taré à 2,75 bar.

Compartiment « circuit hélium »:

Ce compartiment ne possède que deux ouvertures correspondant à l'entrée et la sortie du fluide frigorigène. Il n'y a pas d'accessoire de sécurité installé sur le récipient.

La partie basse pression du circuit hélium du réfrigérateur est protégée par une soupape installée sur le tronçon à température ambiante de la boucle. Le compartiment « circuit hélium » du condenseur SFV est relié à cette partie.

Les sources potentielles de pression sont, réfrigérateur en fonctionnement, la fermeture intempestive d'une vanne sur le circuit retour basse pression (981V85) et, réfrigérateur à l'arrêt, un remplissage du circuit hélium à une pression supérieure à la limite du circuit.

La soupape 981S7 assure la protection contre les surpressions du circuit hélium. Elle est tarée à 6,75 bar.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 500	Page : 17/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

III. Justification de l'incapacité à réaliser les actions réglementaires sur l'équipement « condenseur SFV »

A. Contexte

La situation réglementaire historique de l'équipement « condenseur SFV » est particulière compte tenu du changement de définition des limites des enceintes réglementées.

En effet lors de sa fabrication, le récipient au sens de l'arrêté ESPN, était réglementairement trois enceintes distinctes dont deux étaient soumises à réglementation.

a) Compartiment « circuit hélium »

La première enceinte soumise à réglementation correspond au compartiment « circuit hélium » qui présente une pression de service de 6,75 bar en gaz.

A l'origine, selon le dossier initial pour le timbrage, la pression de service était de 9 bar. En préparation de la première échéance de requalification périodique, l'inspection et l'épreuve de l'enceinte n'étant matériellement pas envisageables, l'équipement a été détimbré à 6,75 bars. Suite à cette modification et la reprise de la note de calcul, l'enceinte répondait aux critères techniques pour être éligible à l'arrêté du 27 avril 1960 portant application de la réglementation sur les appareils à pression aux installations de production ou de mise en œuvre du froid (notamment le paragraphe 4 de l'article 2 : contrainte admissible égale à $R_m/4$ et pression de service inférieure ou égale à la moitié de la pression d'épreuve).

Depuis l'origine, et suite à de nombreux échanges entre l'exploitant ILL et la DRIRE Rhône Alpes validant l'application de l'arrêté du 27 avril 1960, l'appareil à pression d'hélium condenseur SFV est dispensé des vérifications et ré-épreuves périodiques en conformité avec les articles 1 et 4 de l'arrêté.

b) Compartiment « circuit deutérium »

La deuxième enceinte soumise à réglementation à l'origine correspond au compartiment « circuit deutérium » qui présentait une pression de service de 6,5 bar en gaz. *Compte tenu des pressions d'exploitation et des accessoires de sécurité installés (cf. chap. II part. E), la PS de ce compartiment a été abaissée à 4 bar en 1982 : le compartiment « circuit deutérium » n'était donc plus soumis en exploitation au décret de 1943.*

a) Compartiment « circuit vide »

Pour cette enceinte, la pression de service étant inférieure à 4 bar, elle n'était soumise ni en fabrication, ni en exploitation au décret de 1943.

Ind. A

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

Ind. A

L'équipement « condenseur SFV » dans sa globalité est un multi-compartiments ESPN N3, gaz, de cat.III qui est soumis globalement aux annexes 5 et 6 de l'arrêté ESPN du 23 décembre 2005. Compte tenu de sa spécificité de récipient multi-compartiments, cette soumission concerne à la fois le compartiment « circuit deutérium », le compartiment « circuit hélium » et le compartiment « circuit vide ».

Ind. A

Pour le compartiment « circuit hélium », les modalités de la soumission sont à nuancer si nous considérons le courrier ASN référencé CODEP-DEP-2013-034129 du 23 juillet 2013. En effet, les cas des multi-compartiments et des équipements bénéficiant d'anciennes dérogations sont traités dans l'annexe 3 du document et le récipient « condenseur SFV » entre dans le champ d'application du paragraphe 3.2 de cette annexe.

Ainsi, pour le compartiment « circuit hélium », les exigences réglementaires à prendre en compte dans la démonstration sont celles de l'arrêté du 27 avril 1960.

En résumé, les gestes réglementaires à prendre en compte pour les compartiments « circuit vide » et « circuit deutérium » 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.

Et pour le compartiment « circuit hélium » :

- Une inspection périodique (IP) tous les 40 mois comportant les opérations 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 la vérification de l'accessoire de sécurité associé conformément à l'annexe 6 de l'arrêté ESPN.

	Rapport RHF n° 500	Page : 19/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

B. Obstacles à la réalisation des actions réglementaires

- **Vérification externe**

La surface externe de l'équipement global « condenseur SFV » est accessible sur la totalité de l'équipement moyennant l'utilisation d'échelles et d'équipement de protection individuel. L'équipement se trouvant en piscine, son accès est limité en fonction de l'exploitation du réacteur.

- **Vérification interne**

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

Compartiment « circuit deutérium » :

Le circuit deutérium est un circuit qui n'est jamais mis à l'atmosphère pour des raisons de pollution des parois (utilisation cryogénique). Son ouverture pour un accès physique est problématique vis-à-vis du dégazage du tritium et rend difficile son approche (masque, ...). De plus, le circuit est un circuit cryogénique dont toutes les étanchéités sont réalisées par des joints métalliques complexes à mettre en œuvre et *quasiment* jamais démontés (1 fois depuis 1972).

De plus, sa conception ne permet pas un accès visuel à une surface importante. Seule une inspection d'une petite partie de la plaque tubulaire supérieure pourrait être réalisée si le condenseur est démonté.


Des difficultés importantes sont rencontrées pour contrôler l'étanchéité du circuit remontage (bruit de fond lors des tests hélium).

Compartiment « circuit vide »

La vérification interne du compartiment nécessite un accès aux parois internes du compartiment. Aucun orifice de visite n'est présent. Seul le piquage de conditionnement peut permettre un accès visuel très partiel aux parois (soufflet compensateur, piquages).

Cette tuyauterie de grandes dimensions (plusieurs mètres) présente des fragilités pendant sa manutention et la réalisation des étanchéités (au vide atteint en fonctionnement) est difficile. Un démontage périodique est à proscrire.

Ind. A

	Rapport RHF n° 500	Page : 20/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

Compartiment « circuit hélium » : (dispensé selon arrêté du 27 avril 1960)

Le circuit hélium est un circuit qui n'est jamais mis à l'atmosphère pour des raisons de pollution des parois (utilisation cryogénique). De plus, le circuit est un circuit cryogénique dont toutes les étanchéités sont réalisées par des joints métalliques complexes à mettre en œuvre et *quasiment* jamais démontés (1 fois depuis 1972)

La vérification interne du compartiment nécessite un accès aux parois internes du compartiment. Aucun orifice de visite n'est présent. Seuls les piquages d'entrée/sortie peuvent permettre un accès visuel très partiel aux parois (1 à 2 mètres de tuyauterie).

- **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 « circuit deutérium » :

- Ce compartiment est l'enceinte 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 voire 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)

Compartiment « circuit vide » :

- Ce compartiment est l'enceinte à la fois d'une installation cryogénique et d'un système sous vide secondaire. La présence d'un fluide tel que l'eau peut polluer les parois et perturber le fonctionnement (difficulté d'obtention d'un vide acceptable pour le fonctionnement).
- L'absence de purge et de point de vidange empêche l'utilisation de liquide dans ce volume.

Ind. A


	Rapport RHF n° 500	Page : 21/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

- Impossibilité de réaliser un examen visuel direct des parois sous pression lors du maintien sous pression dans le cadre d'une épreuve (notamment virole compartiment hélium)
- Les flexibles tressés peuvent créer des zones de rétention impossibles à résorber

Compartiment « circuit hélium » : (dispensé selon arrêté du 27 avril 1960)

- Ce compartiment est l'enceinte 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 voire 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)
- **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.

	Rapport RHF n° 500	Page : 22/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

IV. Estimation de la probabilité de défaillance

A. Facteur fabrication

L'équipement « condenseur SFV » est une pièce maitresse de l'installation source froide verticale et a été conçu spécifiquement pour cette utilisation. Il possède plusieurs compartiments entièrement soudés entre eux et par conséquent indissociables.

D'un point de vue fonctionnel, le condenseur est un échangeur tubulaire (compartiment « circuit deutérium » / compartiment « circuit hélium) contenu dans une enceinte (compartiment « circuit vide »).

La fabrication de l'équipement s'est déroulée de début 1970 jusqu'à fin juin 1971. L'épreuve de timbrage (enceinte hélium) a été réalisée en cours de fabrication (janvier 1971) sur l'équipement non terminé mais à un stade permettant de réaliser toute les opérations de contrôle en cours d'épreuve. L'épreuve de timbrage (enceinte deutérium) a été réalisée ensuite (mars 1971) sur l'équipement toujours non terminé mais à un stade permettant de réaliser toute les opérations de contrôle en cours d'épreuve. Il a ensuite été terminé pour l'enceinte « vide » non soumise à réglementation.

