

**Entité Propriétaire** DT\_C\_CV

**Type doc** NT NOTE TECHNIQUE-DESCRIPTIF-NOTE DE CALCUL

**JUSTIFICATION DE LA DEMANDE D'AMENAGEMENT DES  
REGLES DE SUIVI EN SERVICE DU DECRET 2015-799 -  
EVAPORATEURS DE CONCENTRATION DE PRODUITS DE  
FISSION - EVAPORATEUR 2042-30 DE L'ATELIER HAPF**

Ce document contient des informations masquées dans l'objectif de garantir :

- la protection des installations
- le secret industriel.

L'ASN détient la version complète de la présente note.

FAGOT  
Christine

Signature numérique de  
FAGOT Christine  
DN : o=AREVA GROUP,  
2.5.4.45=1B01AFA114CB3  
0939CF27, cn=FAGOT  
Christine  
Date: 2018.07.03 16:25:47  
+0200

**Signataires :**

	<i>Nom</i>	<i>Entité</i>	<i>Visa</i>
Rédacteur	██████████	Orano Projets	29/06/2018
Vérificateur	██████████	DT_C	29/06/2018
Vérificateur	██████████	DT_C	29/06/2018
Approbateur	██████████	DOFC_LH_EXP	29/06/2018

*Les signatures électroniques portées ci-dessus sont garanties par la GEIDE*

## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>DOCUMENTS DE REFERENCE.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>OBJET .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>OBJET DE LA REVISION .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>SIGLES ET ABREVIATIONS .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DE L'EVAPORATEUR ESPN.....</b>	<b>9</b>
5.1	Principe de fonctionnement .....	9
5.2	Caractéristiques de fonctionnement du compartiment procédé.....	12
5.3	Caractéristiques de fonctionnement du compartiment caloporteur .....	12
<b>6</b>	<b>CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES .....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>EXIGENCES REGLEMENTAIRES.....</b>	<b>15</b>
7.1	Applicables lors de sa fabrication .....	15
7.2	Applicables à l'ESPN .....	16
7.2.1	Classement de l'équipement.....	16
7.2.2	Inspection périodique.....	16
7.2.3	Requalification périodique .....	17
7.2.4	Réparation/ modification notable d'un ESPN.....	18
<b>8</b>	<b>OBSTACLES A LA MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS REGLEMENTAIRES .....</b>	<b>20</b>
8.1	Environnement de l'ESPN .....	20
8.2	Accessibilité à l'équipement .....	21
8.3	Examen visuel.....	23
8.4	Mise en pression (épreuve hydraulique).....	24
8.4.1	Compartiment nucléaire.....	24
8.4.2	Compartiment sous pression.....	24





<b>9</b>	<b>ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE LA DEFAILLANCE .....</b>	<b>25</b>
<b>9.1</b>	<b>Détermination du facteur fabrication .....</b>	<b>25</b>
9.1.1	Dossier Descriptif.....	25
9.1.2	Matériau .....	26
9.1.3	Présentation du dossier de calcul.....	26
9.1.3.1	Note de calcul statique.....	27
9.1.3.1.1	Calcul initial .....	27
9.1.3.1.2	Calculs complémentaires pour la justification d'une épaisseur consommable plus importante .....	28
9.1.3.2	Calcul en fatigue .....	33
9.1.3.3	Calcul sous séisme.....	34
9.1.4	Niveau du facteur de fabrication de l'équipement .....	35
<b>9.2</b>	<b>Détermination du facteur état.....</b>	<b>36</b>
9.2.1	Mode de dégradation .....	37
9.2.2	Etat général par Examen visuel .....	37
9.2.3	Mesures d'épaisseur.....	42
9.2.3.1	Caractérisation théorique idéale .....	42
9.2.3.2	Caractérisation réelle.....	42
9.2.3.2.1	Mesure d'épaisseur sur l'enveloppe externe de l'équipement .....	42
9.2.3.2.2	Mesure d'épaisseur sous double enveloppe au droit de la ligne de sortie EF.....	45
9.2.3.2.3	Conservatismes et analyse des marges.....	46
9.2.3.2.3.1	Entrée EF (P42) et facteur d'extrapolation:.....	47
9.2.3.2.3.2	Application du facteur d'extrapolation à la sortie d'EF (P43):.....	48
9.2.4	Suivi de l'historique de fonctionnement .....	50
9.2.4.1	Suivi des cycles en fatigue .....	50
9.2.4.2	Suivi des températures de fonctionnement.....	50
9.2.4.3	Suivi de l'acidité des concentrats.....	51
9.2.4.4	Suivi du Fer dans les concentrats.....	51
9.2.5	Niveau du facteur état de l'équipement .....	52
<b>9.3</b>	<b>Détermination du facteur dégradation .....</b>	<b>52</b>
9.3.1	Sensibilité de l'équipement face aux dégradations potentielles.....	53
9.3.2	Corrosion uniforme et généralisée.....	56
9.3.2.1	Détermination de la probabilité d'apparition de la dégradation .....	56
9.3.2.1.1	Comportement du matériau face à la corrosion : données expérimentales .....	56
9.3.2.1.2	Comportement du matériau face à la corrosion : REX.....	59
9.3.2.1.3	Identification de la zone sensible vis-à-vis du mécanisme de corrosion .....	66
9.3.2.1.4	Hiérarchisation des zones sensibles et conclusion sur la ZIS .....	66
9.3.2.1.5	Probabilité d'apparition de la dégradation de type corrosion.....	67
9.3.2.2	Détermination de la maîtrise des conditions d'exploitation .....	67
9.3.2.3	Détermination de l'adéquation des inspections aux dégradations .....	68
9.3.2.4	Niveau du facteur de dégradation.....	69
9.3.3	Fatigue .....	69
9.3.3.1	Détermination de la probabilité d'apparition de la dégradation .....	69

9.3.3.2	Détermination de la maîtrise des conditions d'exploitation .....	70
9.3.3.3	Détermination de l'adéquation des inspections aux dégradations .....	70
9.3.3.3.1	Adéquation des inspections liées à la fatigue .....	70
9.3.3.4	Niveau du facteur de dégradation.....	71
9.3.4	Facteur Global de dégradation du niveau de sécurité de l'équipement .....	72
9.4	Détermination du niveau de sécurité de l'ESPN.....	72
<b>10</b>	<b>EVALUATION DES CONSEQUENCES DE LA DEFAILLANCE DE L'ESPN .....</b>	<b>73</b>
10.1	Retour d'expérience (REX).....	73
10.1.1	.....	73
10.1.2	.....	74
10.1.3	.....	74
10.2	Rappel des caractéristiques de l'ESPN .....	76
10.3	Conséquences sur le personnel.....	77
10.4	Conséquences sur l'environnement.....	79
<b>11</b>	<b>PERIMETRE DE LA DEMANDE D'AMENAGEMENT AUX REGLES DE SUIVI EN SERVICE.....</b>	<b>81</b>

## 1 DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] Décret n° 2015-799 du 1er juillet 2015 relatif aux produits et équipements à risques.
- [2] Arrêté du 12 décembre 2005 relatif aux Equipements Sous Pression Nucléaires.
- [3] CODEP – DEP – 2013 – 034129 : Conditions particulières d'application du Titre III du décret.
- [4] 2014-6992 ref. initiale AS 100807 00 0036 : Justification du classement de l'évaporateur 2042 – 30 de l'atelier HAPF en "ESPN de Niveau 2" selon l'arrêté du 12 décembre 2005.
- [5] Décret du 2 avril 1926 : Portant règlement sur les appareils à vapeur autres que ceux placés à bord des bateaux.
- [6] 2014-34911 (DER 1922 12 04 703) Dossier MINES de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier HAPF.
- [7] Décret 99.1046 du 13 décembre 1999 relatif aux Equipements Sous Pression.
- [8] Arrêté du 21 décembre 1999 Relatif à la classification et à l'évaluation de conformité des équipements sous pression.
- [9] Arrêté du 15 Mars 2000 : relatif à l'exploitation des équipements sous pression.
- [10] Arrêté du 30 décembre 2015 relatif aux Equipements Sous Pression Nucléaires.
- [11] Fiche COLEN n°24 : Vérification intérieure des équipements.
- [12] CODEP – DEP – 2013 – 066339 : Transmission de dossiers de demandes d'octroi de conditions particulières d'application du titre III du décret 99.1046 à des équipements sous pression nucléaires.
- [13] 2017- 68698 RAPPPORT APAVE CONTROLE INSPECTION VISUELLE DE L'EVAPORATEUR 2042-30 DU 09/10/2017.
- [14] 2017-69703 : Fiche de contrôle test en pression évaporateur 2042-30 en date du 20/12/2016 (OT31128228).
- [15] 2014-11287 (NT 100807 12 0088) : Dossier Descriptif de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier HAPF.
- [16] 1987-38823 HAPF Note de calcul des évaporateurs 2042-10/20 et 30en [REDACTED] (NT 81/12 CREUSOT-LOIRE).

- [17] 2018-18966 - Evaporateur NCP1 – PF 2042-10/20/30.
- [18] 2018-22322 : Evaporateur NCP1 – PF 2042 – 10/20/30 \_ Vérification de la tenue de l'évaporateur au spectre de dimensionnement d'origine \_ Configuration [REDACTED] dans la double enveloppe.
- [19] NT 101620 12 0003 : évaporateur HAPF 2042-10/20/30 - tenue en fatigue.
- [20] TM ARV 3SE INS 16-002 R0 . Guide technique Définition des aléas sismiques du site de La Hague.
- [21] 2015-11948 Examen Conformité et Vieillessement - prestation de mesures d'épaisseurs par ultrasons sur l'évaporateur HAPF 2042-30 - cellule [REDACTED] - contrôles des 11 et 12 décembre 2014.
- [22] 2018-6280 Examen Conformité et Vieillessement - prestation de mesures d'épaisseurs par ultrasons sur l'évaporateur HAPF 2042-30 - cellule [REDACTED] - contrôles des 10 et 13 octobre 2017.
- [23] 2018-8105 Examen Conformité et Vieillessement - prestation de mesures d'épaisseurs par ultrasons sur l'évaporateur HAPF 2042-30 - cellule [REDACTED] - contrôles des 14/15 et 16 novembre 2017.
- [24] 2018-3566 Examen Conformité et Vieillessement - prestation de mesures d'épaisseurs par ultrasons sur l'évaporateur HAPF 2042-10 - cellule [REDACTED] - contrôles au droit de la ligne EF 515.
- [25] 2015-39411 : IRSN FAR - Fiches réponses UP3-A/UP2-800 corrosion des évaporateurs 4120 des ateliers R2-T2..
- [26] 2015-67523 : Mesures d'épaisseur résiduelles des évaporateurs CPF de l'unité 4120 des ateliers R2 et T2..
- [27] 2016-58533 : critères opérationnels d'arrêt et de redémarrage des évaporateurs concentrateurs de solutions de produits de fission 4120 des installations nucléaires de base N°116 et 117 exploitées par AREVA NC dans l'établissement de la Hague..
- [28] 2017- 21986 : Comptage des cycles de fatigue de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier HAPF.
- [29] 2014-81452 - Contrôle CND sur l'évaporateur 2042-10 de l'atelier NCP1.
- [30] 2015-11947 - Examen de conformité et vieillissement zone 4 prestation de mesures d'épaisseurs par ultrasons sur équipement cellule [REDACTED] de l'atelier NCP1 - Evaporateur 2042-10.
- [31] 2017-60101 - Examen de conformité et vieillissement zone 4 prestation de mesures d'épaisseurs par ultrasons sur l'évaporateur 2042-10 de l'atelier HAPF.
- [32] 2017-68503 Examen Conformité et Vieillessement - prestation de mesures d'épaisseurs par ultrasons sur l'évaporateur HAPF 2042-10 - cellule [REDACTED] - contrôles des 04/05/06/16/17/18/19 et 20 octobre 2017.
- [33] 2015-11949 Examen Conformité et Vieillessement - prestation de mesures d'épaisseurs par ultrasons sur

l'évaporateur HAPF 2042-20 - cellule [REDACTED] - contrôles du 17 au 19 décembre 2014.

- [34] 2017-31800 Examen Conformité et Vieillessement - prestation de mesures d'épaisseurs par ultrasons sur l'évaporateur HAPF 2042-20 - cellule [REDACTED] - contrôle du 12 au 13 avril 2017.
- [35] 2013-43561 : Programme des Opérations d'Entretien et de Surveillance (POES) – Evaporateur 2042-30 de l'Atelier HAPF.
- [36] Courrier COR ARV 3SE INS 13-003 : Guide inter-exploitant des conditions particulières d'application du Titre III du décret 99.1046 aux équipements relevant des annexes 5 et 6 de l'arrêté du 12 décembre 2005.



## 2 OBJET

Les Équipements Sous Pression Nucléaires (ESPN) sont soumis aux dispositions de suivi en service du décret [1], précisées dans l'arrêté [2] dans son Titre III et dans ses annexes 5 et 6.

De ce fait, l'évaporateur de concentration 2042 – 30 de l'atelier NCP1 est soumis à ces dispositions réglementaires de suivi en service.

L'accessibilité à l'ESPN étant difficile du fait de son implantation et de l'ambiance radiologique, la totalité des gestes réglementaires n'est pas réalisable sur cet ESPN. Il doit ainsi, faire l'objet d'une demande d'aménagement des règles de suivi en service pour l'ensemble des compartiments de l'ESPN, conformément au guide [3].

Par ailleurs, les épaisseurs qui viennent d'être mesurées dans le cadre de la préparation du présent document sont en deçà des épaisseurs minimales de calcul définies à la conception. Afin de garantir un maintien du niveau de sécurité de l'équipement équivalent à celui de la conception, il convient d'abaisser la PS et la TS de l'équipement afin de retrouver de nouvelles marges de fonctionnement. Cette modification est une modification notable conformément au guide AQUAP 2010/01 et au guide professionnel de classification inter-exploitant des modifications et réparations des ESPN soumis à l'annexe 5 de l'arrêté [2].

Lors de l'instruction de la modification notable de baisse de PS et de la TS à venir (passage de [REDACTED] à [REDACTED] et de [REDACTED] à [REDACTED]), l'OHA mandaté devra procéder à une vérification finale consistant notamment à un visuel complet de l'équipement et à une épreuve à pleine surcharge appliquée à l'origine. Toutefois, pour les raisons qui ont été évoquées ci-dessus, cette vérification ne pourra se faire conformément au 4.2 de l'annexe 5 de l'arrêté [2].

En conséquence, l'impossibilité de réaliser la totalité des gestes réglementaires en raison de l'accessibilité difficile de l'ESPN 2042-30 de l'atelier NCP1, motive notre demande d'aménagement des dispositions des points 3 et 4.2 de l'annexe 5 ainsi que de l'annexe 6 de l'arrêté [2].

Le présent document, à l'appui de notre demande comprend :

- La description de l'équipement et les justifications pour solliciter des modalités particulières de suivi en service
- L'analyse des différents facteurs impactant la probabilité de défaillance de l'équipement et notamment l'analyse des données disponibles concernant sa fabrication, son état et sa sensibilité aux dégradations
- La démonstration que les mesures compensatoires envisagées en remplacement de tout ou partie de certaines actions réglementaires, permettent de garantir que le niveau de sécurité de l'équipement sera au moins équivalent à celui qui serait établi par la réalisation complète des exigences réglementaires,
- La présentation d'informations relatives aux conséquences potentielles de la défaillance
- Le périmètre de la demande d'aménagement des règles de suivi en service du décret 2015-799 [1]



### 3 OBJET DE LA REVISION

[REDACTED]

### 4 SIGLES ET ABREVIATIONS

ACC	Atelier de Compactage des Coques
CND	Contrôles Non Destructifs
CRP	Contrôle de RadioProtection
DED	Débit d'Equivalent de Dose
DEX	Dossier d'Exploitation
DNF	Dernier Niveau de Filtration
EES	Exigence Essentielle de Sécurité
EF	Eau Surchauffée
ERP	Exigence essentielle de RadioProtection
EIP	Equipement Important pour la Protection
ESP	Equipements Sous Pression
ESPN	Equipements Sous Pression Nucléaire
GRC	Grand Rayon de Courbure
HAPF	Atelier Haute Activité Produits de Fission
INB	Installation Nucléaire de Base
MA	Moyenne Activité
MAU	Atelier Moyenne Activité Uranium
OHA	Organisme Habilité Agréé au titre de l'arrêté « ESPN » du 30/12/2015 par l'ASN
POES	Programme d'Opération, d'Entretien et de Surveillance
PF	Produits de Fission
PS	Pression Maximale Admissible
TS	Température Maximale Admissible
RPS	Rapport Provisoire de Sûreté
SPF	Stockage Produit de Fission
STE3	Station de Traitement des Effluents 3
VT	Visual Testing

## 5 DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DE L'EVAPORATEUR ESPN

### 5.1 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement et les caractéristiques des flux traités dans l'évaporateur sont présentés dans l'analyse de sûreté de justification de classement en niveau de l'ESPN [4].

On distingue 4 périodes de fonctionnement des évaporateurs NCP1 :

- 1986 – 1997 : Concentration des solutions de PF (raffinats du 1er cycle), des concentrats des évaporateurs 245-20 et 245-200 et des raffinats du 2ème cycle de MAU
- 1998 – 2001 : Concentration des effluents à recycler de STE3 (effluents MA d'UP2-400 et UP2-800, dont les raffinats du 2ème cycle de MAU). Traitement des concentrats issus de l'évaporateur 245-200 (lavage des gaz des cuves SPF).
- 2002 – 2017 : Concentration des effluents à recycler de STE3 mais sans les raffinats du 2ème cycle de MAU (arrêt d'UP2-400) et avec les effluents d'ACC. Traitements des concentrats issus de l'évaporateur 245-200 (lavage des gaz des cuves SPF).