L'ensemble de cette fabrication a fait l'objet d'un suivi par une tierce partie, en l'occurrence l'Institut de Soudure. Ce suivi a fait l'objet de l'établissement de « rapports de visite » réguliers au cours de la totalité de la fabrication. Ils établissent que l'équipement a été fabriqué en conformité avec les exigences contractuelles.

1. Enceintes hélium et deutérium

Les enceintes hélium et deutérium à l'origine et lors de leur fabrication étaient soumises à l'ensemble des exigences techniques et réglementaires du décret du 18 janvier 1943.

Elles ont été fabriquées et contrôlées en conformité avec le décret.

L'épreuve coté deutérium a été réalisée le 12 mars 1971 à une pression 9,75 bar pour une pression maximale en service de 6,5 bar.

Le dossier comportait un certificat de visite avant épreuve, un état descriptif, un plan et une note de calcul. Le certificat de timbrage porte le numéro 2541.

L'épreuve coté hélium a été réalisée le 15 janvier 1971 à une pression 13,5 bar pour une pression maximale en service de 9 bar.

Le dossier comportait un certificat de visite avant épreuve, un état descriptif, un plan et une note de calcul. Le certificat de timbrage porte le numéro 2006.

Après plusieurs années de service, la pression de service maximale de l'enceinte hélium a été modifiée (à la baisse). Le passage de cette pression de 9 bar à 6,75 bar permet alors de respecter les exigences du §4 du décret du 27 avril 1960. Ce décret, spécifique aux installations de mise en œuvre du froid donne la possibilité, dans le cadre du suivi en service, d'être dispensé de visites intérieure et extérieure (§ 1) et de ré-épreuves périodiques (§ 4).

Le dossier a été modifié en reprenant la note de calcul avec la nouvelle pression de service admissible. Cette note permet de valider qu'à la pression de service, les contraintes sont inférieures au quart de la résistance à la rupture. Cette note, s'appuyant sur la note initiale, a été réalisée par l'ILL (en date du 30/07/82).

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

2. Enceinte vide

L'enceinte vide 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.

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 nomenclature avec référencement des matières
- Certificats matières
- Documents de soudage (Qualifications soudures et soudeurs, DMOS, ...)
- Procès verbaux de contrôles en fabrication (Contrôle soudures, tests étanchéité,)

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 500	Page : 24/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	

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

B. Facteur état

Les compartiments du « condenseur SFV » n'ont pas été l'objet de dysfonctionnement et de dégradation depuis leur exploitation en 1972. Deux déclenchements d'accessoire de sécurité du compartiment hélium ont été enregistrés depuis l'origine (vanne fermée sur circuit hélium principal basse pression).

L'état global de l'équipement n'a été apprécié principalement que par son aspect extérieur tous les ans (inox) et une inspection informelle des parois visibles lors de la mise en place de tapes d'obturation lors du démontage complet de la source froide verticale en piscine en 2005.

1. Compartiment « circuit hélium »

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 conservatrice, permet de maintenir les marges de sécurité du même ordre de grandeur que celles présentes 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 conservatrice, restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception</p>	X
2	<p>Equipement non classé niveau 1 et présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant considère que leur évolution en service, estime de façon conservatrice, confèrera à l'équipement, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue, une résistance du même ordre de grandeur que la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité.</p>	
3	<p>Equipement présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant ne peut garantir que leur évolution en service, estimée de façon conservatrice, confèrera à l'équipement une résistance au moins égale à la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue.</p>	
Niveau de classement final du facteur étudié		
1		

La corrosion de l'acier inoxydable en présence d'hélium pur ainsi que des contraintes très faibles par rapport aux contraintes prises en compte à la conception (9 bar) permettent de garantir que les évolutions restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception (cf. Rapport RHF N°519).

2. Compartiment « circuit deutérium »

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 conservatrice, permet de maintenir les marges de sécurité du même ordre de grandeur que celles présentes 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 conservatrice, restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception</p>	X
2	<p>Equipement non classé niveau 1 et présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant considère que leur évolution en service, estimée de façon conservatrice, confèrera à l'équipement, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue, une résistance du même ordre de grandeur que la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité.</p>	
3	<p>Equipement présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant ne peut garantir que leur évolution en service, estimée de façon conservatrice, confèrera à l'équipement une résistance au moins égale à la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue.</p>	
Niveau de classement final du facteur étudié		
1		

La corrosion de l'acier inoxydable en présence de deutérium pur ainsi que des contraintes très faibles par rapport aux contraintes prises en compte à la conception (6,5 bar) permettent de garantir que les évolutions restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception (cf. Rapport RHF N°519).

3. Compartiment « circuit vide »

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 conservatrice, permet de maintenir les marges de sécurité du même ordre de grandeur que celles présentes 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 conservatrice, restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception</p>	X
2	<p>Equipement non classé niveau 1 et présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant considère que leur évolution en service, estime de façon conservatrice, confèrera à l'équipement, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue, une résistance du même ordre de grandeur que la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité.</p>	
3	<p>Equipement présentant des dégradations pour lesquelles l'exploitant ne peut garantir que leur évolution en service, estimée de façon conservatrice, confèrera à l'équipement une résistance au moins égale à la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue.</p>	
Niveau de classement final du facteur étudié		
1		

La corrosion de l'acier inoxydable en présence du vide ainsi que des contraintes très faibles par rapport aux contraintes prises en compte à la conception (calcul à 19 bar) permettent de garantir que les évolutions restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception.

Pour ce qui est de la paroi extérieure de ce compartiment, elle est en contact avec l'eau de la piscine réacteur et est inspectée par l'exploitant annuellement.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 500	Page : 28/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

C. Facteur dégradation

Le retour d'expérience par l'ILL de l'exploitation des compartiments du condenseur est bon et peut s'appuyer sur l'exploitation des autres circuits et réservoirs deutérium, hélium et vide.

Ind. A

Les REX partagés avec les autres exploitants concernant les réservoirs en deutérium tritié en *acier inoxydable austénitique* sont également bons.

Pour ce qui est de l'utilisation de l'inox dans les installations cryogéniques, le retour d'expérience est très important et fiable. Ce point est même l'origine de l'arrêté du 27 avril 1960.

De même, l'utilisation de l'inox pour des enceintes sous vide ou en contact avec de l'eau déminéralisée possède un très bon retour d'expérience.

1. Compartiment « circuit hélium »

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, le cas échéant.

(1) Fatigue thermique ou grand nombre de cycles

Ind. A

Les variations de température du compartiment (entre -255 C et 25 °C) ont lieu lors des phases transitoires de fonctionnement de l'installation source froide verticale ou lors de phases d'essais.

Le compartiment permet la circulation du fluide frigorigène dans le condenseur. C'est par conséquent le volume le plus froid de l'équipement. L'hélium est refroidi par les turbines du circuit réfrigérant. Compte tenu de l'inertie thermique de l'ensemble des éléments du réfrigérant, les variations de température lors de la mise en froid sont de $-80^{\circ}\text{C}/\text{heure}$. Le volume étant isolé thermiquement de l'extérieur, il n'y a pas de source de chaleur directement sur le condenseur. Lors des phases de réchauffage, un faible débit d'hélium à température ambiante est injecté dans le condenseur afin de le réchauffer à la température ambiante. Cette phase n'est enclenchée qu'à partir d'une température de l'ordre de 150K dans le condenseur. Le réchauffage est réalisé pendant une période de plus de 12 heures (variations estimées au maximum à $+80^{\circ}\text{C}/\text{heure}$).

Les phases de mise en froid et réchauffage ne se produisent que 4 à 5 fois maximum par an.

En phase de fonctionnement, la température de l'hélium injecté dans le condenseur varie entre 17K et 25K en fonction des besoins de fonctionnement. Cette variation n'est pas significative (négligeable) pour le matériau.

En cas de dysfonctionnement du réfrigérant ou lors de la phase d'attente après mise en froid et le redémarrage d'une turbine arrêtée depuis plusieurs heures, celui-ci peut entraîner pendant quelques dizaines de secondes la circulation d'un gaz hélium au plus à 90K. Ceci se produit 7 fois maximum par an.

Pour ce qui est des cyclages pression, les seuls identifiés sont les phases de fonctionnement du réfrigérant, qui se trouve être 1,6 bar en fonctionnement et entre 3 et 5,7 bar à l'arrêt. Sauf arrêt et redémarrage intempestifs, il se produit au maximum 4 cycles de fonctionnement de 50 jours par an.

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 trois compartiments, pouvant subir des températures différentielles, sont découplés (soufflets de compensation, flexibles, ...)

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

(3) Fatigue vibratoire

L'équipement est fixé sur la paroi interne de la piscine réacteur dans le bâtiment réacteur. C'est une partie rigide non sensible aux vibrations et le condenseur baigne dans l'eau statique de la piscine.

	Rapport RHF n° 500	Page : 30/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

La liaison avec le compartiment « circuit hélium » est réalisé par des flexible DN80. Les débits de gaz sont issus des turbines et présentent des variations de pressions très lentes, ce qui ne conduit à aucune vibration en fonctionnement.

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

(4) Pics locaux de pression

La pression à l'intérieur du compartiment en fonctionnement varie lentement compte tenu du fait de l'utilisation d'un gaz et la mis en œuvre de celui-ci dans une boucle fermée. Les vannes actionnées en fonctionnement (vannes turbines) le sont de façon progressive afin de préserver la durée de vie des turbines fragiles. 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 de la piscine du réacteur, largement inférieure à la température de fluage d'un acier inoxydable de type 304L.

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. Les seules ouvertures du compartiment sont les tuyauteries principales d'entrée/sortie. Ces zones ont été conçues, calculées, fabriquées et testées pour un compartiment pouvant résister à une pression de 9 bars alors qu'il est utilisé à 1,6 bar en froid et max 5,7 bar à l'arrêt.

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.

Le matériau est en contact avec de l'hélium pur à température ambiante et à basse température, situation où aucun phénomène de corrosion n'est significatif.

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 autre que celle du gaz neutre à l'intérieur du compartiment. Sa température est homogène et son débit stable

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

L'équipement et le compartiment se trouve dans une zone (piscine) faiblement exposée aux radiations en fonctionnement, sauf situations particulières (déchargement du combustible usé ou des absorbants de barre de sécurité).

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, 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
Non-Maîtrisée	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

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

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

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

2. Compartiment « circuit deutérium »

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 -255 C et 25 °C) ont lieu lors des phases transitoires de fonctionnement de l'installation source froide verticale ou lors de phases d'essais.

Le compartiment ne possède pas de source de chaleur mais il est refroidi par le gaz hélium se trouvant de l'autre côté de la paroi (tubes), l'installation réfrigérateur en fonctionnement et il est réchauffé par la remontée du gaz deutérium chauffé par la puissance résiduelle du réacteur dans la cellule SFV3, réfrigérateur à l'arrêt.

En situation de fonctionnement stabilisée (hors mise en froid et réchauffage), la température du fluide deutérium est fixe et correspond à la température d'équilibre du changement de phase liquide/gaz du deutérium à 0,5 bar relatif. Cette température est de l'ordre de 24-25K. La variation de température du fluide frigorifique (hélium) a pour conséquence de faire varier le débit de transformation de gaz en liquide du deutérium mais pas la température.

Lors de la mise en froid, le compartiment et le gaz deutérium sont à température ambiante et sont progressivement refroidis par échange avec le fluide frigorifique hélium à une température de quelques degrés inférieurs. La mise en froid de 300K jusqu'à la température de 24 K se fait en 3H30 environ.

Pour le réchauffage, une première phase consiste en la transformation de l'ensemble du deutérium en phase gazeuse (variation de pression de 0,5 à 2 bar, énergie apportée par la puissance résiduelle du réacteur, passif, 24 à 150K). Le compartiment et le gaz sont ensuite réchauffés par le gaz hélium circulant dans le compartiment « hélium » de 150K à la température ambiante en plusieurs heures.

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 bars relatifs à 0,5 bar relatif et retour à 2 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 trois compartiments, pouvant subir des températures différentielles, sont découplés (soufflets de compensation, flexibles, ...)

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

 <p>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</p>	<h2>Rapport RHF n° 500</h2>	Page : 34/63
	<p>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »</p>	Ind. A

(3) Fatigue vibratoire

L'équipement est fixé sur la paroi interne de la piscine réacteur dans le bâtiment réacteur. C'est une partie rigide non sensible aux vibrations et le condenseur baigne dans l'eau statique de la piscine.

La liaison avec le compartiment « circuit deutérium » est réalisé par une bride rigide DN150 en partie supérieure et par un flexible DN80 en partie basse. Les débits de gaz sont relativement faibles et des variations de pressions sont très lentes, ce qui ne conduit à aucune vibration en fonctionnement.

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

(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 de la piscine du réacteur, largement inférieure à la température de fluage d'un acier inoxydable de type 304L.

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 sur les fonds elliptiques. Ces zones ont été conçues, calculées et fabriquées pour un compartiment pouvant résister à une pression de 7,5 bar (Delta P paroi) alors qu'il est utilisé entre 1,5 et 3 bar (Delta P paroi).

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.

	Rapport RHF n° 500	Page : 35/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

Le matériau est en contact avec du deutérium pur à température ambiante et à basse température, situation où aucun phénomène de corrosion n'est significatif.

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 et la température du fluide deutérium est homogène dans le volume.

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

L'équipement et le compartiment se trouve dans une zone (piscine) faiblement exposée aux radiations en fonctionnement, sauf situations particulières (déchargement du combustible usé ou des absorbants de barre de sécurité).

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.

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

Ind. A

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
Non-Maîtrisée	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

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

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

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

	Rapport RHF n° 500	Page : 37/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

3. Compartiment « circuit vide »

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 -255 C et 25 °C) ont lieu lors des phases transitoires de fonctionnement de l'installation source froide verticale ou lors de phases d'essais.

La fonction de ce compartiment est d'assurer une isolation thermique entre les parois des compartiments « circuit hélium » et « circuit deutérium » à 25K et la paroi extérieure de compartiment en contact à l'extérieur avec l'eau de la piscine à 25°C.

Le fluide étant du vide, il n'y a pas de variation de température à l'intérieur du compartiment. La paroi en contact avec l'eau de la piscine ne varie pas en température de façon significative dans le temps. Variations lentes possibles entre 20 et 35°C.

Les seules variations de température sont liées au fonctionnement de la source froide, soit en moyenne 4 cycles par an.

Pour ce qui est des cyclages pression, les seuls identifiés sont les phases de maintenance qui font varier la pression du vide à la pression atmosphérique en azote. Ces opérations ont lieu moins d'une fois par an.

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 trois compartiments, pouvant subir des températures différentielles, sont découplés (soufflets de compensation, flexibles, pions de contacts, ...)

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

(3) Fatigue vibratoire

L'équipement est fixé sur la paroi interne de la piscine réacteur dans le bâtiment réacteur. C'est une partie rigide non sensible aux vibrations et le condenseur baigne dans l'eau statique de la piscine.

La liaison avec le compartiment « circuit vide » est réalisé par une bride rigide DN150 en partie latérale avec les caissons PV1 et PV2 fixes. Les débits de gaz sont nuls et des variations de pressions sont très lentes, ce qui ne conduit à aucune vibration en fonctionnement.

 <p>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</p>	<h2>Rapport RHF n° 500</h2>	Page : 38/63
	<p>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »</p>	Ind. A

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

(4) Pics locaux de pression

Il n'y pas de pression car sous vide.

Ce mode de dégradation n'est pas retenu.

(5) Fluage

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

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 zones sensibles sont les ouvertures sur les fonds GRC et la virole. Ces zones ont été conçues, calculées et fabriquées pour un compartiment pouvant résister à une pression de 19 bar (Delta P paroi) alors qu'il est utilisé en pression extérieure supérieure à 1 bar (hauteur d'eau 5 m).

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.

Au niveau de la paroi intérieure, le matériau est en contact avec le vide à température ambiante et à basse température, situation où aucun phénomène de corrosion n'est significatif.

Au niveau de la paroi extérieure, le matériau est en contact avec l'eau de la piscine, qui est déminéralisée. La corrosion dans ce milieu est relativement maîtrisée et négligeable à notre échelle de temps.

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.

 <p>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</p>	<h2>Rapport RHF n° 500</h2>	Page : 39/63
	<p>TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »</p>	Ind. A

(8) Phénomènes thermo hydrauliques locaux nocifs

Il n'y a pas de circulation de gaz à l'intérieur du compartiment ou de température de fluide dans le volume.

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

L'équipement et le compartiment se trouve dans une zone (piscine) faiblement exposée aux radiations en fonctionnement, sauf situations particulières (déchargement du combustible usé ou des absorbants de barre de sécurité).

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. La surface extérieure est inspectée annuellement.

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
Non-Maîtrisée	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

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

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

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 « circuit deutérium »	Compartiment « circuit hélium »	Compartiment « circuit vide »
Ind. A Facteur fabrication	1	1	2
Facteur état	1	1	1
Facteur dégradation	2	2	1

Le résultat de la probabilité de défaillance est un risque de défaillance moyen *pour tous* les compartiments de l'équipement « condenseur SFV ».

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 500	Page : 43/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

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

Conformément à ce qui a été présenté au paragraphe « III, A) contexte », la situation réglementaire précédente du récipient multi-compartiments actuel « condenseur SFV » permet de traiter l'équipement selon les modalités présentées dans l'annexe 3, paragraphe 3 (ESPN bénéficiant d'anciennes dérogations) du courrier CODEP-DEP-2013-034129.

En résumé, les ESPN (ou compartiments) qui disposaient de dérogations aux réglementations antérieures à l'arrêté du 12 décembre 2005 sont suivis avec ces mêmes dispositions antérieures.

Cela se traduit pour le compartiment « circuit hélium » par une absence de vérifications réglementaires intérieures et extérieures ainsi que la non réalisation d'une épreuve hydraulique décennale.

Les performances des gestes réglementaires (GR) pour ce compartiment peuvent être résumées par l'utilisation du tableau suivant prenant en compte les éléments de base définis dans l'annexe 1 du courrier COR ARV 3SE INS 13-003.