Des effluents de R7 ont également été concentrés, [REDACTED]

- De mi-2004 à mi-2008, jusqu'à la mise en service de la liaison R7-R2,
- Depuis avril 2014.

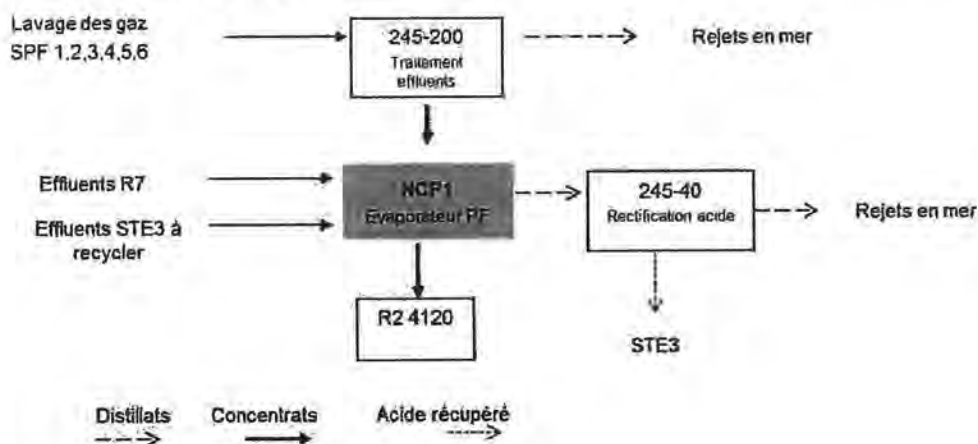


Figure 1 - Schéma de fonctionnement actuel des évaporateurs 2042-10/20/30 de l'atelier NCP1

L'évaporateur est constitué de quatre compartiments indissociables (Figure 2) :

- un compartiment procédé en dépression contenant des effluents à concentrer dont l'activité est supérieure à 370 GBq,
- trois compartiments sous pression (demi-coquilles de chauffe) soudés extérieurement sur la virole ou le fond du compartiment procédé et contenant le fluide caloporteur (EF : eau surchauffée) sans activité radiologique :
  - une demi-coquille latérale supérieure [REDACTED],
  - une demi-coquille latérale inférieure [REDACTED],
  - une demi-coquille en fond d'évaporateur [REDACTED].

Pour rappel et à titre indicatif l'évaporateur est à ce jour un EIP de rang 2.

Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

### Evaporateur 2042-30 atelier HAPF

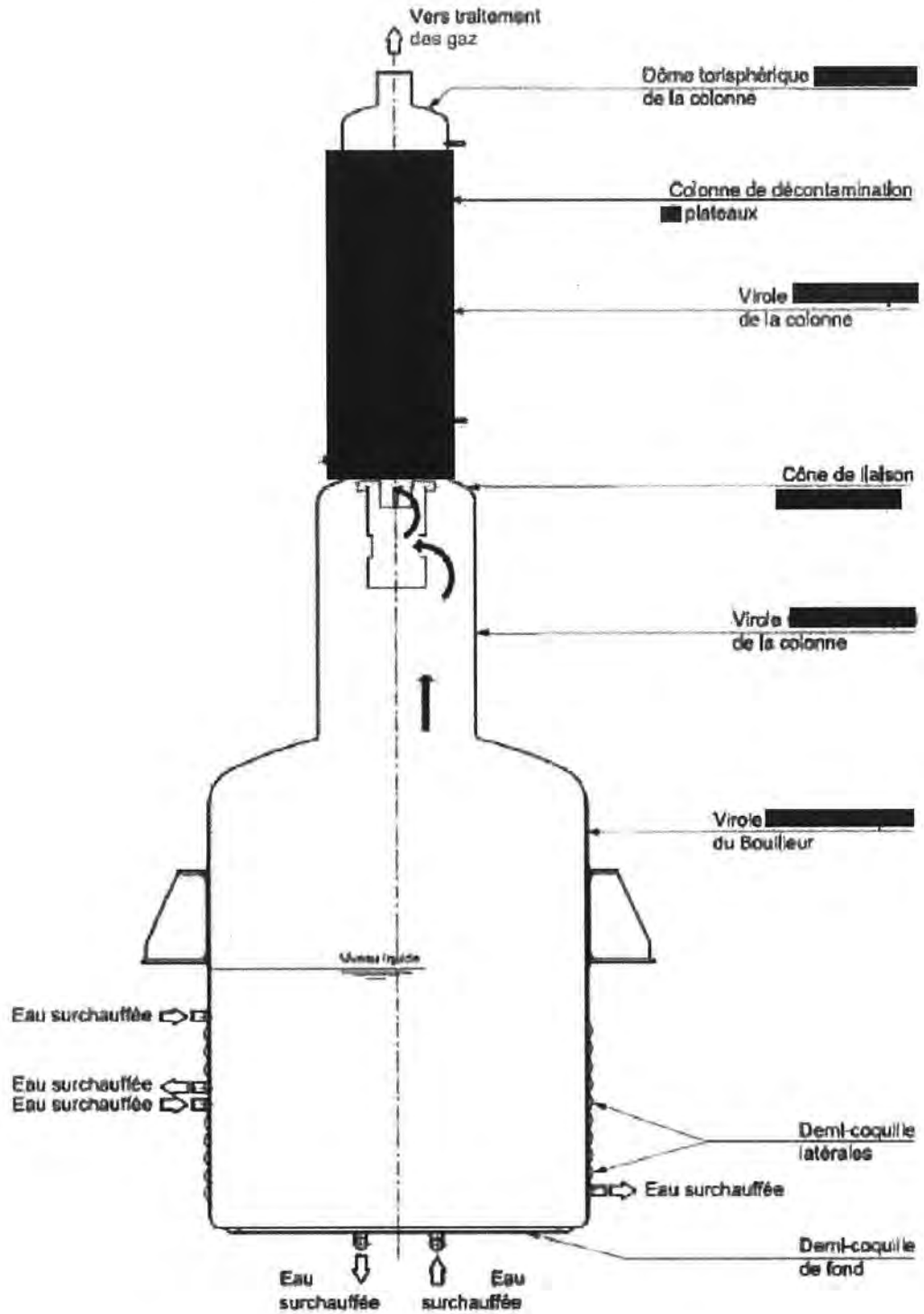


Figure 2 - Schéma de l'évaporateur 2042 – 30 de l'atelier NCP1

Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

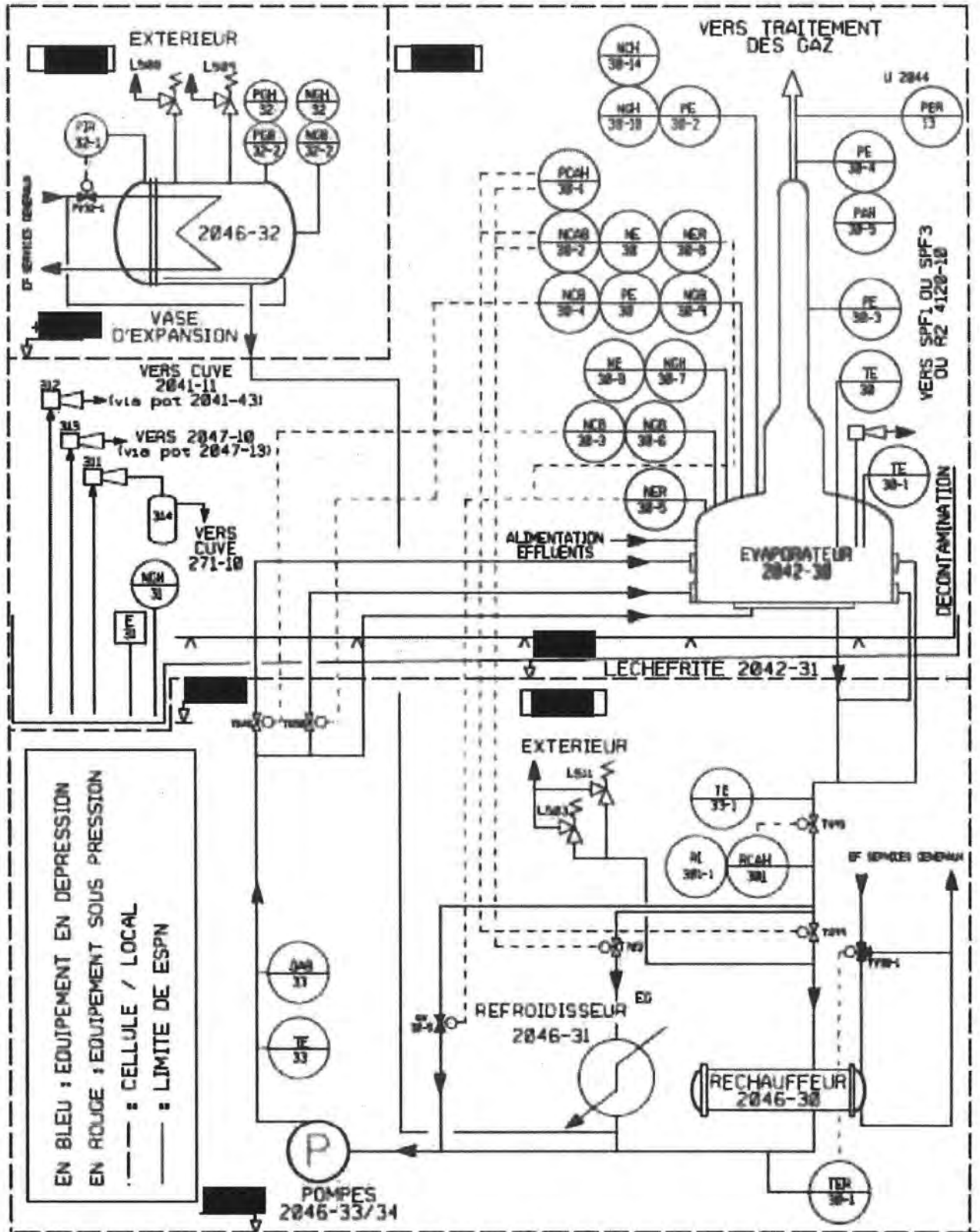


Figure 3 - Schéma de principe de l'évaporateur 2042-30 et son circuit caloporteur 2046

## 5.2 Caractéristiques de fonctionnement du compartiment procédé

Données	Unité(s)	Compartiment procédé
Fluide		Effluents STE3, R7 ou MAD/DEM
Pression minimale / maximale de service	bar relatif	██████████
Température Maximale de service	°C	████
Volume Utile (*)	L	██████████

(\*) Volume retenu pour le classement en niveau de l'ESPN

## 5.3 Caractéristiques de fonctionnement du compartiment caloporteur

Données	Unité(s)	Compartiment caloporteur (½ coquilles)
Fluide		Eau refroidissement / Eau surchauffée
Pression Maximale admissible	bar relatif	██████████(**)
Température Maximale admissible	°C	██████████(**)
Volume Utile ½ Coquilles (*)	L	████
Volume ½ coquille latérale supérieure	L	████
Volume ½ coquille latérale inférieure	L	████
Volume ½ coquille fond du bouilleur	L	████

(\*) Volume retenu pour le classement en catégorie de l'ESPN

(\*\*) Nouvelle PS et nouvelle TS visées après modification notable

## 6 CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES

L'évaporateur 30 de l'unité 2042 de l'atelier NCP1 de l'INB 33 est constitué :

- o d'une colonne de décontamination à plateaux à calottes,
- o d'un cyclone dit « casse-mousses » en bas de colonne de décontamination,
- o d'un bouilleur (ou pot).

Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- o hauteur totale : [REDACTED]
- o hauteur de la colonne : [REDACTED]
- o hauteur du bouilleur (virole) : [REDACTED]
- o diamètre : voir Schéma ci-dessous

Le matériau constitutif de l'évaporateur 2042-30 est [REDACTED] (Désignation [REDACTED]), de désignation normée [REDACTED] selon NF A 35-584 (norme applicable à la construction).

Les épaisseurs nominales de fabrication des différents composants pour tous les évaporateurs 2042 de NCP1 sont (Figure 4 ci-dessous) :

- o Demi-coquille : [REDACTED] mm
- o Colonne : [REDACTED] mm (orange)
- o Réduction : [REDACTED] mm (vert)
- o Bouilleur : [REDACTED] mm : Fond supérieur (bleu)  
[REDACTED] mm : Virole (rouge)  
[REDACTED] mm : Fond plat inférieur (violet)



Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

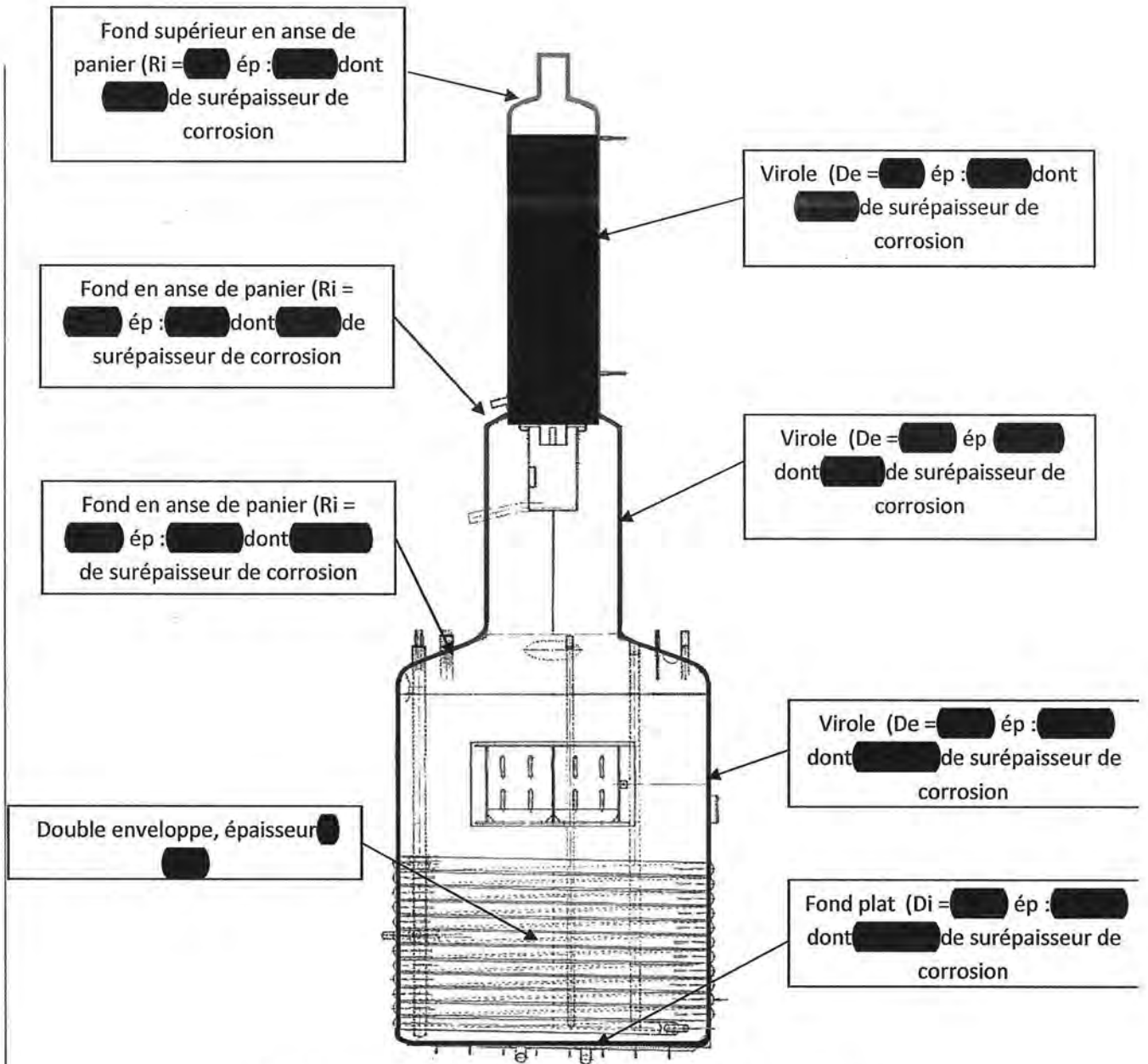


Figure 4 - Epaisseurs nominales de fabrication des tôles des évaporateurs

## 7 EXIGENCES REGLEMENTAIRES

### 7.1 Applicables lors de sa fabrication

Les compartiments de chauffe de la virole latérale soumis au décret du 2 avril 1926 [5] [6] « portant règlement sur les appareils à vapeur autres que ceux placés à bord des bateaux » sont conformes aux exigences de ce décret tant pour leur conception, leur fabrication que pour leur mise en service.

L'évaporateur 2042-30 a été conçu, fabriqué (*épreuve initiale le 30/06/1982 à 36 bars pour le circuit de fond et 48 bars pour les 2 circuits latéraux- Voir DER 1922 1204 803*) et mis en service avant l'évolution réglementaire de 1999 / 2000 (Décret 99.1046 du 13 décembre 1999 [7], Arrêté du 21 décembre 1999 [8] et Arrêté du 15/03/2000 [9]).

Il a été accordé un régime dérogatoire vis-à-vis du décret du 02/04/1926 [5] pour le suivi en exploitation **des doubles enveloppes latérales** (volume > 100L) compte tenu

- o de la conception entièrement soudée sans partie démontable
- o de la difficulté d'accéder à son contact périodiquement, sans entreprendre des actions complexes de rinçage / décontamination avec un risque résiduel important pour le personnel intervenant (exposition / non mise en sécurité des personnes, ...).