Tableau anciennes dérogations 1

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR1 : dispense (§1) visite extérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP ($\alpha=2$)	PI1=0 PG1=0	PI2=0 PG2=0	PI3=0 PG3=0	PI4=0 PG4=0
GR2 : dispense (§1) visite intérieure des récipients 40 mois en IP, 120 mois en RP ($\alpha=2$)	PI1=0 PG1=0	PI2=0 PG2=0	PI3=0 PG3=0	PI4=0 PG4=0
GR3 : dispense (§2) d'épreuve hydraulique décennale 1,2PS des récipients ($\alpha=1$)	PI1=0 PG1=0	PI2=0 PG2=0	PI3=0 PG3=0	PI4=0 PG4=0
\sum PG Récipient selon A du 27 avril 1960	\sum PG1 _{GR} =0	\sum PG2 _{GR} =0	\sum PG3 _{GR} =0	\sum PG4 _{GR} =0

Ind. A

Ind. A

Pour les compartiments « circuit deutérium » et « circuit vide », l'ensemble des exigences réglementaires de l'annexe 5 et 6 s'applique.

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
\sum PG'' Récipient à IP à 40 mois et RP à 10 ans	\sum PG1'' _{GR} =10	\sum PG2'' _{GR} =10	\sum PG3'' _{GR} =12	\sum PG4'' _{GR} =12

En application des tableaux établis précédemment, les actions réglementaires identifiées comme ne pouvant pas être réalisées sur l'équipement considéré sont :

Compartiment « circuit deutérium » :

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

Compartiment « circuit hélium » :

- Aucune exigence réglementaire selon ancienne dérogation donc aucune identifiée comme ne pouvant pas l'être.

 NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR	Rapport RHF n° 500	Page : 46/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

Compartiment « circuit vide » :

- Vérification intérieure 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 « circuit hélium » et les « '' » indiqueront qu'il s'agit du compartiment « circuit vide »

* Compte tenu de la configuration « tank in tank » des compartiments, l'extérieur des compartiments « circuit deutérium » et « circuit hélium » forment une partie de l'intérieur du compartiment « circuit vide ».

C. Performances gestes compensatoires

1. Compartiment « circuit 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 est négative (volume isolé sur lui-même ou en pompage) et est surveillée en permanence par des jauges à vide de pré-alarme et trois jauges à vide d'alarme. Le niveau de vide et les alarmes sont reportés en salle de contrôle. De façon périodique, le gaz est analysé par spectrométrie de masse afin de rechercher la non présence de deutérium, marqueur 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 bar relatifs) est surveillée en permanence tandis que la pression externe est en vide primaire (sans pompage). Le volume est isolé par les vannes 919V11 et 919V12 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
\sum PG GC proposés	\sum PG _{1GC} =8	\sum PG _{2GC} =8	\sum PG _{3GC} =8	\sum PG _{4GC} =8

2. Compartiment « circuit hélium »

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 le réfrigérateur soit en marche ou à l'arrêt. Pour ce cas précis, la pression de l'espace externe est négative (volume isolé sur lui-même ou en pompage) et est surveillée en permanence par des jauges à vide de pré-alarme et trois jauges à vide d'alarme. Le niveau de vide et les alarmes sont reportés en salle de contrôle. De façon périodique, le gaz est analysé par spectrométrie de masse afin de rechercher la non présence d'hélium, marqueur d'une fuite éventuelle.

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
\sum PG GC proposés	\sum PG1'GC=4	\sum PG2'GC=4	\sum PG3'GC=4	\sum PG4'GC=4

3. Compartiment « circuit vide »

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'' : Test d'étanchéité par suivi de pression interne. Pendant toutes les phases de fonctionnement de la source froide et du réfrigérateur, la pression interne (vide) est surveillée en permanence. Le volume est isolé par les vannes 919V11, V12 et toute fuite de pression est décelée.

Tableau 2''

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GC1'' : Test d'étanchéité par suivi de pression interne	PI1=1 PG1=4	PI2=1 PG2=4	PI3=1 PG3=4	PI4=1 PG4=4
\sum PG GC proposés	\sum PG1'' _{GC=4}	\sum PG2'' _{GC=4}	\sum PG3'' _{GC=4}	\sum PG4'' _{GC=4}

D. Performances des dispositions préventives

1. Compartiment « circuit 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 : Maitrise 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). Lors des inter-cycles avec travaux sur la SFV nécessitant une vidange partielle ou totale du deutérium, le remplissage en deutérium est réalisé à partir de bouteilles de D2 pur analysées au maximum 15 jours avant le remplissage. Pendant le fonctionnement et en inter-cycles sans travaux sur la SFV, le circuit deutérium SFV dont fait partie le circuit deutérium du condenseur SFV 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 : Maitrise des caractéristiques chimiques du fluide externe. Le fluide extérieur au compartiment est le vide (ou un gaz inerte et pur dans le cadre d'une maintenance de courte durée). Une fois le compartiment « circuit vide », extérieur du compartiment « circuit deutérium », conditionné en vide (10^{-8} mbar) ou en azote, 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 (vide ou 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. Le compartiment « circuit deutérium » est entièrement contenu dans le compartiment « circuit vide ». La conception du compartiment « circuit vide » a pris en compte la rupture (fuite) du compartiment « circuit deutérium » d'un point de vue pression d'équilibre. L'aspect radioprotection est pris en compte par la retenue du produit.*

Ind. A

Tableau 3

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
DP1 : maîtrise des caractéristiques chimique du fluide interne	PG1=0	PG2=0	PG3=0	PG4=3
DP2 : maîtrise des caractéristiques chimique du fluide externe	PG1=0	PG2=0	PG3=3	PG4=0
DP3 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
\sum PG DP proposés	\sum PG1 _{DP=4}	\sum PG2 _{DP=4}	\sum PG3 _{DP=7}	\sum PG4 _{DP=7}

Ind. A

2. Compartiment « circuit hélium »

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'* : Environnement prenant en compte la rupture de l'équipement vis-à-vis des risques radioprotection et pression. Le compartiment « circuit hélium » est entièrement contenu dans le compartiment « circuit vide ». La conception du compartiment « circuit vide » a pris en compte la rupture (fuite) du compartiment « circuit hélium » d'un point de vue pression. Le risque radioprotection n'est pas présent dans ce compartiment.

Tableau 3'

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
<i>DP1'</i> : 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
\sum PG DP proposés	\sum PG1' _{DP=4}	\sum PG2' _{DP=4}	\sum PG3' _{DP=4}	\sum PG4' _{DP=4}

3. Compartiment « circuit vide »

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

Ind. A

- DP1'' : Maitrise des caractéristiques chimiques du fluide interne. *Le fluide intérieur au compartiment est le vide (ou un gaz inerte et pur dans le cadre d'une maintenance de courte durée). Une fois le compartiment conditionné en vide (10-8 mbar) ou en azote, 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 (vide ou 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'' : Retour d'expérience et étude d'expert (RHF n°519) montrant qu'aucun phénomène de dégradation non maîtrisée n'est à craindre. L'ensemble des boîtes froides des systèmes cryogéniques, particulièrement en acier inoxydable, présentent un retour d'expérience très bon.
- DP3'' : *Spécifications de conception/fabrication plus sévères que celles imposées par la réglementation. La PS pour ce compartiment est de 2,75 bar (bien qu'il soit utilisé sous vide : pression maximale en cas de fuite du compartiment « circuit deutérium »), or son dimensionnement est réalisé pour une pression exceptionnelle de 19 bar, conduisant à un surdimensionnement des épaisseurs et garantissant une robustesse supplémentaire par rapport aux exigences de la réglementation.*

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'' : <i>Spécifications de conception/fabrication plus sévères que réglementation</i>	PG1=1	PG2=1	PG3=1	PG4=1
\sum PG DP proposés	\sum PG1'' _{DP} =4	\sum PG2'' _{DP} =4	\sum PG3'' _{DP} =4	\sum PG4'' _{DP} =7

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 :

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

1. Compartiment « circuit deutérium »

a) Performances des dispositions retenues

Tableau 4

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

b) Performances des dispositions réglementaires diminuées des dispositions préventives

Tableau 5

Ind. A

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
GR (tableau 1'')	PG _{1GR} =10	PG _{2GR} =10	PG _{3GR} =12	PG _{4GR} =12
DP proposés (tableau 3)	PG _{1DP} =4	PG _{2DP} =4	PG _{3DP} =7	PG _{4DP} =7
$\sum PG_{GR} - \sum PG_{DP}$	PG ₁ =6	PG ₂ =6	PG ₃ =5	PG ₄ =5

c) Comparaisons des performances

Cette comparaison est faite par phénomène de dégradation :

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

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

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

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

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 « circuit hélium »

a) Performances des dispositions retenues

Conformément à l'ancienne dérogation, aucun geste réglementaire ne doit 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 proposés+GR réalisés)	PG1'=4	PG2'=4	PG3'=4	PG4'=4

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 _{GR} =0	PG2 _{GR} =0	PG3 _{GR} =0	PG4 _{GR} =0
DP proposés (tableau 3')	PG1 _{DP} =4	PG2 _{DP} =4	PG3 _{DP} =4	PG4 _{DP} =4
\sum PG _{GR} - \sum PG _{DP}	PG1'=-4	PG2'=-4	PG3'=-4	PG4'=-4

c) Comparaisons des performances

Cette comparaison est faite par phénomène de dégradation :

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

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

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

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

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

3. Compartiment « circuit vide »


a) Performances des dispositions retenues

Tel que décrit précédemment, le geste de vérification extérieure du compartiment « circuit vide » est réalisé en conformité avec les annexes 5 et 6.

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} =4	PG2'' _{GC} =4	PG3'' _{GC} =4	PG4'' _{GC} =4
\sum PG _(GC proposés+GR réalisés)	PG1''=10	PG2''=6	PG3''=12	PG4''=6

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'' _{GR} =10	PG2'' _{GR} =10	PG3'' _{GR} =12	PG4'' _{GR} =12
DP proposés (tableau 3'')	PG1'' _{DP} =4	PG2'' _{DP} =4	PG3'' _{DP} =4	PG4'' _{DP} =7
\sum PG _{GR} - \sum PG _{DP}	PG1''=6	PG2''=6	PG3''=8	PG4''=5

	Rapport RHF n° 500	Page : 57/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

c) Comparaisons des performances

Cette comparaison est faite par phénomène de dégradation :

Détection fissuration externe : $PG_{(GC \text{ proposés} + GR \text{ réalisés})} = 10 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 6$

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

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

Détection perte épaisseur interne : $PG_{(GC \text{ proposés} + GR \text{ réalisés})} = 6 \geq PG_{GR} - PG_{DP} = 5$

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

Conclusion niveau de sécurité

Ind. A | L'estimation de probabilité de défaillance obtenue pour *les trois compartiments de l'équipement « condenseur SFV »* est évaluée à un niveau « moyen ».

Le paragraphe 2.3.3 du courrier ASN CODEP-DEP-2013-034129 demande que l'exploitant justifie que la méthode est adaptée aux compartiments considérés 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 « circuit deutérium » est adaptée pour les raisons suivantes :

- Maitrise totale du process (fluide, pression, température, ...)
- Process inchangé depuis plus de 42 ans,
- Maitrise de l'environnement autour de l'équipement (dans piscine et hall réacteur) et du compartiment (vide),
- Faible circulation du gaz (gaz léger, environ 2 l/s max)
- Découplage du compartiment par rapport à l'extérieur (liaison flexible entrée et sortie),
- 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,

Ind. A

- Contraintes mécaniques très faibles pour les pressions d'utilisation permanentes (utilisation à 2 bars pour un compartiment calculé en situation normale à une pression de 6,5 bars) ,
- Retour d'expérience important sur la compatibilité *des aciers inoxydables austénitiques de type 304 (et les différentes variantes existantes, cf rapport RHF n°519)* avec le deutérium gaz et le tritium (installation de détritiation, installations du CEA Valduc,...)

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.

La méthode appliquée pour le compartiment « circuit hélium » est adaptée pour les raisons suivantes :

- Maitrise totale du process (fluide, pression, température, ...),
- Process inchangé depuis plus de 42 ans,
- Maitrise de l'environnement autour de l'équipement (dans piscine et hall réacteur) et du compartiment (vide),
- Faible circulation du gaz (gaz léger, environ 2 l/s max),
- Découplage du compartiment par rapport à l'extérieur (liaison flexible entrée et sortie),
- 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 entre 1,6 et 5,7 bars pour un compartiment calculé en situation normale à une pression de 6,75 bars)
- Retour d'expérience important sur la compatibilité de l'acier inox type 304L avec l'hélium.

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.

La méthode appliquée pour le compartiment « circuit vide » est adaptée pour les raisons suivantes :

- Maitrise totale du process (vide, température, ...),
- Process inchangé depuis plus de 42 ans,

Ind. A

- *Maitrise de l'environnement autour de l'équipement (dans piscine et hall réacteur) et du compartiment (eau déminéralisée de la piscine ou air ambiant traité du hall réacteur) et inspection extérieure annuelle,*
- *Compartiment sous vide,*
- *Températures de travail ambiantes excluant les problématiques de fluage,*
- *Acier inoxydable adapté à l'eau déminéralisée à température ambiante,*
- *Cyclages thermiques et pressions faibles et non significatifs,*
- *Contraintes mécaniques très faibles pour les pressions d'utilisation permanentes (utilisation sous vide pour un compartiment calculé en situation exceptionnelle à une pression intérieure de 19 bar),*

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.

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

- Inspection visuelle extérieure du récipient
- 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 condenseur SFV est envisagée dans le rapport de sureté 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 et surdimensionnement de l'enveloppe externe.

Le choix de la pression de tarage des accessoires de protection permet une limitation des conséquences de la défaillance du compartiment « circuit deutérium », puisqu'il permet le confinement du fluide en cas de fuite.

	Rapport RHF n° 500	Page : 60/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

A. Facteur conséquence sur les travailleurs

Trois cas peuvent être pris en considération :

- Défaillance du compartiment « circuit deutérium » : cette défaillance conduit à la sortie du deutérium dans le compartiment sous vide. Ce compartiment est testé 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 « circuit hélium » : cette défaillance conduit à la sortie de l'hélium dans le compartiment sous vide. Ce compartiment 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 (non 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 « circuit vide » : cette défaillance ne conduit pas à la sortie de matière radioactive dans le hall réacteur mais à l'entrée d'eau déminéralisée (ou d'air en cas de niveau piscine bas).

La défaillance ne conduit à aucun rejet de gaz dans un environnement avec présence humaine.

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

B. Facteur conséquence sur l'environnement

Dans le cas d'une fuite de deutérium liquide dans le compartiment « circuit vide », celui-ci va se vaporiser et selon le débit de fuite, conduire à une augmentation de pression dans le compartiment « circuit vide ». Si la pression dépasse la pression de tarage de l'accessoire de sécurité (peu probable), le fluide radioactif peut être rejeté par la ligne tarée en haut de la cheminée de rejet de 45m.

Cette situation a été prise en compte dans le nouveau rapport de sécurité et est décrite dans la fiche CF3.DE.2. Les conséquences du rejet sont classées en G2 dans l'hypothèse la plus pénalisante d'activité tritium. Ce rejet dépasse l'autorisation de l'arrêté rejet de l'INB et conduit sur la population des groupes de référence à une exposition $E < 0,1$ mSv/an.

 <p>NEUTRONS FOR SCIENCE DIVISION REACTEUR</p>	Rapport RHF n° 500	Page : 61/63
	TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »	Ind. A

Le niveau de conséquence sur l'environnement est faible.

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 « condenseur SFV »

Ind. A

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

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

Opérations d'exploitation, d'entretien et de surveillance

Le POES mis en œuvre, prend notamment en compte les éléments d'engagement pris dans le présent RHF 500. Pour rappel, les opérations particulières proposées sont :

- *Suivi permanent des paramètres physiques externes des compartiments « circuit deutérium » et « circuit hélium »,*
- *Test d'étanchéité par suivi de pression interne des compartiments « circuit deutérium » et « circuit vide »,*
- *Maîtrise des caractéristiques chimiques des fluides internes aux compartiments « circuit deutérium » et « circuit vide »,*
- *Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe au compartiment « circuit 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.*

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 ces 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 « circuit vide » correspondant à l'extérieur du récipient « condenseur SFV »,*
- *Une vérification des accessoires de sécurité associés.*