L'accord pour dérogation a été donné par décision DM-T/P en référence n°24593 (réf GEIDE 1991-67652) du 02/05/91 (transmis par lettre DRIRE JPR.RD 91-148 du 31 mai 1991).

La dérogation a ainsi été obtenue avant l'évolution réglementaire introduite par le décret du 13/12/99 [7] et l'arrêté du 15/03/2000 [9] révisé 2005.

La décision comportait une dérogation totale pour la visite interne et externe de l'équipement et une épreuve hydraulique à 1,2 fois la PS tous les 18 mois.

Le document qui présente les modalités et le détail de la dérogation est la note 300 AQ 14 (réf GEIDE 1996-75307). Le suivi en exploitation décrit pour les évaporateurs 2042-10/20/30 dans le cadre des anciennes dérogations ESP est le suivant :

- Suivi analytique de la boucle caloporteur :
  - o Analyse du fer dans l'EF
  - o Analyse du pH et PO4 sur EF (contrôle du tamponnage)
  - o Analyse radiologique
- Suivi maintenance côté boucle caloporteur :
  - o Pression garde basse et niveau garde bas sur le pressuriseur
  - o Compteur gamma
  - o Température échangeur boucle EF
  - o Tarage soupape
  - o Test étanchéité à 1,2 PS ts les 18 mois

- Suivi maintenance côté procédé :
  - Alarme haute de la pression (maintien en dépression)
  - Niveau garde haute lèchefrite

Le suivi analytique et le suivi maintenance est commun au suivi en service ESP du pressuriseur de la boucle de chauffe de l'évaporateur auquel il est dédié.

Dans le cadre de la réglementation ESPN, le suivi analytique (hormis le suivi radiologique) ici décrit n'est pas maintenu car il a été mis en place pour répondre à la problématique corrosion des lignes en aciers noirs du circuit caloporteur et ne concerne ni l'ESPN en [REDACTED] ni les lignes de chauffe en [REDACTED] présentes en zone 900.

## 7.2 Applicables à l'ESPN

### 7.2.1 Classement de l'équipement

L'évaporateur 2042-30 de l'Atelier NCP1 relève du classement N2 et de catégorie IV selon les exigences de l'arrêté [10].

Le fluide caloporteur (eau surchauffée) appartient aux fluides de Groupe 2.

D'après les annexes 5 et 6 de l'arrêté [2], si l'équipement est un récipient de catégorie I à IV et de niveau N1 ou de catégorie II à IV et de niveau N2 ou N3 contenant un fluide autre qu'un liquide dont la pression de vapeur, à la température maximale admissible, est supérieure ou égale à 0,5 bar au-dessus de la pression atmosphérique normale alors cet équipement est soumis à l'inspection périodique et à la requalification périodique.

L'évaporateur 2042-30 de l'Atelier NCP1 est donc soumis à l'inspection périodique et à la requalification périodique.

### 7.2.2 Inspection périodique

En application de l'annexe 5 de l'arrêté [2], l'inspection périodique doit comprendre une vérification extérieure et intérieure de l'équipement ainsi qu'une vérification extérieure des accessoires de sécurité installés sur l'équipement.

D'après l'annexe 5 de l'arrêté [2], la vérification extérieure et intérieure de l'équipement porte sur toutes les parties visibles après exécution de toutes les mises à nu et démontage de tous les éléments amovibles.

De ce fait, comme l'explique l'annexe 3 du courrier [3], si, par conception, il n'existe aucune partie visible après exécution de toutes les mises à nu et démontage de tous les éléments amovibles, la vérification visuelle porte sur un ensemble de parties vides.

L'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1 est composé de trois compartiments sous pression entièrement soudés par conception et qui n'ont pas d'orifice de visite (demi-coquilles latérales et en fond de bouilleur). Ainsi la vérification visuelle intérieure du compartiment sous pression porte sur un ensemble de parties vides.

La fiche COLEN n°24 [11] précise tout de même que « pour un équipement qui, par conception, ne présenterait aucune partie interne visible après exécution de toutes les mises à nu et démontage de tous les éléments amovibles, l'absence de vérification intérieure doit être prise en compte :

- par l'exploitant qui définira dans le programme des opérations d'entretien et de surveillance les modalités de contrôle adaptées aux modes de dégradation redoutés,
- par l'organisme indépendant habilité et accepté qui réalise ou fait réaliser lors de la requalification périodique de l'équipement tout examen ou essai complémentaire jugé utile. »

En application de l'annexe 5 de l'arrêté [2], l'intervalle entre deux inspections périodiques ne peut dépasser 40 mois.

### 7.2.3 Requalification périodique

En application de l'annexe 6 de l'arrêté [2], la requalification périodique d'un équipement comprend les opérations suivantes :

- une inspection de requalification périodique,
- une épreuve hydraulique (ou une épreuve de résistance),
- la vérification des accessoires de sécurité qui le protègent.

L'inspection de requalification périodique comprend :

- une vérification intérieure et une vérification extérieure de l'équipement, y compris des assemblages permanents réalisés sur l'équipement et des accessoires sous pression installés sur l'équipement,
- une vérification de l'existence et de l'adéquation du dossier descriptif, de la notice d'instruction et du dossier d'exploitation,
- tout examen ou essai complémentaire jugé utile par l'organisme ou le service d'inspection reconnu.

Elle porte sur toutes les parties visibles après exécution de toutes les mises à nu et démontage de tous les éléments amovibles.

L'épreuve est réalisée au vu des résultats favorables de l'inspection. Elle consiste à maintenir l'équipement à une pression égale à 120 % de la pression maximale admissible PS.



Dans le cas d'un équipement multi-compartimenté, l'épreuve hydraulique s'applique à tous les compartiments dont la pression maximale admissible est supérieure à 0,5 bar relatif. En effet, aucune épreuve hydraulique n'est à prévoir sur un compartiment qui ne peut fonctionner qu'en dessous de 0,5 bar relatif. Ainsi, si un compartiment ne peut fonctionner qu'en dessous de 0,5 bar relatif comme c'est le cas du compartiment nucléaire de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1 (voir §5.2), aucune épreuve hydraulique n'est à réaliser.

En effet, il est précisé dans l'annexe 1 du courrier [12] que « la mise en pression du compartiment nucléaire en dépression n'est pas une exigence réglementaire ».

En application de l'annexe 6 de l'arrêté [2], l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1 est un récipient sur lequel les critères de classement des fluides de groupe 1 sont à appliquer, l'intervalle entre deux requalifications périodiques ne peut donc dépasser 5 ans (soit 60 mois).

#### 7.2.4 Réparation/ modification notable d'un ESPN

En application de l'article 4.2 de l'annexe 5 de l'arrêté ESPN [2] :

*« Toute réparation ou modification susceptible d'avoir une incidence sur la conformité de l'équipement aux exigences définies à l'article R557-12-4 du code de l'environnement est dénommée notable. Les critères définissant les réparations et modifications notables sont précisés dans un guide professionnel soumis à l'acceptation de l'autorité de sûreté nucléaire. Ce guide peut prévoir que, dans certains cas, l'essai de résistance à la pression de la vérification finale soit remplacé par des essais non destructifs ou des vérifications appropriées. L'évaluation de conformité réalisée en application du VII de l'article 17 du décret du 13 décembre 1999 susvisé est réalisée à la demande de l'exploitant, qui assume la responsabilité de la conception et de la fabrication de la réparation ou de la modification, par un organisme, par application de dispositions équivalentes à l'application des modules G, B + F ou B1 + F de l'annexe 2 du décret du 13 décembre 1999 susvisé. Elle peut ne concerner que la partie réparée ou modifiée. A l'issue de cette évaluation de conformité, l'exploitant établit et signe une déclaration de conformité, par laquelle il atteste la conformité de l'équipement. »*

La vérification finale, comme définie dans le guide ASN N°8, prévoit un visuel complet de l'équipement.

*« L'examen visuel doit être réalisé sur toutes les surfaces externes et internes des équipements pour lesquelles s'appliquent des EES ou ERP dont le respect peut être contrôlé visuellement. L'organisme ou organe d'inspection s'assure en préalable que le fabricant a bien identifié l'ensemble de ces exigences dans l'analyse de risques. L'examen visuel doit permettre entre autres d'assurer l'absence d'anomalie géométrique ou d'état de surface. »*

Le bouilleur 2042-30 de l'atelier NCP1 est entièrement soudé par conception et n'a pas d'orifice de visite, ainsi la vérification visuelle intérieure porte sur un ensemble de parties vides.

Le guide professionnel mentionné dans l'article 4.2 de l'annexe 5 de l'arrêté ESPN [2], et actuellement validé, est le Guide AQUAP 2010/01 révision 1. Ce guide précise que pour les équipements ayant suivi le régime de fabrication du décret [5] l'épreuve de la vérification finale doit se faire à « *Pression d'Epreuve à pleine surcharge appliquée à l'origine* » soit à 200% de la nouvelle PS.

La vérification finale de la notabilité se fera à 1,2 fois la nouvelle PS pour tous les compartiments pression de l'équipement.



## 8 OBSTACLES A LA MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS REGLEMENTAIRES

### 8.1 Environnement de l'ESPN

L'évaporateur 2042-30 est situé dans une cellule en zone inaccessible au personnel [REDACTED] en dépression par rapport aux locaux adjacents accessibles et par rapport à la pression atmosphérique au moyen du réseau de ventilation bâtiment.

L'épaisseur minimale des murs en béton armé de la cellule [REDACTED] est de :

- voile Ouest : [REDACTED]
- voile Nord : [REDACTED]
- voile Sud : [REDACTED]

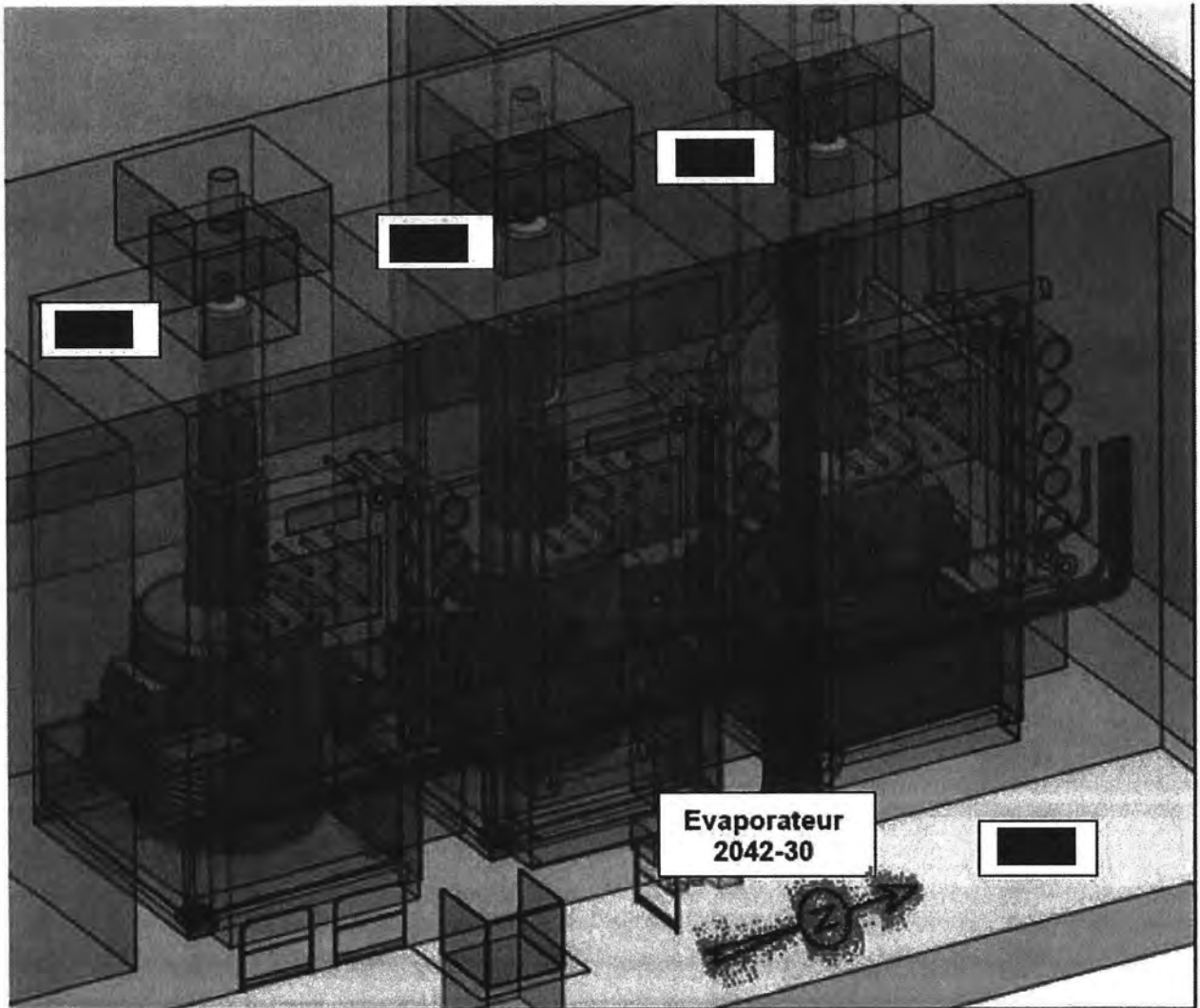


Figure 5 – situation de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1

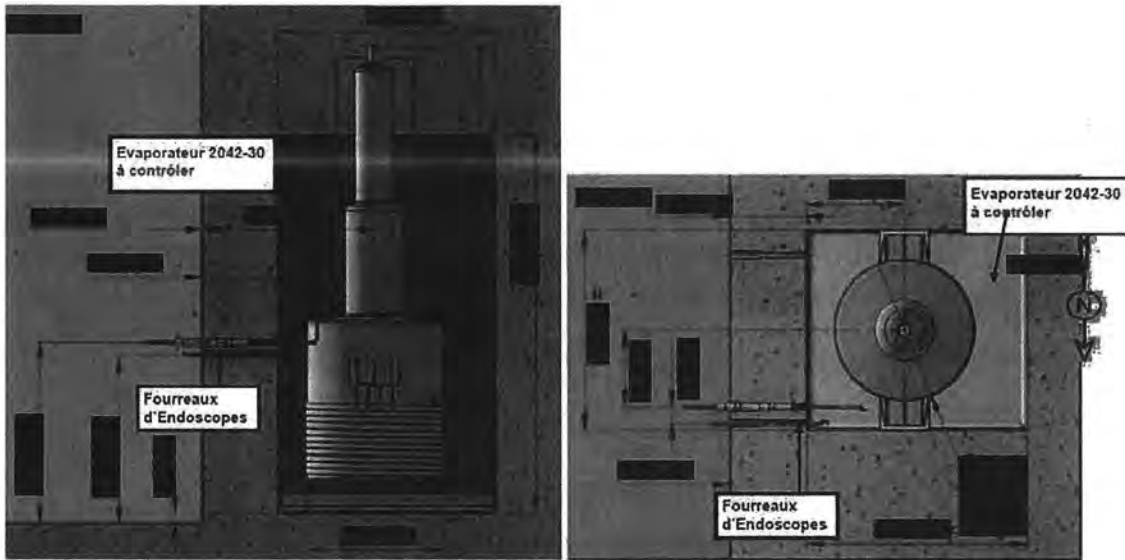


Figure 6 – Vue en coupe et vue du dessus de la cellule [REDACTED]

La cellule d'implantation de l'évaporateur est classée zone 900 (zone rouge). La cellule est donc entièrement fermée.

En conformité avec les standards de conception de l'usine UP2-400, des passages d'endoscope existent sur le voile entre la cellule [REDACTED] et zone 3 adjacente (local [REDACTED]).

## 8.2 Accessibilité à l'équipement

L'implantation de l'évaporateur de concentration de produit de fission 2042 – 30 de l'atelier NCP1 en zone inaccessible (dosimétrie extrêmement élevée) rend les inspections réglementaires impossibles.

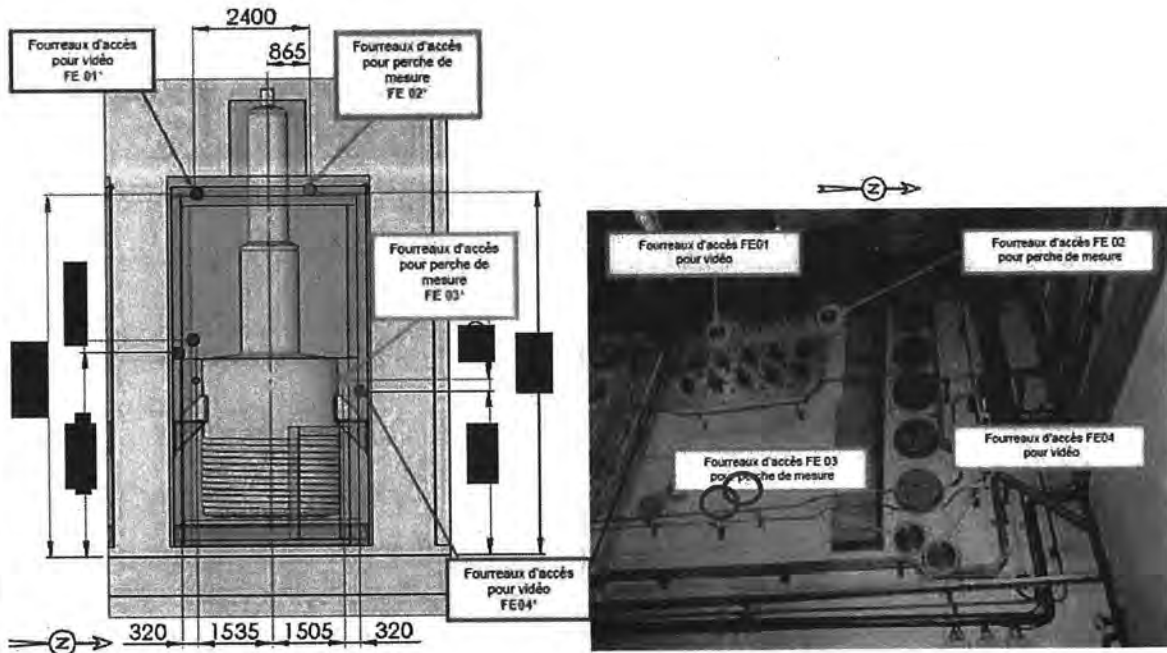


Figure 7 – Situation et inventaire des fourreaux endoscope

La cellule [REDACTED] est accessible via 6 fourreaux d'endoscope et un mur de baryte situés en salle [REDACTED].