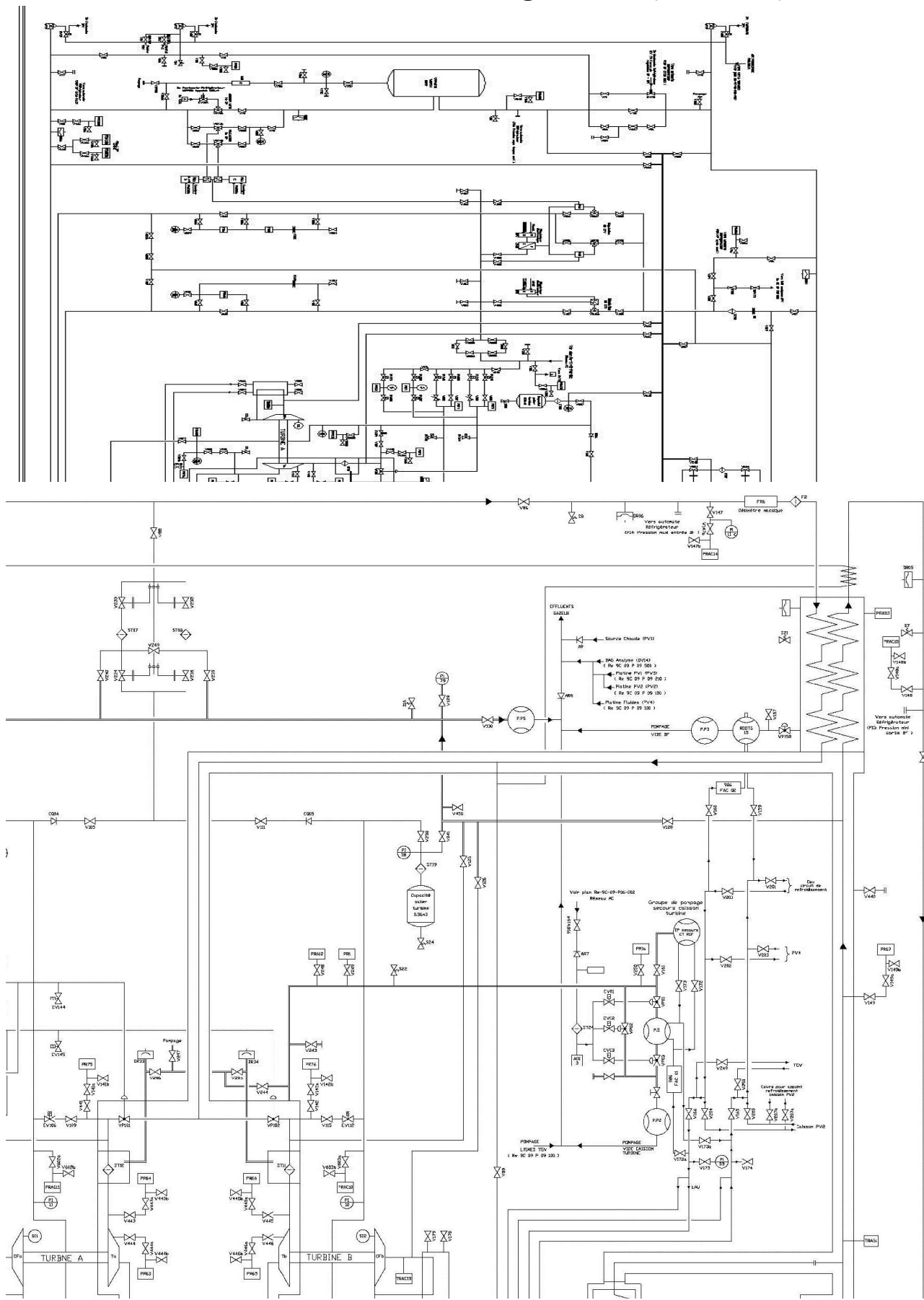
Requalifications périodiques sous la responsabilité d'un OHA.

Ind. A

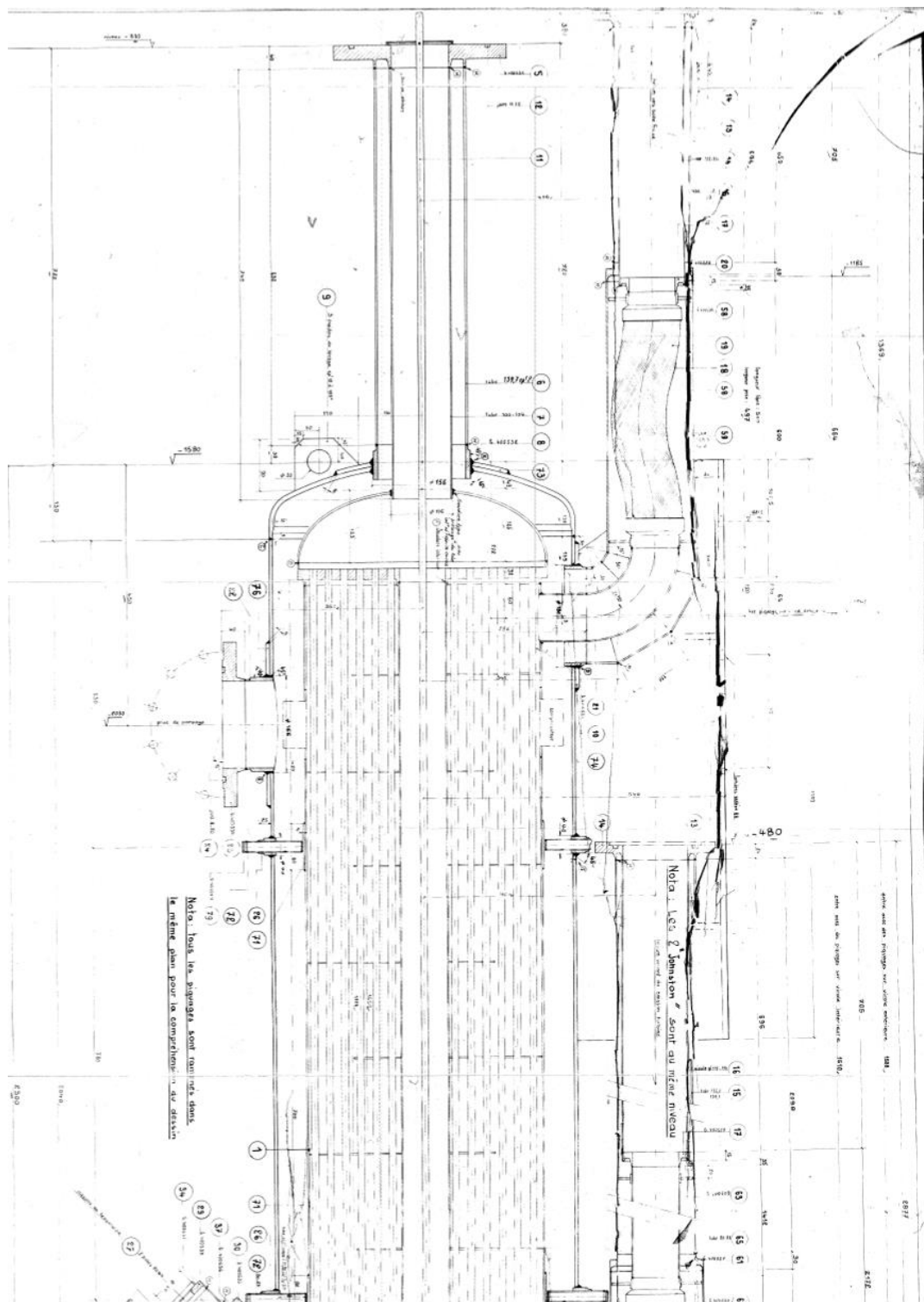
L'intervalle des requalifications périodiques concernant le récipient « condenseur SFV » multi-compartiments, ne contenant pas de fluide toxique ou corrosif pour les parois est fixé à 10 ans. La requalification périodique sera réalisée sous la responsabilité d'un OHA et comprendra entre autres, pour le récipient « condenseur SFV » considéré :

- *Une inspection visuelle extérieure du compartiment «circuit vide » correspondant à l'extérieur du récipient « condenseur SFV »,*
- *Une vérification des accessoires de sécurité associés,*
- *La vérification des éléments définis dans le présent document (RHF 500) concernant :*
 - *Demandes de dispenses de gestes réglementaires pour :*
 - *Vérifications internes tous les 40 mois,*
 - *Vérifications internes tous les 120 mois,*
 - *Epreuve hydraulique tous les 120 mois,*
 - *Respect des conditions particulières proposées en regard des dispenses ci-dessus :*
 - *Suivi permanent des paramètres physiques externes des compartiments « circuit deutérium » et « circuit hélium »,*
 - *Test d'étanchéité par suivi de pression interne des compartiments « circuit deutérium » et « circuit vide »,*
 - *Maîtrise des caractéristiques chimiques des fluides internes aux compartiments « circuit deutérium » et « circuit vide »,*
 - *Maîtrise des caractéristiques chimiques du fluide externe au compartiment « circuit 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,*
- *La vérification de l'adéquation et de l'existence du POES pour le récipient « condenseur SFV »,*
- *La vérification de la présence des éléments de preuve attendus par le présent document (RHF 500) et le POES dans le dossier d'exploitation.*

ANNEXE 2 - Schéma PID réfrigérateur (turbines)