La cellule [REDACTED] contient l'évaporateur 2042-30 ainsi que l'ensemble des tuyauteries procédé associées à son fonctionnement. Ces tuyauteries peuvent limiter l'accès aux investigations.

Les fourreaux d'endoscope en rouge sur la figure 7 n'ont pas été retenus pour les investigations car l'encombrement de la cellule est trop important à cet endroit (présence de tuyauteries).

Les endoscopes FE 01 et FE 02 (figure 8) ne donnent un accès que très limité à la partie supérieure de la colonne. Ces accès ne sont donc pas retenus pour les investigations.

Seuls les fourreaux F03 et F04 ont été utilisés lors des investigations, leurs hauteurs par rapport au sol sont de [REDACTED] mm et de [REDACTED] mm. Le recul disponible devant les fourreaux est de [REDACTED] mm.

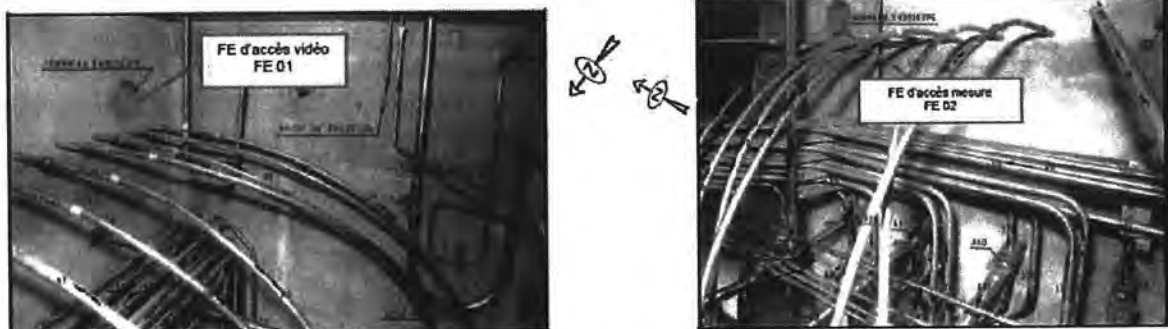


Figure 8 – Photographie du haut de la cellule [REDACTED] des fourreaux FE 01 et FE 02



Figure 9 – Photographie des fourreaux FE 05 et FE 06 et environnement évaporateur 2042-30

### 8.3 Examen visuel

L'évaporateur est un équipement sous pression nucléaire multi compartiments :

- compartiments sous pression : entièrement soudés pour éviter les risques de fuite en zone 4/zone 900 et ne disposant pas de parties démontables permettant d'effectuer les inspections visuelles internes,
- compartiment nucléaire : constitué d'une colonne et d'un bouilleur entièrement soudé.

L'examen visuel interne des compartiments sous pression et du compartiment nucléaire est impossible puisque ces compartiments sont entièrement soudés. La performance intrinsèque pour la vérification visuelle intérieure de ces compartiments est donc égale à 0.

L'examen visuel externe des parois de l'équipement est possible mais limité pour tous les compartiments compte tenu de l'implantation de l'équipement en zone 4 et des possibilités d'introduction de moyens de vision à distance. La performance intrinsèque pour la vérification visuelle extérieure dépend de la surface qui peut être inspectée.

Pour les demi-coquilles, la surface extérieure inspectable est considérée de façon pénalisante comme étant inférieure à 20%, la performance intrinsèque de la vérification visuelle extérieure vis-à-vis de la détection de fissuration externe et de perte d'épaisseur externe est donc égale à 1.

Pour le compartiment nucléaire, la surface extérieure inspectable est considérée de façon pénalisante comme étant inférieure à 20%, la performance intrinsèque de la vérification visuelle extérieure vis-à-vis de la détection de fissuration externe et de perte d'épaisseur externe est donc égale à 1.

Le compte rendu de l'inspection visuel réalisé sur site, en présence d'un COFREND VT est consultable dans la note [13].

## 8.4 Mise en pression (épreuve hydraulique)

### 8.4.1 Compartiment nucléaire

Dans le cas d'un équipement multi-compartimenté tel que l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1, le compartiment nucléaire est en dépression en fonctionnement normal. Ainsi, aucune épreuve hydraulique n'est réalisée sur le compartiment nucléaire. La performance intrinsèque du geste réglementaire d'épreuve hydraulique sur le compartiment nucléaire est égale à 0 puisque le compartiment ne peut fonctionner qu'en-dessous de 0,5 bar relatif (cf. § 5.2).

### 8.4.2 Compartiment sous pression

Le test en pression du compartiment caloporteur a été effectué en décembre 2016 [14] dans le cadre de son régime dérogatoire (cf §7.1) à 1,2 fois la PS.



## 9 ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE LA DEFAILLANCE

Conformément à la méthode d'élaboration d'un dossier de demande de conditions particulières d'application du titre III du décret du 13 décembre 1999 [7] aux ESPN [2], l'analyse du niveau de sécurité de l'équipement doit être réalisée de manière itérative, en partant de la situation réelle de l'équipement, puis, si besoin, en intégrant les mesures complémentaires à mettre en œuvre au fur et à mesure de l'analyse et de la connaissance de l'équipement.

Les facteurs à considérer pour l'estimation de ce niveau de sécurité sont définis dans [3]:

- Facteur Fabrication
- Facteur Etat
- Facteur Dégradation

### 9.1 Détermination du facteur fabrication

« Le facteur fabrication concerne tous les éléments qui permettent d'évaluer le niveau de qualité de fabrication de l'équipement et le niveau de confiance que l'on peut attribuer à cette qualité. Il est basé sur un dossier de fin de fabrication et l'état descriptif de l'équipement.

Ces éléments peuvent être complétés par des expertises de l'équipement incluant des contrôles directement sur l'équipement, des reprises de calculs,....

Les niveaux de probabilité sont définis comme suit :

- **Niveau 1** : Equipement conforme à un code de construction ou à une norme harmonisée et dont le dossier de fabrication est complet,
- **Niveau 2** : Equipement conforme aux règles de l'art ou équipement dont les éléments pertinents du dossier de fabrication ont été reconstitués par l'exploitant sur la base de données du fabricant, quel que soit le référentiel de construction (code, norme, règles de l'art,...)
- **Niveau 3** : Absence de dossier de fabrication de l'équipement »

#### 9.1.1 Dossier Descriptif

L'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1 a été conçu conformément au référentiel réglementaire et normatif de l'époque [6] et par rapport aux standards de conception, il dispose d'un dossier descriptif complet [15] comprenant tous les documents qui attestent de sa conformité.

Le Dossier Descriptif de l'équipement [15] est conforme à la réglementation de l'époque:

- notes de calcul,
- plan d'ensemble,
- plans de détails,



- procédures et qualification (LOFC, cahier de soudage, PV de qualification des modes opératoires de soudage, qualification des soudeurs, procédure de CND, etc.),
- documents de contrôle et épreuves (contrôle des approvisionnements, certificats matière, PV d'état des lieux, PV de contrôle dimensionnel, PV de CND, plans de repérage radios, etc.),
- documents essais et recette (PV d'examen visuel, PV d'épreuve d'étanchéité et de résistance, PV de contrôle dimensionnel, plan d'identification matières, etc.).

### 9.1.2 Matériau

Le matériau utilisé pour la fabrication est [REDACTED] pour la virole et pour les doubles enveloppes.

Successivement dénommé « [REDACTED] », « [REDACTED] », et « [REDACTED] », le choix de [REDACTED] a été effectué pour NCP1 suite à sa mise au point par [REDACTED]. [REDACTED] a été développé spécifiquement pour des applications en milieu nitrique [REDACTED] contenant des [REDACTED] et/ou [REDACTED].

Un suivi rigoureux de la qualité des demi-produits a été réalisé tout au long du processus d'approvisionnement lors de la fabrication des évaporateurs 2042 de l'atelier NCP1.

L'ensemble des exigences de qualité d'élaboration de [REDACTED] a été pris en compte par l'intermédiaire de la définition de critères de qualité et de contrôles de l'approvisionnement matière des tôles, des tubes sans soudures, des barres, des pièces forgées et des métaux d'apport utilisés dans la construction des évaporateurs.

### 9.1.3 Présentation du dossier de calcul

Il est principalement composé des documents suivants (par ordre chronologique) :

- Note de dimensionnement des évaporateurs 2042-10/20/30 [16]
- Complément de calcul statique aux PS de [REDACTED] et de [REDACTED] [17]
- Calcul sismique [18]

### 9.1.3.1 Note de calcul statique

#### 9.1.3.1.1 Calcul initial

Lors de la conception de l'évaporateur 2042-10 de l'atelier NCP1, une note statique a été réalisée (Voir référence [16]) :

- o Code de calcul utilisé : CODAP
- o Majoration de l'épreuve (2\*PS)
- o Caractéristiques matériaux à 200°C retenue pour les calculs

- Caractéristiques mécaniques retenues pour le matériau [REDACTED] :

Température	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Charge de rupture : R <sup>t</sup>	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

- Cas de chargement

		Pression (bar)	Poids de la colonne liquide (bar)	Total (bar)
Compartiment procédé	Fonctionnement normal	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	Fonctionnement accidentel	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
	Vide (cas exceptionnel)	[REDACTED]	-	[REDACTED]
Doubles enveloppes	Service	[REDACTED]	-	[REDACTED]
	Epreuve	[REDACTED]	-	[REDACTED]

- Calcul statique :

La note de calcul justifie en pression intérieure et pression extérieure l'équipement selon CODAP, pour les épaisseurs de conception suivantes (cf figure 4) :

- Fond supérieur en anse de panier de Ri = [REDACTED] : épaisseur [REDACTED] dont [REDACTED] de surépaisseur de corrosion,
- Virole de De = [REDACTED] : épaisseur [REDACTED] dont [REDACTED] de surépaisseur de corrosion
- Fond en anse de panier Ri = [REDACTED] : épaisseur [REDACTED] dont [REDACTED] de surépaisseur de corrosion,
- Virole De = [REDACTED] : épaisseur = [REDACTED] dont [REDACTED] de surépaisseur de corrosion,

- Fond en anse de panier de  $R_i =$  [redacted] : épaisseur [redacted] dont [redacted] de surépaisseur de corrosion,
- Virole de  $D_i =$  [redacted] épaisseur [redacted] dont [redacted] de surépaisseur de corrosion,
- Fond plat de  $D_i =$  [redacted] épaisseur [redacted] dont [redacted] de surépaisseur de corrosion,
- Doubles enveloppes : épaisseur [redacted]

#### 9.1.3.1.2 Calculs complémentaires pour la justification d'une épaisseur consommable plus importante

Au vu des différentes mesures réalisées, des calculs complémentaires [17] ont été engagés pour :

- Vérifier l'état de conformité à [redacted] de l'équipement
- Déterminer des épaisseurs admissibles plus faibles dans le cadre d'une modification notable d'abaissement de PS à [redacted]
  - Note de calcul complémentaire des évaporateurs 2042-10/20/30 [17] :
    - Modèle aux éléments finis
    - Code de calcul : CODAP 80 (add 82)
    - Les caractéristiques mécaniques retenues pour le matériau sont conformes à la norme d'approvisionnement spécifiée à la conception (NF A 35-584 d'Avril 1981)

Température	[redacted]	[redacted]
Charge de rupture : $R^t$	[redacted]	[redacted]

Caractéristiques mécaniques du [redacted] selon NF A 35-584

- Cas de chargement

		Cas 1 : [redacted]	Cas 2 : [redacted]
Enceinte cuve	Pression de calcul	[redacted]	[redacted]
	Température de calcul	[redacted]	[redacted]
Double enveloppe	Pression de calcul	[redacted]	[redacted]
	Température de calcul	[redacted]	[redacted]

Les combinaisons et les cas de chargement vérifiés sont les suivants :

### Désignation des cas de charge :

- $P_p + P$  : Poids propre + Pression (de service et hydrostatique)
- Tuy : Torseurs sur tuyauterie

### Désignation de la combinaison de cas de charge retenue pour l'analyse :

- $(P_p + P) \pm Tuy$

- Calcul statique

Le calcul a été réalisé en éléments finis selon le modèle suivant :



Vue d'ensemble de la modélisation



Vue détaillée de la modélisation – Fond inférieur

La modélisation est faite conformément à la géométrie définie sur les plans TQC

1922.1204.0212 Rév. 6

Evaporateurs 2042-10/20/30 – Détails des côtes de chauffe (Fond inférieur)

1922.1204.0213 Rév.8

Evaporateurs 2042-10/20/30 – Sous-ensembles inférieure pour PF10 et PF30

1922.1204.0224 Rév.4

Evaporateurs 2042-10/20/30 – Sous-ensemble supérieur pour PF10

Le calcul permet la validation du comportement mécanique de l'équipement aux sollicitations de pressions et charges statiques.

Les tableaux ci-dessous présentent le récapitulatif des épaisseurs considérées dans les calculs pour les différentes parties de l'évaporateur, avec :

- Epaisseur nominale :  $e_n$
- Surépaisseur de corrosion :  $e_c$
- Epaisseur modélisée :  $E_p \text{ calcul} = e_n - e_c$

Elément	Epaisseur nominale $e_n$ (mm)	Corrosion max. $e_c$ (mm)	Epaisseur de calcul $= e_n - e_c$ (mm)
Piquage P3			
Dôme supérieur			
Virole supérieure			
Dôme intermédiaire			
Virole intermédiaire			
Dôme inférieur			
Virole Dint au-dessus de la double enveloppe			
Virole Dint sous la double enveloppe			
Fond inférieur cuve			
Fond inférieur cuve au niveau des entrée et sortie de la double enveloppe			
Trou d'homme*			
Double enveloppe			
Fourrure console sur cuve			

Tableau 1 - Epaisseurs de calcul vérifiées à

\* Trou permettant le passage d'un homme afin de réaliser les inspections et les relevés avant mise en service. Ce trou d'homme a été refermé et soudé avant la mise en service. Les soudures de cet élément sont réalisées dans la même nuance de matériau que les soudures d'enveloppement, en

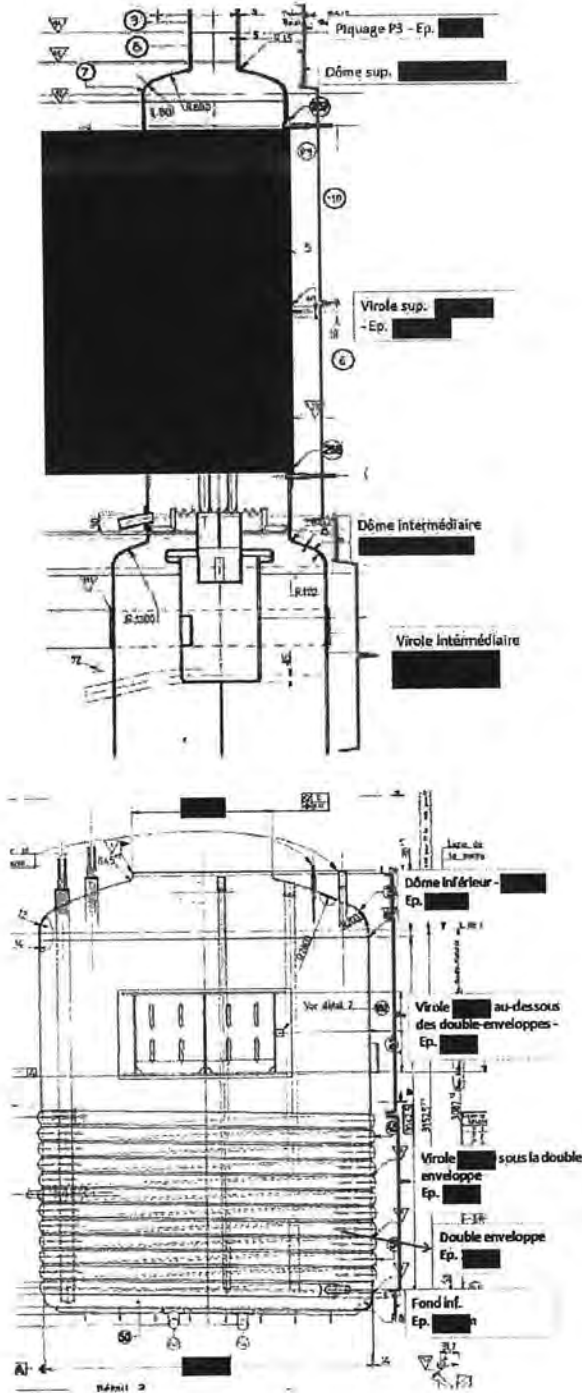
Nota : pour les calculs réalisés à une PS = les épaisseurs indiquées ne sont pas à considérer comme des épaisseurs minimales au sens de la tenue mécanique de l'équipement.

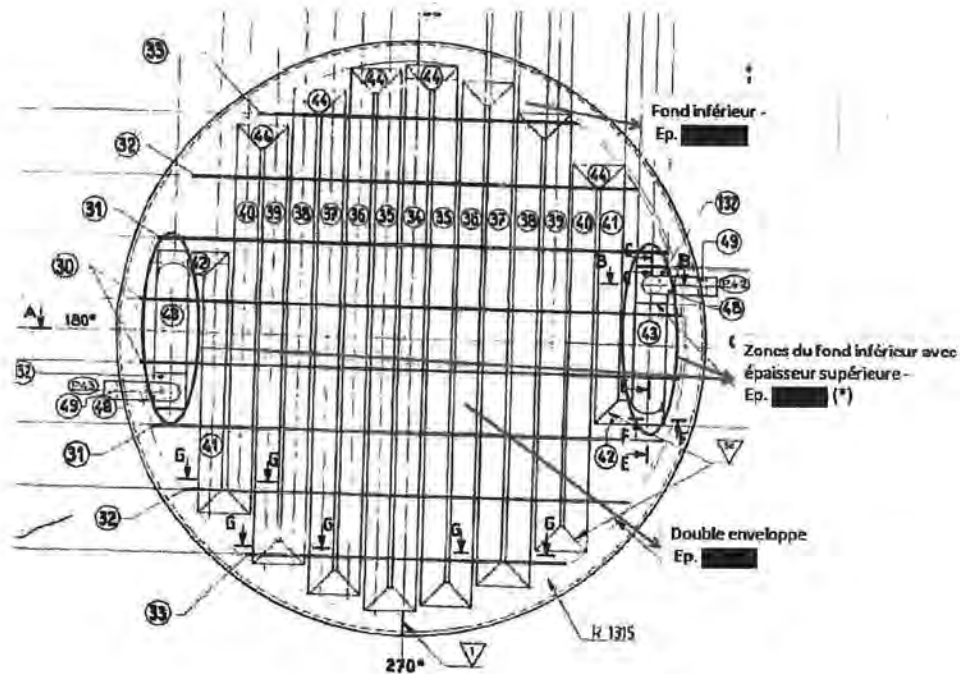


Elément	Epaisseur nominale $e_n$ (mm)	Corrosion max. $e_c$ (mm)	Epaisseur de calcul $= e_n - e_c$ (mm)
Piquage P3			
Dôme supérieur			
Virole supérieure			
Dôme intermédiaire			
Virole intermédiaire			
Dôme inférieur			
Virole au-dessus de la double enveloppe			
Virole sous la double enveloppe			
Fond inférieur cuve			
Fond inférieur cuve au niveau des entrée sortie de la double enveloppe			
Trou d'homme			
Double enveloppe			
Fournure console sur cuve			
Gousset console cuve			
Platine console cuve			
Raidisseurs			

Tableau 2 - Epaisseurs de calcul vérifiées à

Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018





Nota : les calculs réalisés à la PS de [redacted] visent à rechercher les épaisseurs limites et en particulier pour les zones du fond de l'évaporateur, à savoir « fond inférieur cuve » et « fond inférieur cuve au niveau des entrée/sortie de la double enveloppe ».

Les zones sous double enveloppe, les zones du fond et les zones de la virole en contact avec de l'eau surchauffée sont calculées avec les propriétés du matériau à [redacted]. En revanche, la température de calcul est de [redacted] pour les zones présentant des piquages procédé comme le dôme ou la colonne de l'évaporateur.

Les critères de contraintes sont respectés pour toutes les coques : l'enceinte chaudronnée satisfait aux critères de dimensionnement.

La tenue mécanique des évaporateurs est vérifiée suivant la méthode et les critères retenus pour la conception de l'équipement.

### 9.1.3.2 Calcul en fatigue

A la conception des évaporateurs 2042, la NT [16] présente une analyse suivant le code ASME section III.

Les calculs de tenue à la fatigue de l'équipement ont été repris (voir NT [19]) suivant CODAP. L'ensemble des zones les plus sensibles au phénomène de fatigue a été analysé (zones soudées et fond de l'équipement). Il en résulte les nombres de cycles admissibles suivants ; ils correspondent aux minimums des valeurs calculées sur chacune des zones sensibles :

	Configuration Ps = [REDACTED]	Configuration Ps = [REDACTED]
pression : $N_{adm\ pression}$	[REDACTED]	[REDACTED]
température : $N_{adm\ thermique}$	[REDACTED]	[REDACTED]

L'endommagement est calculé par la formule suivante et doit être inférieur ou égal à 1 à la fin de vie de l'équipement :

$$\frac{n_{pression}}{N_{adm\ pression}} + \frac{n_{thermique}}{N_{adm\ thermique}} \leq 1$$

On retient la formule suivante, enveloppe de toutes les configurations pour suivre le taux d'endommagement par fatigue de l'équipement :

$$\frac{n_{pression}}{[REDACTED]} + \frac{n_{thermique}}{[REDACTED]} \leq 1$$

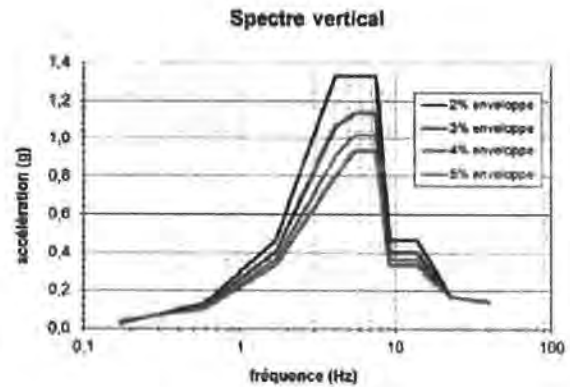
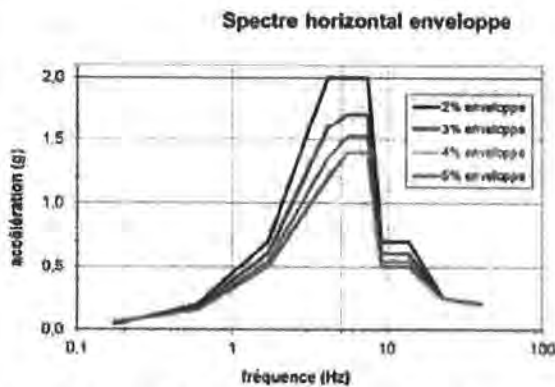
### 9.1.3.3 Calcul sous séisme

A la conception de l'évaporateur, il a été demandé de prendre en compte les effets d'un séisme de force VIII calé à 0,20g suivant DSN 79. Ce spectre de sol est enveloppe du spectre de référence du site de La Hague SMS 2015 [20].

Dans les conditions où la diminution de la pression et de la température permettent de déterminer de nouvelles épaisseurs limites, celles-ci doivent être vérifiées au séisme.

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Epaisseurs considérées : celles du Tableau 2
- Modèle identique à celui du §9.1.3.1.2
- Conditions de calculs
  - o Pression et température de calculs : voir cas 2 (à [REDACTED] du §9.1.3.1.2
  - o Les caractéristiques mécaniques retenues pour le matériau sont conformes à la norme d'approvisionnement spécifiée à la conception
  - o Exigence : l'évaporateur doit rester étanche après séisme
  - o Spectres : les spectres sont donnés dans le cahier des conditions techniques défini lors de la conception des évaporateurs (CC 1922 12 04). Les spectres ont été lissés et élargis pour prendre en compte la RFS 2001-01



Spectre vertical = 2/3 spectre horizontal

Amortissements considérés :

- 3% pour la cuve
- 2% pour les tuyauteries

Fréquence de coupure : 40Hz

Les calculs présentés dans la NT [18] permettent de valider les éléments suivants :

- La cuve (étanchéité)
- Les piquages (étanchéité)
- Les consoles (murales et celles fixées sur l'équipement) (non projectibilité de l'équipement)
- Les chevilles d'ancrage et les liaisons boulonnées (non projectibilité de l'équipement)

Les épaisseurs issues des calculs statiques ont été vérifiées au séisme. Elles sont de fait enveloppes des épaisseurs minimales nécessaires à la tenue au séisme.

#### 9.1.4 Niveau du facteur de fabrication de l'équipement

Compte tenu de la conformité du dimensionnement à un code de construction et des documents du dossier descriptif [15], le niveau du facteur de fabrication de l'équipement est un facteur de **Niveau 1**



## 9.2 Détermination du facteur état

« Ce facteur évalue l'état de l'équipement par rapport à des dégradations avérées. Il est basé sur l'état réel de l'ESPN à ce jour, et doit prendre en compte les incertitudes liées à la caractérisation de cet état.

Le niveau de ce facteur, pour un équipement présentant des dégradations, est à définir en fonction de la caractérisation de ces dégradations et de l'estimation de leur évolution en service au regard des marges de sécurité définies à la conception de l'équipement.

Les niveaux de probabilité sont définis comme suit :

- **Niveau 1 :**
  - Equipement ne présentant aucune dégradation ou,
  - 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 ou,
  - 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 (dimensionnement avec des propriétés estimées en fin de vie, surépaisseur de corrosion,...) et de garantir que leurs évolutions en service, estimées de façon conservatrice, restent couvertes par les hypothèses considérées à la conception.
- **Niveau 2 :** Equipement ne se situant pas dans le cas précédent, 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.
- **Niveau 3 :** 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. »

### 9.2.1 Mode de dégradation

Vue les conditions d'exploitation, les modes de dégradation potentiels à considérer sont (cf. justifications en §9.3.1) :

- la corrosion par dissolution uniforme et généralisée de la paroi [REDACTED] en contact avec le milieu nitrique chauffé à ébullition (en fonctionnement nominal).
- la fatigue du matériau par les cycles en température et en pression associé à l'alternance des différentes phases de fonctionnement de l'équipement.

Les phénomènes de dégradation avérés liés à ces modes de dégradation sont :

- pour la corrosion uniforme et généralisée : la perte d'épaisseur des parois [REDACTED] dont la surface est exposée au milieu nitrique.
- pour la fatigue : le risque de fissuration pour un nombre de cycles de fonctionnement au-delà du nombre admissible en fatigue, en particulier pour les zones les plus sollicitées en fatigue.

L'état réel à une date donnée de l'équipement peut être déterminé par rapport à chacun de ces phénomènes avec les surveillances suivantes :

- pour l'état général de l'équipement : un examen visuel des zones accessibles.
- pour la perte d'épaisseur par corrosion uniforme et généralisée : des mesures de l'épaisseur résiduelle sur des zones accessibles qui sont soit directement la ZIS soit des zones à partir desquelles la ZIS peut être extrapolée.
- pour le risque de fissuration par fatigue : le suivi de l'historique de fonctionnement pour surveiller que le nombre de cycles subis par l'évaporateur reste inférieur au nombre de cycle admissible en fatigue sur les zones les plus sollicitées en fatigue.

L'état actuel de l'évaporateur NCP1 2042-30 est décrit dans les parties suivantes selon ces 3 axes de surveillance.

### 9.2.2 Etat général par Examen visuel

Au regard du §8.3, seule une partie de la surface externe de l'équipement est contrôlable visuellement (moins de 20%). L'examen visuel ne concerne qu'une partie de la surface externe de :

- La virole du bouilleur :
  - o Le dôme du bouilleur
  - o la zone de marnage au-dessus des doubles enveloppes latérales,
  - o les doubles enveloppes latérales supérieures (spires et interspire).

L'examen visuel a été réalisé en octobre 2017 par un COFREND VT [13]

Plusieurs extraits de ces examens visuels sont disponibles (voir ci-dessous)

Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

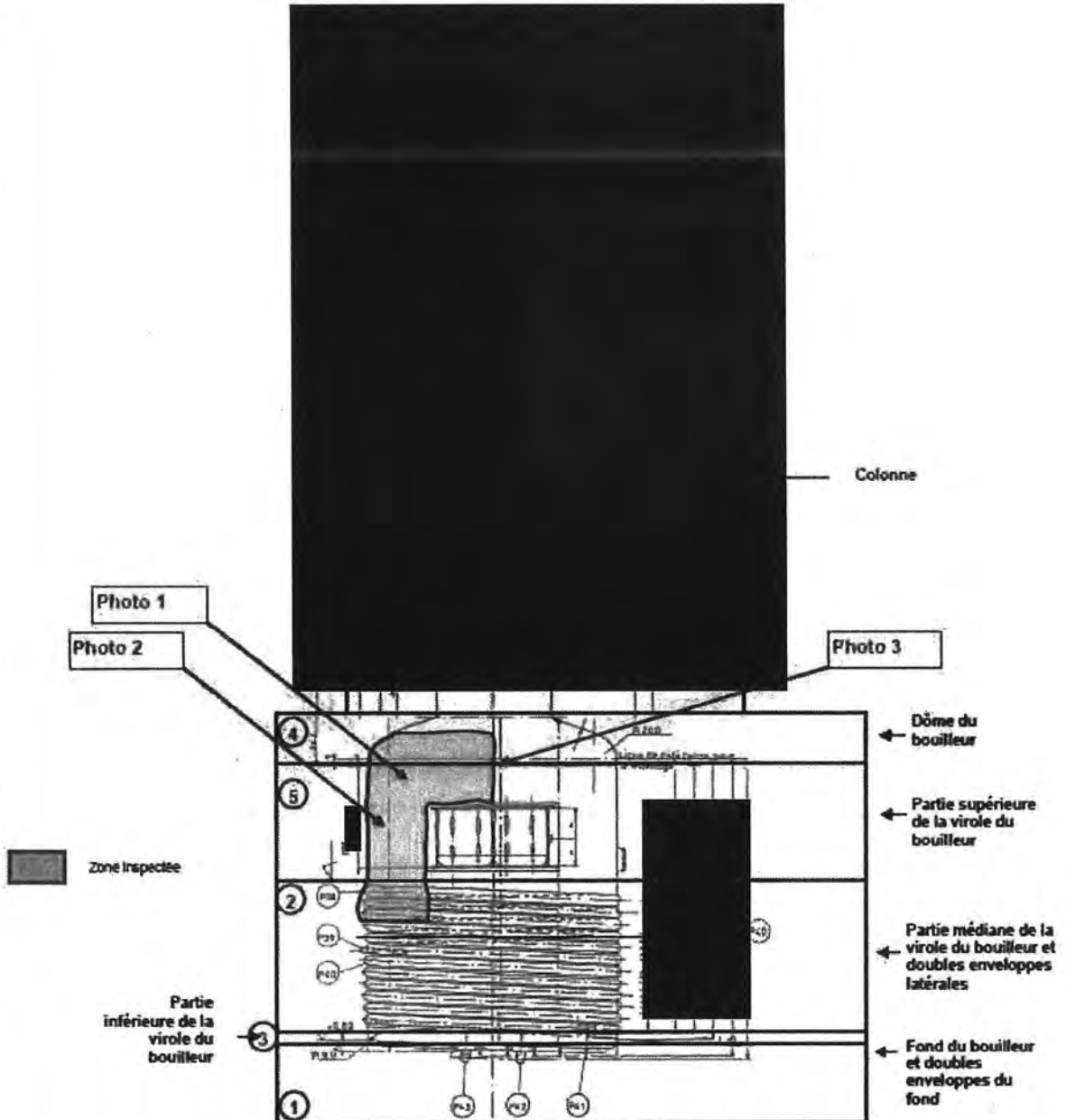


Figure 10 - Identification de la zone inspectée.