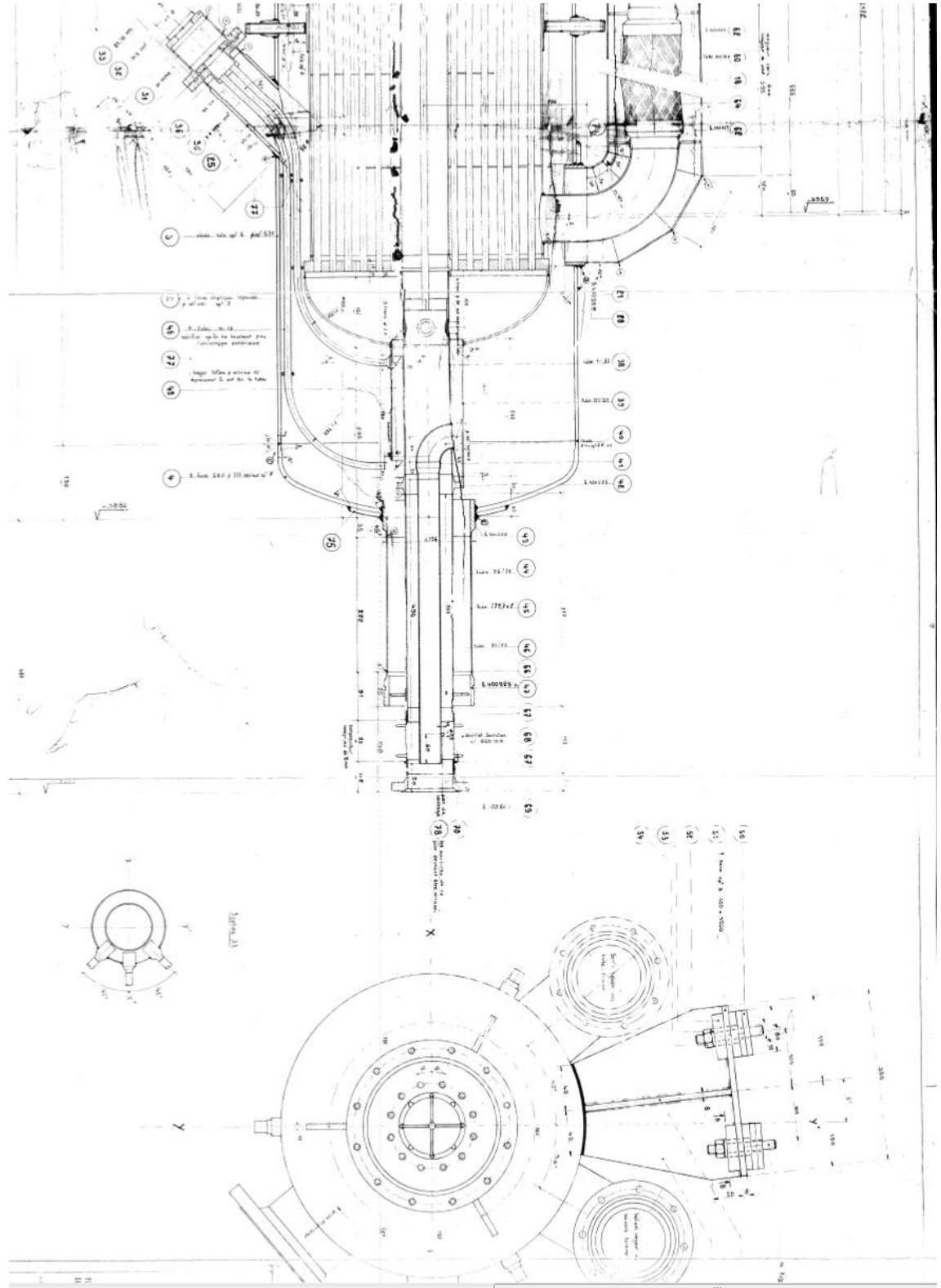


ANNEXE 3 – Plan ensemble condenseur SFV



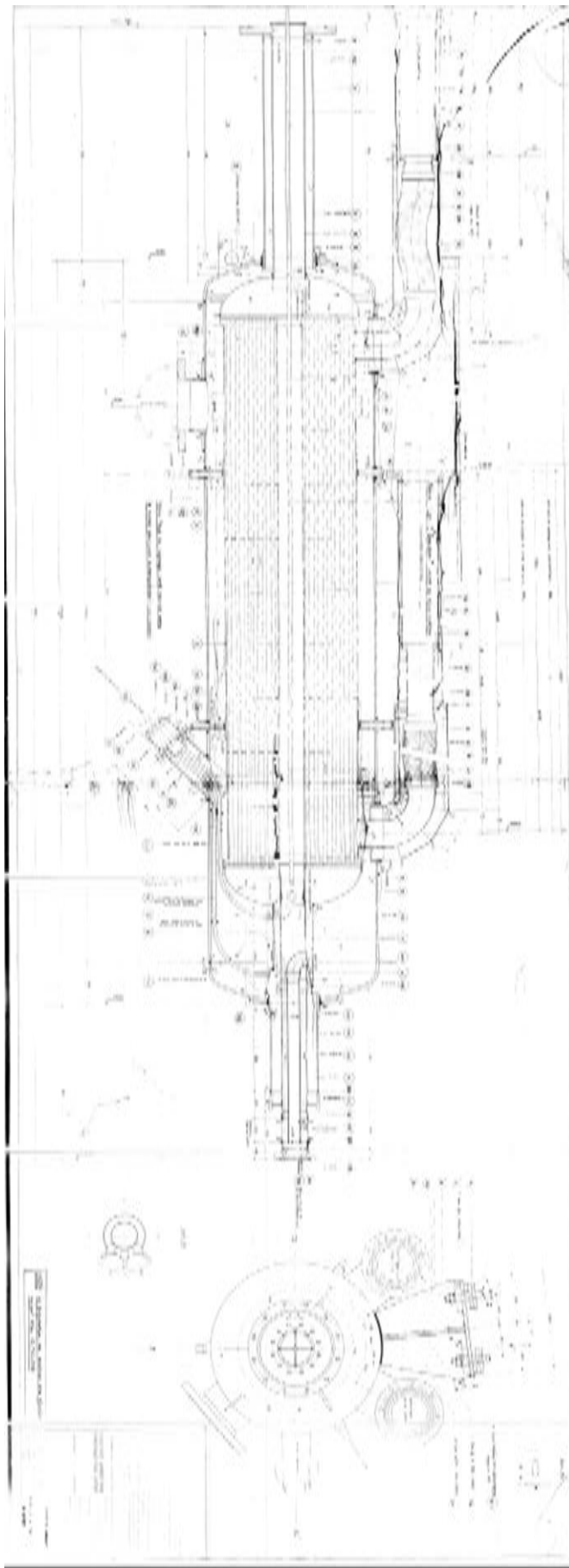
TITRE : DEFINITION DE CONDITIONS PARTICULIERES D'APPLICATION DU
TITRE III DU DECRET 99-1046 A L'EQUIPEMENT « CONDENSEUR SFV »

Ind. A



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

Ind. A



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

Ind. A

ANNEXE 4 – Certificat épreuve Mines (enceinte hélium)

Condenseur SFV
5

ARRONDISSEMENT
MINÉRALOGIQUE
DE LYON
DÉPARTEMENT
d de l'ISERE

CERTIFICAT D'ÉPREUVE
effectuée par application du décret du 18 Janvier 1943
(Appareils à pression de gaz)
ÉPREUVE OPÉRÉE LE 15 Janvier 71 dans la COMMUNE DE SASSENAGE

Etablissement où l'épreuve a été faite	CENTRE D'ETUDES CRYOGENIQUES 38 - SASSENAGE	Type de récipient	CAPACITE HELIUM POUR CONDENSEUR RHF Capacité en litres : 120 litres
Nom et domicile de la personne ayant demandé l'épreuve	Monsieur le Directeur du CENTRE D'ETUDES CRYOGENIQUES 38 - SASSENAGE	Etablissement auquel le récipient est affecté ou destiné	INSTITUT MAX VON LAUE/ PAUL LANGEVIN REACTEUR à HAUT FLUX

NOMBRE ET DÉSIGNATION des pièces éprouvées	HAUTEUR en mm	DIAMÈTRE en mm	ÉPAISSEUR en mm	NATURE du MÉTAL	OBSERVATIONS
1 Corps cylindrique n° CEC 466 constitué par :					Date ancienne épreuve :
1 virole roulée soudée	180	414	3	Inox	
1 virole " "	1130	414	3	Inox	Désignation du visiteur :
1 soufflet de compensation	120	488		Inox	MINOT GUY
2 fonds plats		436	18	Inox	
1 tube étiré sans soudure	1640	83	1,5	Inox	
492 tubes étirés sans soudure	1686	12	1	Inox	PJ -
9 intercalaires		407	2	Inox	1 certificat visite
2 piquages	90	83	1,5	Inox	1 état descriptif
					1 plan
					1 note de calcul
Année 1971					Soufflet autorisé par décision D.M.T n° 0383 du 12 juin 1964

Pression maximum en service	9 bar	Pression d'épreuve	13,5 bar
-----------------------------	-------	--------------------	----------