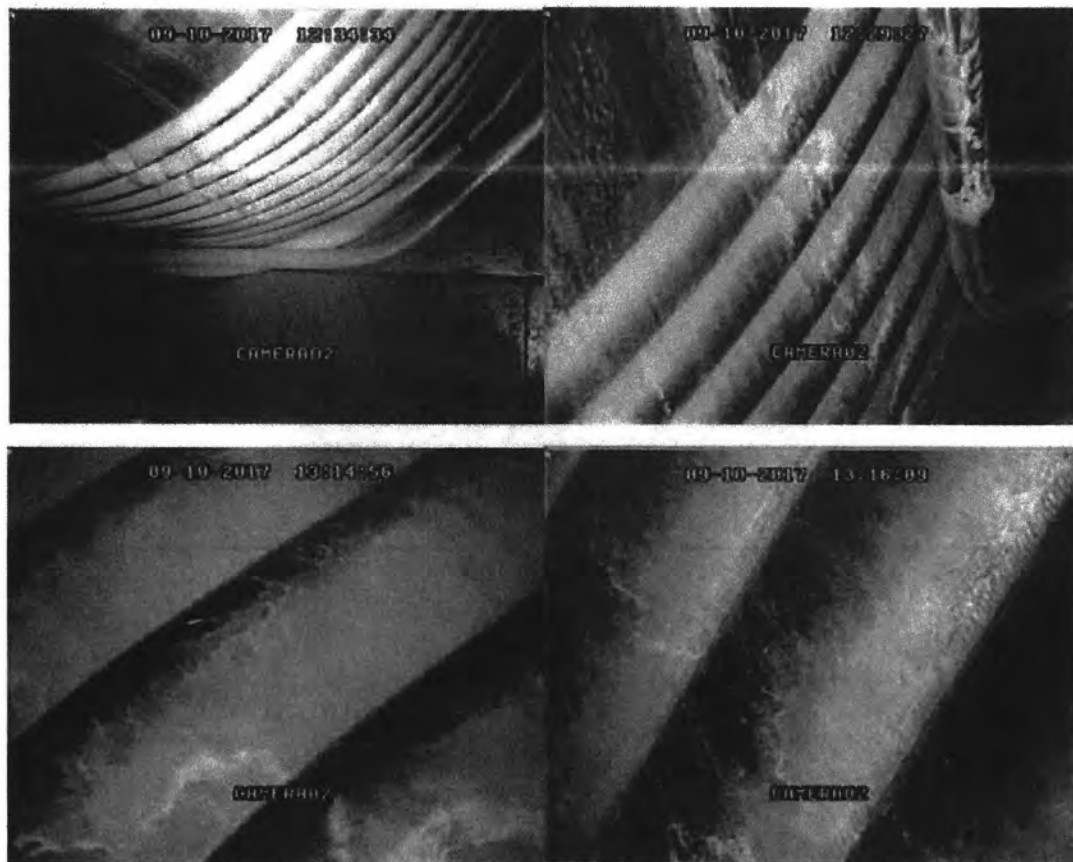


Figure 11 – Photos de la double enveloppe de l'évaporateur

Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018



Figure 12 – Photos du dôme du bouilleur





Figure 13 – Photos de la partie supérieure de la virole au-dessus de la zone de marnage

Les zones types qui ne sont pas inspectées visuellement sont :

- La colonne en partie haute de l'évaporateur (zone avec des vitesses de corrosion cohérente avec dimensionnement de l'équipement)
  - o Colonne du 2042-20 mesurée en Déc 2014 :  $E_{\min \text{ mesurée}} = \text{[REDACTED]}$  pour épaisseur nominale de conception [REDACTED] avec [REDACTED] de surépaisseur de corrosion
  - o Colonne du 2042-30 mesurée en Déc 2014 :  $E_{\min \text{ mesurée}} = \text{[REDACTED]}$  pour épaisseur nominale de conception [REDACTED] avec [REDACTED] de surépaisseur de corrosion
- La boucle de chauffe latérale inférieure
- La boucle de chauffe située sur le fond. (zone avec mesures d'épaisseurs)

En l'absence d'un visuel externe complet des circuits de chauffe de l'évaporateur 2042-30, le test en pression permettra, comme le prévoit la réglementation, de détecter les mécanismes d'endommagements prévus ou non prévus à la conception.

Ces examens visuels ne montrent aucune anomalie sur l'aspect de la surface externe des zones contrôlables visuellement. La présence de poussières et des traces de coulures causées par la condensation dans la cellule ont été notées.

Les phénomènes de condensation observés sont associés à :

- l'humidité présente en cellule et la température de la cellule lors des arrêts de production

- la présence de lignes refroidies générant des points froids

Un dépôt engendré par la poussière de béton présente dans la cellule de l'équipement a également été observé.

### 9.2.3 Mesures d'épaisseur

#### 9.2.3.1 CARACTERISATION THEORIQUE IDEALE

Dans le cas idéal, les mesures d'épaisseur sont réalisées dans les Zones Identifiées les plus Sensibles (ZIS) (cf. §9.3.2.1.1) avec un nombre de points de mesures suffisant.

#### 9.2.3.2 CARACTERISATION REELLE

##### 9.2.3.2.1 **Mesure d'épaisseur sur l'enveloppe externe de l'équipement**

Trois campagnes de mesures sur l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1 ont été menées en, Décembre 2014 [21] et en octobre 2017 [22] sur la virole latérale supérieure et novembre 2017 [23] sur le fond de l'évaporateur. Les résultats de ces campagnes de mesures sont présentés ci-après :

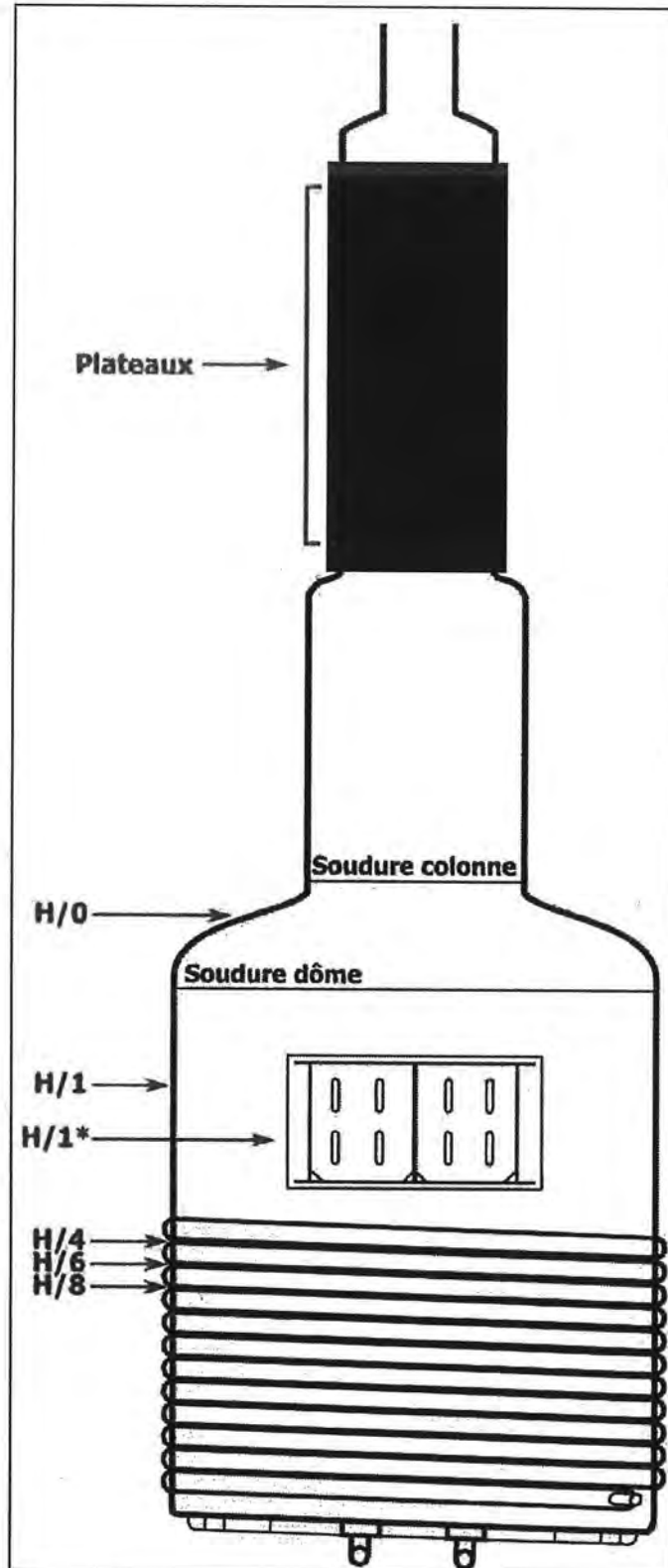


Figure 14 – Présentation des zones de mesure

Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

NCP1 2042-30											
Zone	ID zone	Date	Nb pts	Ep. nominale (mm)	Tolérance d'appro. (mm)	$E_{min}/E_{max}$ TQC (mm)	Ep. moy. mesurée (mm)	Ecart-type (mm)	Ep min. mesurée (mm)	Ep justifiée à (mm)	
Colonne	Plateau 3	Dec. 2014	5	●	■	■	■	■	■	●	
	Plateau 2		5	●	■	■	■	■	■	●	
	Plateau 1		6	●	■	■	■	■	■	●	
Dôme bouilleur	H/0	Oct. 2017	2	■	■	■	■	■	■	●	
Virole	H/1-H/1*		3	■	■	■	■	■	■	■	●
	H/1-H/1*		11	■	■	■	■	■	■	■	●
	H/4	10	■	■	■	■	■	■	■	●	
	H/6	11	■	■	■	■	■	■	■	●	
	H/8	6	■	■	■	■	■	■	■	●	

L'incertitude de mesure expérimentale évaluée est de l'ordre de  $\pm 0,2$  mm

Tableau 3 – Présentation des résultats de mesures des campagnes menées Décembre 2014 [21] et en octobre 2017 [22]

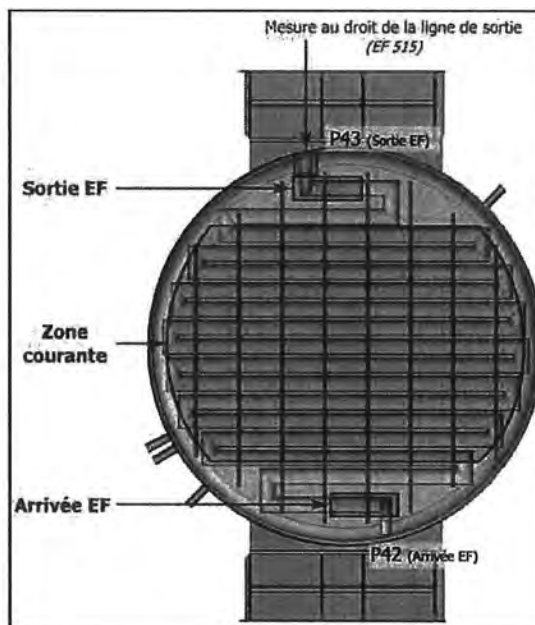


Figure 15 – Présentation des zones de mesure sur le fond de l'évaporateur

NCP1 2042-30										
Zone	ID zone	Date	Nb pts	Ep. nominale (mm)	Tolérance d'appro. (mm)	$E_{min}/E_{max}$ TQC (mm)	Ep. moy. mesurée (mm)	Ecart-type (mm)	Ep min. mesurée (mm)	Ep justifiée à 11,8 bars (mm)
Fond	Sortie EF	Nov. 2017	11	█	█	█	█	█	█	█
	Entrée EF		11	█	█	█	█	█	█	█
	Zone courante		49	█	█	█	█	█	█	█

L'incertitude de mesure expérimentale évaluée est de l'ordre de  $\pm 0,2$  mm

Tableau 4 – Présentation des résultats de mesures des campagnes menées en novembre 2017 [23]

#### 9.2.3.2.2 Mesure d'épaisseur sous double enveloppe au droit de la ligne de sortie EF

Une campagne de mesure sur l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1 a été menée du 30 mai au 1<sup>er</sup> juin sur le fond de l'évaporateur [24]. Les résultats de cette campagne sont présentés ci-après :

NCP1 2042-30											
Zone	ID zone	Pigauge	Date	Nb pts	Ep. nominale (mm)	Tolérance d'appro. (mm)	$E_{min}/E_{max}$ TQC (mm)	Ep. moy. mesurée (mm)	Ecart-type (mm)	Ep min. mesurée (mm)	Ep justifiée à 11,8 bars (mm)
Sous double enveloppe	EF 553	P43 (sortie d'EF)	Mai 2018	3	█	█	█	█	█	█	█

L'incertitude de mesure expérimentale évaluée est de l'ordre de  $\pm 0,2$  mm

Tableau 5 – Présentation des résultats de mesures de la campagne menée en mai 2018 [24]



La ligne EF 553 est située au droit du piquage P43, en sortie du circuit de chauffe du fond de l'équipement (cf Figure 15). Cette zone située sous la demi coquille de chauffe est sous flux thermique.



Figure 16 - Vue latérale de l'évaporateur

#### 9.2.3.2.3 Conservatismes et analyse des marges

Les épaisseurs mesurées sur la virole latérale sont toutes supérieures à l'épaisseur limite définie par la note de calcul complémentaire [17] soit [REDACTED] pour la virole et [REDACTED] pour le dôme supérieur à une pression maximale admissible de [REDACTED]

Les épaisseurs mesurées sur le fond de l'évaporateur au niveau des interspires sont toutes supérieures à l'épaisseur limite définie par la NT de calcul complémentaire [17] soit [REDACTED] au niveau des entrée/sortie EF et [REDACTED] dans la zone courante à une pression maximale admissible de [REDACTED]

Afin de garantir que l'évolution en service du phénomène de corrosion, estimée de façon conservative, confèrera à l'équipement une résistance au moins égale à la résistance minimale définie à la conception, dans le respect des marges de sécurité, à la fin de sa durée de fonctionnement prévue, il convient :

- d'une part d'abaisser la pression maximale admissible afin de diminuer les contraintes engendrées et augmenter ainsi les marges mécaniques,
- et d'autre part effectuer l'analyse des marges restantes au regard de la zone la plus sensible à savoir celle affectée thermiquement autrement dit celle située sous double enveloppe au niveau du fond de l'évaporateur au droit de l'entrée et de la sortie de l'eau surchauffée.

### 9.2.3.2.3.1 Entrée EF (P42) et facteur d'extrapolation:

La paroi du fond de l'évaporateur située sous double enveloppe de chauffe à l'arrivée d'eau surchauffée au niveau du piquage P42 constitue la zone la plus chaude de l'équipement et est donc considérée comme la ZIS (Zone identifiée sensible) vis-à-vis du mécanisme de corrosion.

Actuellement, aucune mesure au droit de l'entrée EF du fond de l'équipement (ZIS) n'a pu être réalisée. Seule une mesure au droit de la ligne de sortie EF dans le fond de l'équipement est disponible. Dans la suite la zone au droit de la ligne de sortie d'EF, piquage P43, sera appelé la ZIS\*.

Un facteur  $K_2$  correspondant au rapport entre la vitesse de corrosion à l'entrée d'EF (P42) et la vitesse de corrosion à la sortie (P43) qui s'explique par la différence de température entre l'entrée (P42) et la sortie (P43) d'eau surchauffée est déterminé ci-dessous

#### Justification du facteur d'extrapolation à partir de l'énergie d'activation thermique :

Il a été présenté dans le courrier [25] que l'activation thermique des phénomènes de corrosion de l'acier [REDACTED] en milieu nitrique obéit à une loi de type Arrhenius avec une énergie d'activation de [REDACTED]

[REDACTED] Ces résultats expérimentaux sont présentés à la Figure 19.

Ainsi la vitesse de corrosion  $V_{cor}$  suit théoriquement la loi suivante :

$$V_{cor} = V_0 \exp\left(\frac{-42400}{RT}\right) \quad (1)$$

Où R est la constante des gaz parfait 8,314 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>, T la température de la paroi métallique en Kelvin et  $V_0$  une constante.

En posant l'équation [1] pour l'entrée et la sortie d'EF, respectivement les piquages P42 et P43 des évaporateurs 2042, on obtient :

$$K_2 = \frac{V_{cor\ entrée}}{V_{cor\ sortie}} = \frac{\exp\left(\frac{42400}{RT_{paroi\ entrée}}\right)}{\exp\left(\frac{42400}{RT_{paroi\ sortie}}\right)} \quad (2)$$

#### Détermination de la température de paroi aux arrivées et sortie d'eau surchauffée.

La température de paroi de l'équipement a été déterminée à partir du modèle thermique établi pour le dimensionnement des évaporateurs R7 et NCPF. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	T2	NCP1
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Les écarts de température du caloporteur entre entrée et sortie sont cohérents avec les valeurs relevées sur site.

### Retour d'expérience de l'unité 4120 de T2

Avec les températures de parois présentées ci-avant pour les évaporateurs de T2, on obtient via l'équation (2):

$$K2(4120) = \frac{\exp\left(-\frac{42400}{RT_{\text{paroi entrée}}}\right)}{\exp\left(-\frac{42400}{RT_{\text{paroi sortie}}}\right)} = \blacksquare$$

Sur les évaporateurs 4120 de T2, ce même type de facteur représentant la vitesse de corrosion entre l'entrée et la sortie d'EF, appelé F2 a été déterminé à partir de mesures d'épaisseur sur les équipements industriels et présenté dans la note [26] puis utilisé dans les critères opérationnels de redémarrage [27]. Pour T2, le facteur F2 est égal à  $\blacksquare$  [26]. Les facteurs K2 et F2 représentent donc tous deux le rapport de vitesse de corrosion entre l'entrée et la sortie d'eau surchauffée. En revanche, le facteur K2 déterminé de façon théorique est supérieur au facteur F2 déterminé à partir de mesures sur les équipements. L'approche théorique de détermination du facteur K2 est pénalisante.

De plus, il convient de souligner que les évaporateurs de l'unité 4120 de T2 sont réalisés avec le même matériau que ceux de 2042,  $\blacksquare$  et qu'ils fonctionnent dans des conditions de température similaires : Ts du caloporteur de  $\blacksquare$  pour 4120 et  $\blacksquare$  pour 2042.

### Calcul du facteur d'extrapolation théorique K2 pour l'unité 2042 :

Avec les températures de parois présentées ci-avant pour les évaporateurs de NCP1-2042, on obtient via l'équation (2):

$$K2(2042) = \blacksquare$$

L'application du facteur K2(2042) aux résultats de mesures d'épaisseur réalisées au droit des lignes de sortie de l'eau surchauffée dans le fond de l'équipement est présentée ci-dessous.

#### **9.2.3.2.3.2 Application du facteur d'extrapolation à la sortie d'EF (P43):**

A partir de ce rapport de vitesse de corrosion K2 présenté ci avant, il peut être déterminé une épaisseur limite minimale dans la zone ZIS\* (P43 au droit de la sortie d'EF) du fond garantissant une marge de sécurité sur l'ensemble du fond y compris la ZIS.

L'épaisseur limite de la ZIS\* est donnée par :

$$E_{\text{limite}}(ZIS^*) = \frac{E_{\text{limite}}(ZIS) + E_i \times (K2 - 1)}{K2}$$

Avec

- E limite (ZIS), épaisseur limite de la zone dimensionnante exprimée en mm. Cette épaisseur limite de tenue mécanique a été déterminée à  $\blacksquare$
- E limite (ZIS\*), épaisseur limite de la zone mesurée en mm (zone du piquage P43)
- Ei, épaisseur initiale associée au minimum de la tolérance d'approvisionnement à l'origine,  $\blacksquare$
- K2, facteur d'extrapolation (sans unité) permettant d'estimer l'épaisseur résiduelle de la ZIS (P42) à partir de la ZIS\* (P43). K2 =  $\blacksquare$

L'application numérique conduit à  $E_{\text{limite}}(ZIS^*) = 8,6$  mm. Cette épaisseur est utilisée pour la justification du conservatisme appliqué sur 2042-10.

Les résultats de mesures d'épaisseur ont été présentés au §9.2.3.2.1. De manière conservative, la perte d'épaisseur peut être estimée entre l'épaisseur maximale mesurée à réception des tôles [REDACTED] et l'épaisseur minimale mesurée en 2018 au niveau de la ZIS\* [REDACTED], à laquelle on retirera l'incertitude de mesure de [REDACTED] soit une épaisseur minimale de [REDACTED] en 2018. Sur [REDACTED] années de fonctionnement réel (bien que l'évaporateur ait été mis en service il y a 31 ans, il n'a pas continuellement fonctionné), la perte d'épaisseur maximale ([REDACTED]) correspondrait alors à une perte d'épaisseur majorante de [REDACTED].

Cette perte d'épaisseur de [REDACTED] engendrerait une épaisseur résiduelle sous double enveloppe au niveau des entrée /sortie EF de [REDACTED] dans  $p=[REDACTED]$  années de fonctionnement continu (Figure 17). Ainsi  $p$  correspond à la durée de fonctionnement résiduelle avant que l'épaisseur résiduelle de la ZIS\* n'atteigne l'épaisseur limite de [REDACTED]. Cette durée est supérieure à la fréquence de mesure d'épaisseur fixée à 24 mois dans le POES.

En outre, il est important de souligner que l'évaporateur 2042-30 ne fonctionne pas 365 jours par an. En effet, entre 1986 et 2018, soit 31 ans calendaires, il a été au total [REDACTED] années en chauffe (durées effectives présentées sur la Figure 17), soit environ [REDACTED] du temps.

En supposant un fonctionnement en chauffe de [REDACTED] par an soit environ [REDACTED] de l'année, la durée de fonctionnement réelle correspondante au facteur  $p=[REDACTED]$  années est de [REDACTED]. En cas de redémarrage de l'évaporateur mi-2018 (2018,5), cette durée correspond à [REDACTED]. Dans tous les cas, cette date est au-delà des prochains contrôles d'épaisseur prévus sur l'équipement.



Figure 17 : Présentation de l'évolution prévue de l'épaisseur de la ZIS\* : Piquage P43 au droit de la sortie d'EF



## 9.2.4 Suivi de l'historique de fonctionnement

### 9.2.4.1 SUIVI DES CYCLES EN FATIGUE

Le nombre de cycles admissibles est présenté au §9.1.3.2.

Un historique des cycles thermiques et pression a été constitué [28]

Le tableau suivant présente la comparaison du nombre de cycles réellement subis par l'équipement avec le nombre de cycles admissibles. A la fin 2016, le taux d'endommagement en fatigue a atteint

Nombre de cycles admissibles Pression / Température	Nombre de cycles réels Pression / Température	taux d'endommagement : $N_{réel}(P) + N_{réel}(T) / N_{adm}(T) < 1$

Tableau 6 – Marge fatigue de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1

Le risque de fissuration par fatigue n'est donc pas à craindre. Les résultats de ces calculs attestent du bon dimensionnement de l'équipement vis-à-vis de ce mode de dégradation.

Le mécanisme de fatigue n'est pas dimensionnant pour la durée de fonctionnement prévu de l'équipement. Aucun contrôle non destructif n'est requis pour ce mode de dégradation. Un suivi des conditions de fonctionnement est néanmoins réalisé pour vérifier le respect d'un fonctionnement dans la plage prévue lors du dimensionnement.

### 9.2.4.2 SUIVI DES TEMPERATURES DE FONCTIONNEMENT

Le tableau suivant présente les valeurs moyennes et maximales de température de l'évaporateur (solution procédé et vapeur du circuit caloporteur) mesurées pendant les périodes de fonctionnement de l'évaporateur depuis 2010 :

Température liquide procédé dans le bouilleur (2042 TE 30)	Pression caloporteur au niveau du vase d'expansion (2046 PIR 32)	Température caloporteur (2046 TE 33)
$T_{moy\text{ébullition}} =$	$P_{nom} =$	$T_{nom} =$ entre
$T_{max} =$	$P_{max} =$	$T_{max} =$

Tableau 7: Suivi Températures de l'évaporateur et du caloporteur sur la période 2010-2016



- (1) La température est régulée en fonction de la cadence recherchée (2046 TER 30-1). La température est reportée en salle de conduite
- (2) La pression est régulée et reportée en local autour de [REDACTED] (2046 PIR 32). Le seuil de garde haute est positionné à [REDACTED] (2046 PGH 32). A cette valeur, la pression rencontrée au niveau de l'évaporateur est de [REDACTED]
- (3) La valeur de la TS de [REDACTED] du compartiment procédé n'a été dépassée que de manière ponctuelle. La zone concernée par le dépassement de la température a été calculé à [REDACTED]. Le dépassement ponctuel de cette température n'a donc aucune conséquence et ne présente aucun risque. Par ailleurs, la modification visant à positionner un seuil alarmé sur atteinte d'une température haute sur le fluide caloporteur [REDACTED] contribuera à mieux maîtriser le transitoire thermique de chauffe de l'équipement. Enfin la température du fluide procédé est un des paramètres suivis par le DEX et tout dépassement devra faire l'objet d'une analyse afin de justifier l'enclenchement ou non d'une démarche administrative et réglementaire visant à augmenter la TS procédé.

#### 9.2.4.3 SUIVI DE L'ACIDITE DES CONCENTRATS

L'acidité des concentrats de 2042-30 de l'atelier NCP1 (PE 2042 E 30) depuis 2001 jusqu'en 2014 a été analysé.

L'acidité moyenne observée dans le bouilleur est de [REDACTED] (écart type de [REDACTED]).

L'acidité dans l'évaporateur en fonctionnement est pilotée notamment vis-à-vis d'une consigne de criticité entre [REDACTED] et [REDACTED].

Les valeurs inférieures à [REDACTED] peuvent être observées ponctuellement lors des phases de remplissage ou de concentration des effluents avant démarrage de la réaction de dénitrification formique.

#### 9.2.4.4 SUIVI DU FER DANS LES CONCENTRATS



Figure 18: Concentration en Fer dans l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1 sur la période 1986-2011

Le suivi de la concentration du fer (ci-dessous) montre une constance au cours du temps dans l'évaporateur 2042-30 de NCP1, avec des valeurs globalement inférieures à [REDACTED]. Les valeurs observées en exploitations sont comprises dans le domaine d'utilisation de [REDACTED] prévu à la conception

### 9.2.5 Niveau du facteur état de l'équipement

Vu :

- l'état général visuel jugé satisfaisant (§9.2.2),
- l'état en corrosion jugé satisfaisant avec mise à jour de calcul, mais en désaccord avec la surépaisseur prévue à conception (§9.2.3.2.2),
- l'état en fatigue jugé satisfaisant (§9.2.4.1).

Le niveau du facteur état de l'équipement est estimé comme étant un facteur de **Niveau 3**.

### 9.3 Détermination du facteur dégradation

*« Ce facteur évalue la sensibilité de l'équipement face aux dégradations potentielles, à l'égard des conditions d'exploitation et aux dispositions de suivi en service de l'équipement. Ce facteur doit être évalué mode de dégradation par mode de dégradation.*

*L'analyse peut être réalisée de manière itérative, en partant des inspections réellement effectuées sur l'équipement puis, si besoin en intégrant les mesures complémentaires.*

La détermination de ce facteur se base sur :

- *La probabilité d'apparition d'une dégradation dans les conditions d'exploitation*
  - *Faible : l'équipement n'est pas vulnérable au mode de dégradation étudié dans ses conditions de fonctionnement. La démonstration de l'absence de vulnérabilité est établie par sa conception.*
  - *Moyenne : ce niveau est défini par l'exclusion des niveaux faibles et forts*
  - *Forte : l'équipement est sensible à un mode de dégradation non pris en compte à la conception*
- *La maîtrise des conditions d'exploitations*
  - *Maitrisées : les conditions d'exploitation sont encadrées par des paramètres de fonctionnement précis et mesurables. Ceux-ci sont maitrisés et surveillés,*
  - *Non maitrisées : une des conditions précédentes n'est pas acquise ou la surveillance de ceux-ci n'est pas exhaustive*
- *L'adéquation des inspections aux dégradations redoutées*
  - *Adéquate : les inspections réalisées sont performantes pour détecter les dégradations considérées, leur fréquence est adaptée à la cinétique du mode de dégradation considéré et elles sont réalisées sur la totalité de la partie de l'équipement soumise au mode de dégradation. Si la totalité de cette zone n'est pas contrôlée, pour être adéquates les inspections ne pourront exclure qu'une partie de la zone sous réserve que cette partie exclue ne soit pas une zone plus sensible au mode de dégradation. Leur aptitude à détecter la dégradation doit être établie*

- *Pas totalement adéquates : les inspections ne remplissent pas un des critères de performance, fréquence ou étendue précédemment explicités.*
- *Absence : pas d'inspection »*

Le niveau du facteur de dégradation doit être défini comme suit :

Probabilité d'apparition de dégradation	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Exploitation									
Maitrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-maitrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

### 9.3.1 Sensibilité de l'équipement face aux dégradations potentielles

L'identification des modes de dégradation est synthétisée dans le tableau ci-dessous. L'analyse précise la liste des modes de dégradation analysés et les éléments de justification permettant de faire apparaître les phénomènes de dégradation potentiels retenus pour la détermination du facteur de dégradation.

Mode de dégradation	Justification	Mode de dégradation potentiel (Oui / Non)
<b>Vieillesse induit par contrainte mécanique à basse température</b>		
- Fatigue oligocyclique ou à grand nombre de cycles	Les mécanismes de fatigue (cycles T, P) sont pris en compte à la conception suivant un code de calcul dédié aux appareils à pression.	Oui
- Fatigue vibratoire	La fabrication des supportages suit des règles de conception dédiées issues du référentiel normatif et des standards AREVA.	Non
Dilatation thermique différentielle	Un seul type de matériaux est utilisée pour la fabrication de cet équipement.	Non
Concentrations de contraintes	Cet équipement a été conçu, calculé et fabriqué suivant un code de calcul spécifique aux appareils à pression, selon la réglementation en vigueur.	Non
Pics locaux de pression	La conception et le fonctionnement suivent des règles dédiées (codes, normes, standards AREVA) permettant d'éviter ce type de phénomène.	Non

Mode de dégradation	Justification	Mode de dégradation potentiel (Oui / Non)
- Fissuration assistée par l'environnement	L'adéquation choix matériaux - environnement a été réalisée de manière à exclure ces modes de vieillissement. Ni les études expérimentales, ni les retours d'expériences n'ont mis en évidence de tels mécanismes pour des évaporateurs en [REDACTED]	Non
<b>Vieillissement induit par contrainte mécanique à haute température</b>		
- Vieillissement thermique	Les températures vues par l'équipement et les éventuels cycles en température et pression sont trop faibles pour engendrer un vieillissement thermique.	Non
- Fluage	Le fluage peut se produire pour des aciers inoxydables austénitiques à partir de 350°C. La température maximale d'utilisation de l'équipement est trop faible pour induire un vieillissement thermique.	Non
<b>Vieillissement induit par usure mécanique</b>		
Usure due au frottement entre deux solides	L'équipement ne contient pas de pièces mobiles en mouvement relatif les unes par rapport aux autres. Il n'y a pas de solide significatif dans le caloporteur ou dans la solution procédé.	Non
Usure due au fluide en mouvement	Les conditions de fonctionnement ne sont pas réunies pour entraîner ces phénomènes.	Non
Mécanismes couplés : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tribocorrosion</li> <li>• Erosion-corrosion</li> <li>• Cavitation-corrosion</li> </ul>	Les conditions de fonctionnement ne sont pas réunies pour entraîner ces phénomènes.	Non
<b>Vieillissement induit par corrosion à basse température</b>		
- Corrosion atmosphérique	La cellule contenant l'équipement est ventilée par un air filtré, la présence d'aérosols marins est négligeable. Le risque de condensation en cellule est possible suivant la température de la cellule et de l'équipement. Le retour d'expérience disponible issu de l'ensemble des observations vidéo en cellules zone 4 démontre l'efficacité de la filtration.	Non

Mode de dégradation	Justification	Mode de dégradation potentiel (Oui / Non)
- Corrosion humide : généralisée	Le matériau en contact du fluide procédé (milieu acide nitrique) est susceptible de subir un phénomène de corrosion de type dissolution uniforme de la surface du métal.	Oui
- Corrosion humide : bimétallique	Un seul type de matériau est utilisé pour la fabrication de l'équipement. Il n'y a pas de couplage galvanique.	Non
- Corrosion humide : aération différentielle	Il n'y a pas de surface dans l'équipement en contact avec deux milieux significativement différents pour induire un phénomène d'aération différentielle.	Non
- Corrosion humide : piqûration	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le fluide procédé n'a pas de caractère piqûrant vis-à-vis de [REDACTED]</li> <li>- Il n'y a aucun risque de piqûration de [REDACTED] au niveau de la boucle caloporteur.</li> <li>- Le caloporteur est constitué [REDACTED]</li> </ul>	Non
- Corrosion humide : caverneuse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le fluide procédé n'est pas de nature à engendrer une corrosion localisée vis-à-vis de [REDACTED]</li> <li>- Le caloporteur est constitué [REDACTED]</li> </ul>	Non
- Corrosion humide : intergranulaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>[REDACTED] travaille dans son domaine passif.</li> <li>- Il n'y a aucun risque de corrosion intergranulaire de [REDACTED] au niveau de la boucle caloporteur.</li> </ul>	Non
- Corrosion humide : par courant vagabond	Les standards de conception permettent d'éviter ce type de phénomène.	Non
<b>Vieillessement induit par corrosion à haute température</b>		
Corrosion haute température	Les conditions de fonctionnement ne sont pas réunies pour entraîner ces phénomènes.	Non
<b>Vieillessement sous irradiation</b>		





Mode de dégradation	Justification	Mode de dégradation potentiel (Oui / Non)
Vieillessement sous flux neutronique	Les études menées en réacteur sur les aciers inoxydables montrent que l'impact de ce flux neutronique devient significatif à partir d'environ $10^{21}$ n/cm <sup>2</sup> . Aucun équipement de l'Etablissement AREVA NC la Hague ne rencontre ce niveau de flux neutronique.	Non

Tableau 8- Liste des modes de dégradation

Les modes de dégradation retenus sont la corrosion par dissolution uniforme et généralisée, et la fatigue-fluage. Les phénomènes de dégradation potentiels sont précisés dans le Tableau 9.

Mode de dégradation	Phénomène de dégradation potentiel
Corrosion par dissolution uniforme et généralisée	Perte d'épaisseur
Fatigue	Fissuration au-delà d'un certain nombre de cycles

Tableau 9 : Identification des modes de dégradation de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1

### 9.3.2 Corrosion uniforme et généralisée

#### 9.3.2.1 DETERMINATION DE LA PROBABILITE D'APPARITION DE LA DEGRADATION

##### 9.3.2.1.1 **Comportement du matériau face à la corrosion : données expérimentales**

#### Morphologie de corrosion :

██████████ présente une bonne résistance à la corrosion en milieu nitrique. Son usage est optimisé pour des milieux dont la concentration est inférieure à ██████████ à température d'ébullition. Même dans les conditions sévères (présence ██████████ ..), aucune corrosion inter granulaire n'est observée.

La corrosion de ██████████ dans le milieu des évaporateurs de l'unité 2042 de NCP1 (fonctionnement à acidité constante de l'ordre de ██████████) est de morphologie généralisée et uniforme.

#### Synthèse de nos connaissances :

██████████

██████████

██████████

██████████



Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

[Redacted content]

- [Redacted content]
- [Redacted content]
- [Redacted content]
- [Redacted content]
- [Redacted content]
- [Redacted content]



Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018





Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

9.3.2.1.2 Comportement du matériau face à la corrosion : REX

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

Comparaison des évaporateurs 2042-10/20/30 de l'atelier NCP1 :

- Evaporateur 2042-10  
 Depuis sa mise en service, l'évaporateur 2042-10 a effectué 90 cycles évaporatoires (entre le 22 janvier 1986 et le 17 Octobre 2015).  
 La durée totale de fonctionnement s'élève à [REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Tableau 10 - Bilan des cycles évaporatoires de l'évaporateur 2042-10 de NCP1



Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

- Evaporateur 2042-20

Depuis sa mise en service, l'évaporateur 2042-20 a effectué [REDACTED] cycles évaporatoires (entre le 22 janvier 1986 et le 16 Novembre 2015).

La durée totale de fonctionnement s'élève à [REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Tableau 11 - Bilan des cycles évaporatoires de l'évaporateur 2042-20 de NCP1

- Evaporateur 2042-30

Depuis sa mise en service, l'évaporateur 2042-30 a effectué [REDACTED] cycles évaporatoires (entre le 22 janvier 1986 et Mars 2016).

La durée totale de fonctionnement s'élève à [REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Tableau 12 - Bilan des cycles évaporatoires de l'évaporateur 2042-30 de NCP1



- Comparaison du fonctionnement des évaporateurs

Les 3 évaporateurs de NCP1 ont eu des modes de fonctionnement très similaires.