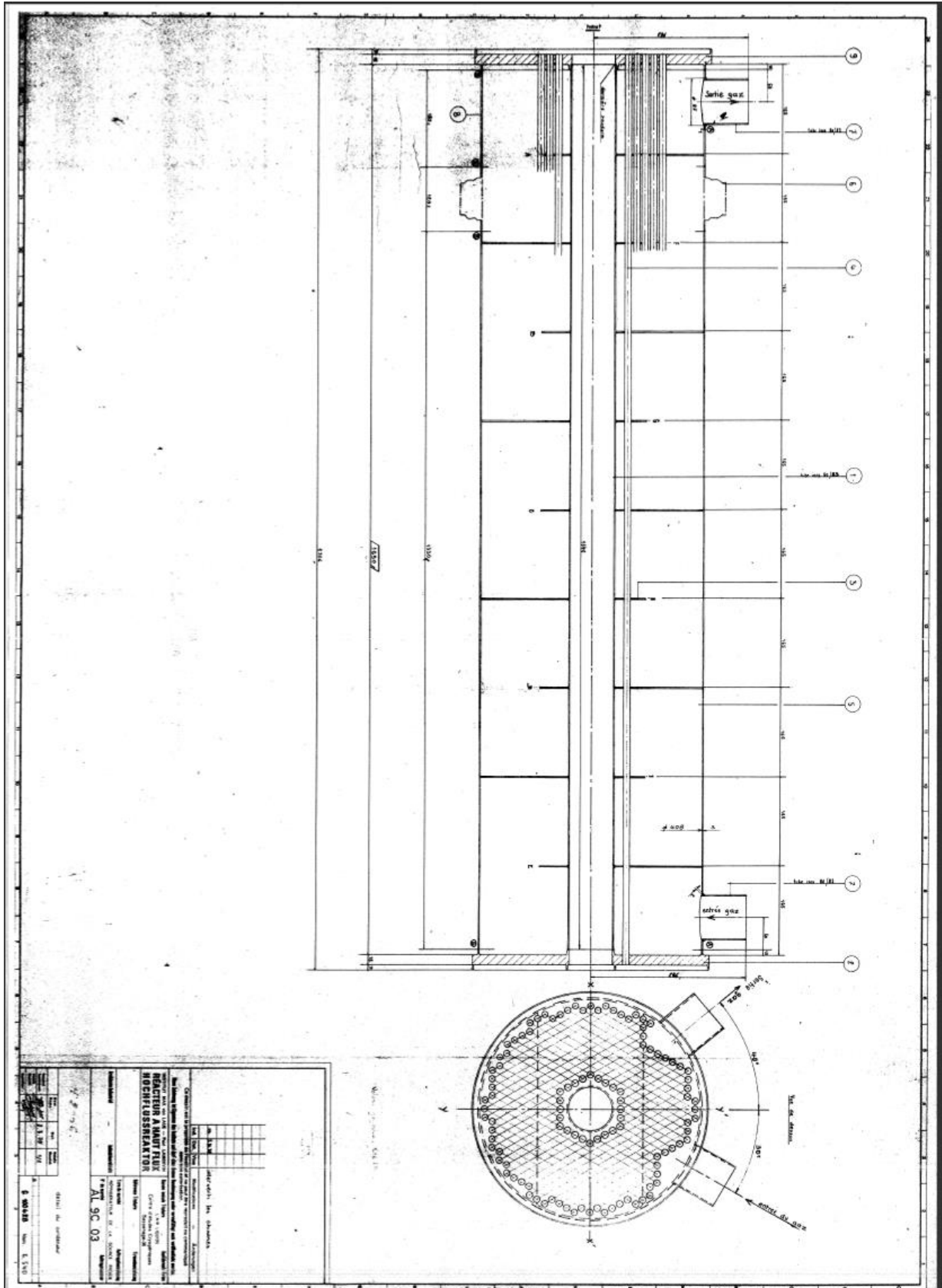
Circonstances de l'épreuve (N ou A)	NEUF	Nom et signature de l'ingénieur Subdivisionnaire ayant procédé à l'épreuve	<i>Deymon</i>
-------------------------------------	------	--	---------------

Vu et enregistré au registre A. P. G. sous le n° 2006
A Grenoble le 27. 1-1971
L'Ingénieur des Mines. *De*

GRENOBLE, le ...
L'Ingénieur en Chef des Mines,
Expert agréé par le Préfet.
L'Ingénieur I.P.E. (Mine)
Deymon

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

Ind. A



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

Ind. A

ANNEXE 5 – Certificat épreuve Mines (enceinte deutérium)

ARRONDISSEMENT MINÉRALOGIQUE DE LYON DÉPARTEMENT d'ISÈRE

CERTIFICAT D'ÉPREUVE
effectuée par application du décret du 18 Janvier 1943
(Appareils à pression de gaz)

ÉPREUVE opérée le 12.03.71 dans la commune de SASSENAGE

Établissement où l'épreuve a été faite : <u>CENTRE D'ETUDES CRYOGENIQUES 38 - SASSENAGE</u>	Type de récipient : <u>CAPACITE DEUTERIUM pour Condenseur RHF</u> Capacité en litres : <u>125 litres</u>
Nom et domicile de la personne ayant demandé l'épreuve : <u>Monsieur le Directeur du CENTRE D'ETUDES CRYOGENIQUES 38 - SASSENAGE</u>	Établissement auquel le récipient est affecté ou destiné : <u>INSTITUT MAX VON LAUE PAUL LANGEVIN REACTEUR A HAUT FLUX</u>

NOMBRE ET DÉSIGNATION des pièces éprouvées	LONGUEUR en mm	DIAMÈTRE en mm	ÉPAISSEUR en mm	MÉTAL	OBSERVATIONS
1 capacité n° CEC 466 constituée par					Date ancienne épreuve :
1 faisceau 492 tubes	1686	12	1	Inox	
2 plaques tubulaires	-	436	18	"	
2 domes d'extrémité	125	436	3	"	Désignation du visiteur : MINOT
1 tube 100/104	785	104	2	"	
1 tube 125/129	240	129	2	"	
1 tube 80/83	500	83	1,5	"	
1 pièce mécanique de liaison des tubes 80/83 et 125/129	-	129	35	"	Pièces jointes : 1 plan 1 certificat vérification 1 état descriptif feuilles de calcul
Année 1971					

Pression maximum en service : <u>6 Bar ± 5</u>	Pression d'épreuve : <u>9 Bar ± 75</u>
Circonstances de l'épreuve (N ou A) : <u>Neuf</u>	Nom et signature de l'ingénieur Subdivisionnaire ayant procédé à l'épreuve : <i>[Signature]</i>

Vu et enregistré au registre A. P. G. sous le n° 2541-
A *[Signature]* le 24.3.1971
L'Ingénieur des Mines.

Lyon, le
L'Ingénieur en Chef des Mines.
Expert agréé par le Préfet.
[Signature]

RECULE
-5 AVR 1971



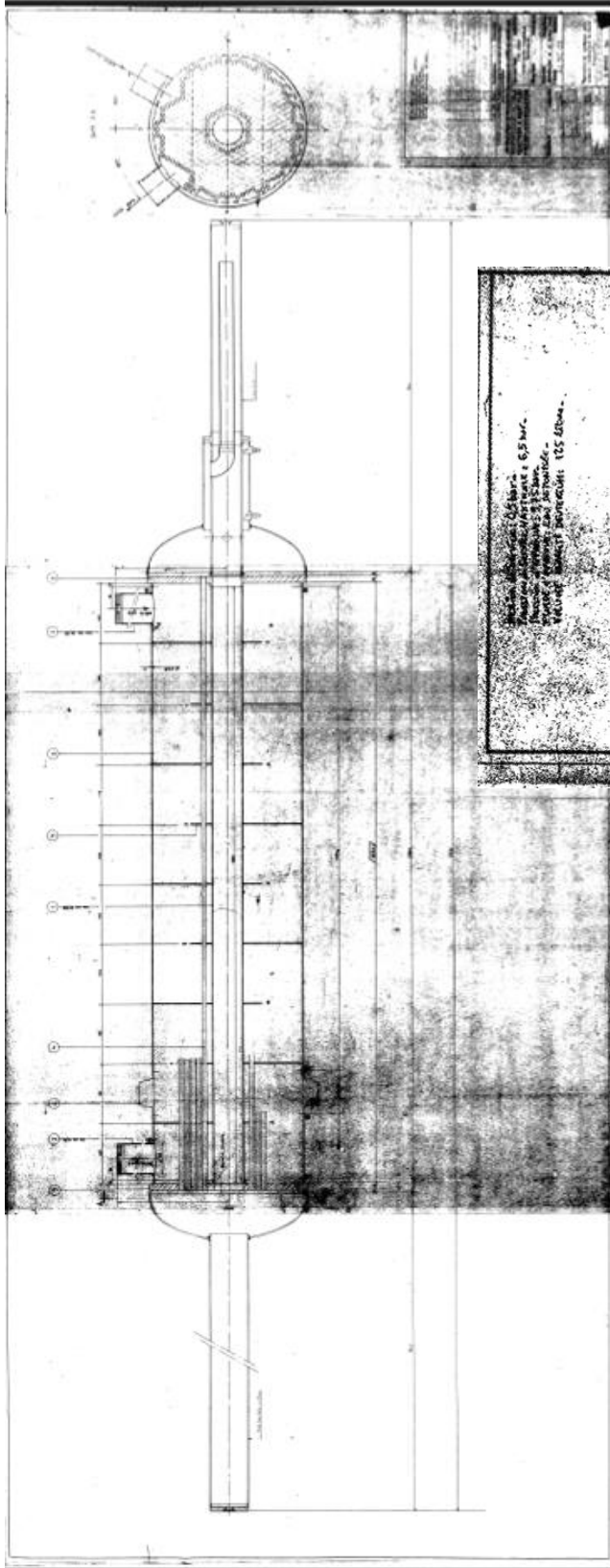
NEUTRONS
FOR SCIENCE
DIVISION REACTEUR

Rapport RHF n° 500

Annexe 5
Page : 2/2

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

Ind. A



REACTEUR A MOYEN FLUX
REACTEUR A MOYEN FLUX

AL9C 03

Reparation du condenseur pour
erreur hydraulique du circuit
D'autrefois.

8-40673

1	2	3
---	---	---