En ce qui concerne les temps de fonctionnement, ceux-ci sont équivalents à fin 2015 [REDACTED] pour l'évaporateur 2042-10, [REDACTED] pour l'évaporateur 2042-20 et [REDACTED] pour l'évaporateur 2042-30).

L'évaporateur 2042-10 a toutefois fonctionné un peu plus longtemps au global des périodes (~1an de fonctionnement de plus par rapport au 2042-20 et 2042-30) ainsi qu'en concentration PF [REDACTED]

	2042-10	2042-20	2042-30
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Tableau 13 - Comparaison du fonctionnement des évaporateurs de l'unité 2042

- Comparaison des campagnes de mesures d'épaisseurs sur les évaporateurs NCP1

Plusieurs campagnes de mesures d'épaisseurs ont été réalisées sur les 3 évaporateurs de l'unité 2042 de l'atelier NCP1.

Leur conception étant identique, il est intéressant de constater qu'au regard de leur fonctionnement similaire, les vitesses de corrosion et les épaisseurs mesurées sont bien analogues.

Le comportement des évaporateurs de l'unité 2042 face au mécanisme de corrosion est identique. Cette reproductibilité permet de conforter l'estimation du risque d'apparition de la défaillance.

### Viroles latérales



### Fond

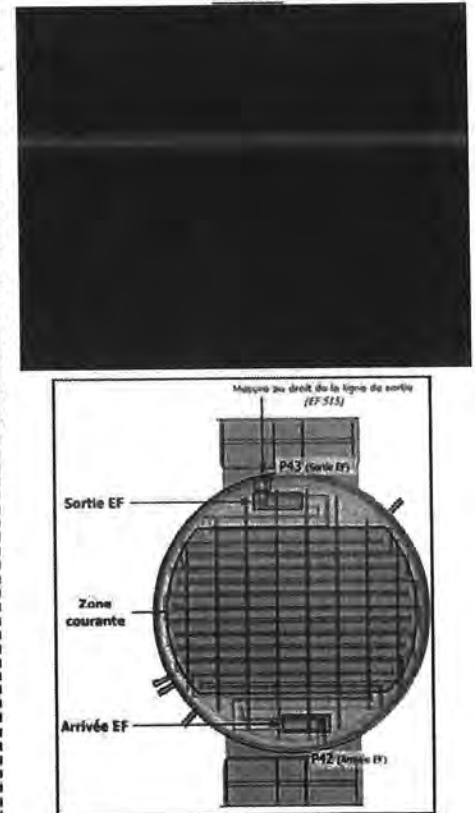


Figure 20 - comparaison des épaisseurs mesurées entre chaque évaporateur (campagnes 2042-10 ([29], [30], [31], [32], [24]) ; campagnes 2042-20 ([33], [34]) ; campagnes 2042-30 ([23], [21], [22]))

Comparaison 1 : Les épaisseurs mesurées au niveau du dôme, de la colonne et de la virole du bouilleur de chacun des équipements 2042-10/20 et 30 sont très proches. Les vitesses de corrosion sur le fond des évaporateurs 2042-10 et 2042-30 sont et similaires et comprises entre [REDACTED] et [REDACTED]

Comparaison 2 : La figure 20 présente les mesures sur l'enveloppe externe de l'équipement avec pour le fond des évaporateurs 2042-10 et 2042-30, des mesures en inter spires (entre les demi-coquilles de chauffe). Certaines mesures ont été effectuées à proximité de l'entrée EF (11 points) et d'autres à proximité de la sortie EF (11 points) dans les zones directement adjacentes aux demi-coquilles. On constate qu'en moyenne l'épaisseur à proximité de l'entrée d'EF est équivalente voir légèrement supérieure à l'épaisseur moyenne à proximité de la sortie.

Ces observations démontrent l'équivalence du comportement en entrée et en sortie, conformément à l'attendu puisque le gradient de température entre l'entrée et la sortie du fond est faible en régime établi.

**Comparaison 3 :** Les évaporateurs 4120 de T2 et R2 concentrent des produits de fissions (PF) depuis respectivement 1990 et 1994. Les vitesses de corrosions moyennes constatées sur ces équipements sont toutes supérieures à [REDACTED] pour les zones situées sous double enveloppe de chauffe du fond inférieur (NT 2015-67523). Or le temps effectif de chauffe de ces évaporateurs, c'est-à-dire le temps où le métal est en contact de solutions procédé en conditions d'exploitation est d'environ [REDACTED] par an (environ [REDACTED] par an), ce qui correspond à la fin 2017, à environ [REDACTED] pour T2 et [REDACTED] pour R2. Ramené à ce temps de fonctionnement effectif, la vitesse de corrosion pour R2 et T2 est donc supérieure à [REDACTED].

Les évaporateurs 2042-10/20/30 sont également en [REDACTED] et ont traité des produits de fissions entre 1986 et 2002. Depuis cette date ils sont dédiés à la concentration d'effluents. Le temps de fonctionnement effectif en PF représente environ [REDACTED] du temps de fonctionnement total de ces évaporateurs. Ainsi, pour 2042-10, le temps de fonctionnement effectif total entre 1986 et 2017 est de [REDACTED] soit [REDACTED]. Cette durée de fonctionnement effectif se répartit en 2 périodes : [REDACTED] avec des produits de fission de 1986 à 2002, puis [REDACTED] avec des effluents entre 2002 et 2017. La vitesse de corrosion moyenne présentée à la figure 17 de l'ARSS 2014-14989 est de [REDACTED]. Cette vitesse de corrosion tient compte du temps effectif de fonctionnement de [REDACTED]. On constate qu'elle est inférieure à la vitesse de corrosion effective la plus faible constatée sur R2/T2. Ainsi, la vitesse de corrosion est plus faible lors du traitement des effluents actuels, comparés au traitement des PF.

Les campagnes de mesures réalisées à la fréquence de 24 mois permettront de confirmer l'analyse précédente.

Pour 2042-30, le temps effectif de fonctionnement entre 1986 et 2017 est de [REDACTED] répartis en [REDACTED] avec PF entre 1986 et 2002, puis [REDACTED] avec effluents. Le temps de fonctionnement effectif en PF représente environ [REDACTED] du temps de fonctionnement total de cet évaporateur également.

**Comparaison 4 :** Le §9.2.3.2 présente les mesures sur l'enveloppe externe de l'équipement avec au Tableau 4 les mesures aux interspires (entre les demi-coquilles de chauffe).

Ces mesures sont détaillées dans les figures ci-dessous respectivement pour 2042-10 et 30.

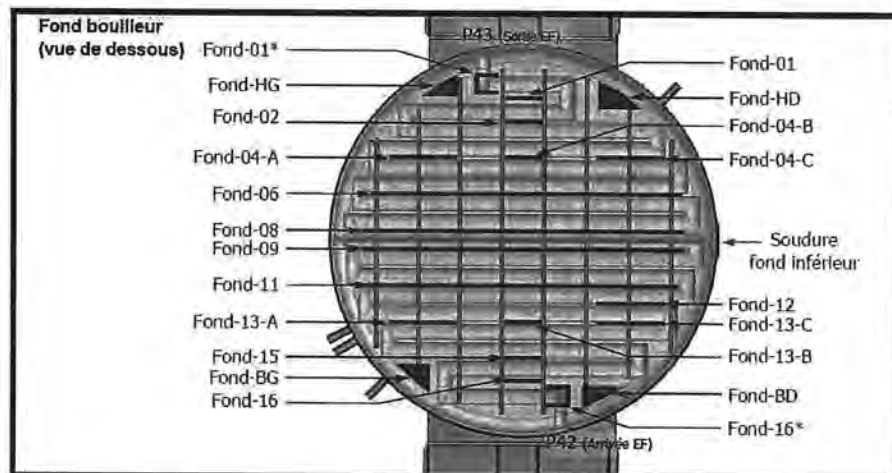


Figure 21 - repérage des interspires des fonds des évaporateurs 2042.

Ce repérage est commun aux 3 évaporateurs 2042-10, 20 et 30



Figure 22 - Mesures d'épaisseurs aux interspires du fond de 2042-10

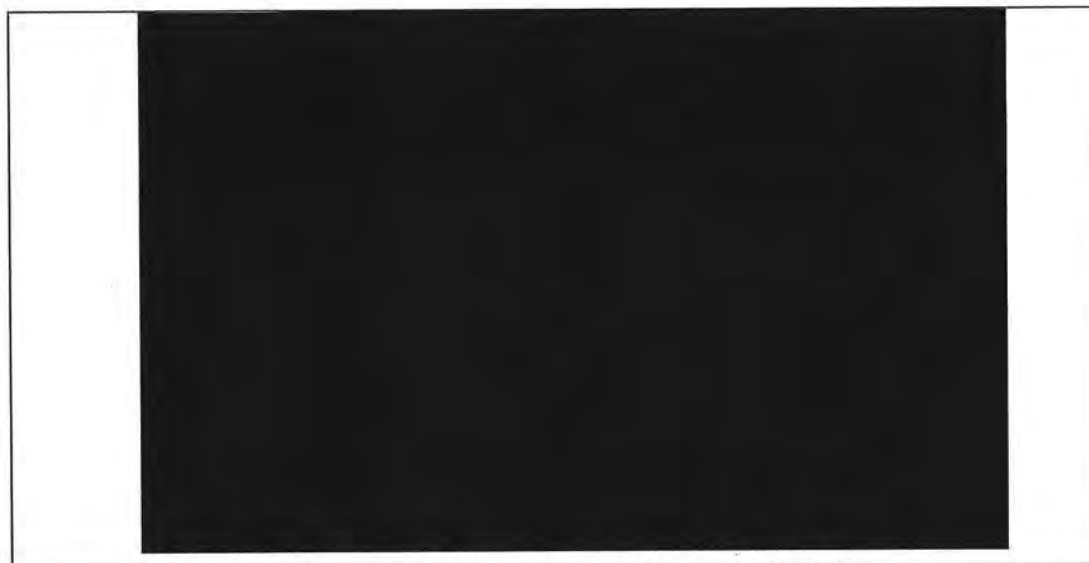


Figure 23 - Mesures d'épaisseurs aux interspires du fond de 2042-30

Les interspires de la zone courante des fonds des évaporateurs 2042-10 et 30 ont respectivement fait l'objet de 32 et 49 mesures, Ces interspires ont une largeur de [redacted]. Les mesures montrent une homogénéité des épaisseurs résiduelles avec de faibles dispersions, ie [redacted] pour les 32 mesures de 2042-10 et [redacted] pour les 49 mesures de 2042-30. Pour cette raison, il a été choisi de présenter ces mesures dans une seule zone appelée « zone courante ».

De plus 11 mesures ont été effectuées à proximité de l'entrée et 11 mesures à proximité de la sortie d'EF dans les zones directement adjacentes aux demi-coquilles d'arrivée et sortie d'EF. Pour 2042-10, on constate qu'en moyenne l'épaisseur à proximité de l'entrée d'EF [redacted] est équivalente à l'épaisseur moyenne à proximité de la sortie [redacted]. Le constat est semblable pour 2042-30 avec respectivement [redacted] à proximité de l'entrée et [redacted] mm à proximité de la sortie.

Le modèle de sonde utilisé pour les mesures en inter spire ou au droit des lignes EF est le même. De plus, la même méthode de mesure issue de la même norme (NF EN 14127) est utilisée. La dispersion des mesures obtenues en inter spire et au droit des lignes EF est comparable.

L'écart physique observé entre les mesures en inter spire (fond 01 et 01\*) et les mesures au droit de la ligne EF de sortie du fond de l'équipement 2042-10 (EF 515) est normal et s'explique par le gradient thermique entre la paroi de l'équipement en inter spire et sous la ½ coquille.

De plus, comme l'illustre le schéma ci-dessous extrait du plan des équipements, l'écartement des interspires est supérieur à proximité des entrées/sorties ce qui influence la température de paroi.



Il est ainsi observé que les mesures en inter spires réalisées à proximité des entrées et sorties (Fond 01, 01\*, 16 et 16\*), là où les interspires sont plus espacées (donc où la température de paroi est plus proche de la température d'ébullition du milieu) sont sensiblement plus élevées que les mesures réalisées dans le reste du fond où les interspires sont plus serrées. Cela est cohérent avec le profil thermique de l'équipement.

Comparaison 5 : Résultats de mesures des ZIS\*, au droit des piquages P43 de sortie d'EF des évaporateurs 2042-10 et 30

Les zones au droit du piquage P43 ont été mesurées pour les 2 évaporateurs 2042-10 et 30. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

ESPN	Zone	ID zone	Piquage	Date	Nb pts	Ep. nominale (mm)	Tolérance d'appro. (mm)	$E_{min}/E_{max}$ TQC (mm)	Ep. moy. mesurée (mm)	Ecart-type (mm)	Ep min. mesurée (mm)	Vitesse de corrosion moyenne ( $\mu\text{m/an}$ )
2042-10	Sous double enveloppe	EF 515	P43 (sortie d'EF)	Déc 2017	3	█	█	█	█	█	█	█
2042-30	Sous double enveloppe	EF 553	P43 (sortie d'EF)	Mai 2018	3	█	█	█	█	█	█	█

L'incertitude de mesure expérimentale évaluée est de l'ordre de  $\pm 0,2$  mm

**Tableau 14 – Présentation des résultats de mesures des la campagne de mesure des ZIS\* des évaporateurs 2042-10 et 30.**



La comparaison des deux évaporateurs 2042-10 et 30 montre qu'au droit du piquage P43, les vitesses de corrosion moyennes sont respectivement de [REDACTED]. La vitesse de corrosion de l'évaporateur 2042-10 est donc légèrement plus élevée mais reste du même ordre de grandeur : environ [REDACTED] vitesse de corrosion effective avec un fonctionnement [REDACTED] du temps.

#### 9.3.2.1.3 Identification de la zone sensible vis-à-vis du mécanisme de corrosion

Au regard du §9.2.3.2 et des épaisseurs limites du §9.1.3.1.2, la zone qui pilote la durée de vie (vitesse de corrosion la plus forte et marge mécanique la plus faible) est la zone du fond de l'évaporateur sous double enveloppe de chauffe, au droit de l'entrée et de la sortie de l'eau surchauffée.

Cette zone sensible (ZIS) est confirmée par la mesure d'épaisseur réalisée au droit de la ligne de sortie de l'EF sur le fond de l'évaporateur 2042-10.

#### 9.3.2.1.4 Hiérarchisation des zones sensibles et conclusion sur la ZIS

D'après les résultats des mesures d'épaisseur et la connaissance de l'équipement, un classement des zones de l'enveloppe de l'équipement est établi en regard de leur sensibilité à la dégradation par corrosion. Il est présenté dans le par ordre décroissant de sensibilité (la zone N°1 étant la plus sensible identifiée).

Zone de l'enveloppe	Métallurgie	Environnement interne	Environnement externe
<b>N°1 : Bouilleur - Fond plat inférieur</b> : Les zones sous les spires des DE du fond	Tôles - soudures	(Solution liquide concentrât PF) $T_{int} = T_{éb}$ [REDACTED] $P_{int} =$ [REDACTED]	(Eau surchauffée) $T_{ext} =$ [REDACTED] $P_{ext} =$ [REDACTED]
<b>N°2 : Bouilleur – Fond plat</b> : Les interspires de la DE	Tôles - soudures	(Solution liquide concentrât PF) $T_{int} = T_{éb}$ [REDACTED] $P_{int} =$ [REDACTED]	(Atmosphère de la cellule) $T_{ext} =$ [REDACTED] $P_{ext} =$ [REDACTED]
<b>N°3 : Bouilleur - Virole</b> : Les zones sous les spires des DE latérales. <i>Remarque :</i> - les zones sous la DE latérale basse sont plus sensibles, que celle de la DE latérale haute.	Tôles - soudures	(Solution liquide concentrât PF) $T_{int} = T_{éb}$ [REDACTED] $P_{int} =$ [REDACTED]	(Eau surchauffée) $T_{ext} =$ [REDACTED] $P_{ext} =$ [REDACTED]
<b>N°4 : Bouilleur - Virole</b> : hors zone sous flux thermique	Tôles - soudures	(Solution liquide concentrât PF) $T_{int} = T_{éb}$ [REDACTED] $P_{int} =$ [REDACTED]	(Atmosphère de la cellule) $T_{ext} =$ [REDACTED] $P_{ext} =$ [REDACTED]
<b>N°5 : Bouilleur - Fond GRC supérieur</b>	Tôles - soudures - forgés	(Phase gaz-condensats) $T_{int} = T_{éb}$ [REDACTED] $P_{int} =$ [REDACTED]	(Atmosphère de la cellule) $T_{ext} =$ [REDACTED] $P_{ext} =$ [REDACTED]

Zone de l'enveloppe	Métallurgie	Environnement interne	Environnement externe
<b>N°6 : Paroi de la colonne :</b> Les zones basses étant les plus sensibles.	Tôles - soudures - forgés	(Phase gaz-condensats) $T_{int} = T_{éb}$ [REDACTED] $P_{int} =$ [REDACTED]	(Atmosphère de la cellule) $T_{ext} =$ [REDACTED] $P_{ext} =$ [REDACTED]

Tableau 15 - Sensibilité des zones à la corrosion de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1.

Conclusion sur la ZIS :

La ZIS est la première des zones sensibles identifiées (c.-à-d. la plus critique du point de vue du risque de défaillance face à la perte d'épaisseur en corrosion) dans le Tableau 15.

**Pour l'évaporateur 2042-30, la ZIS se situe sous double enveloppe sur le fond plat inférieur de l'évaporateur au droit de l'entrée et de la sortie de l'eau surchauffée.**

**9.3.2.1.5 Probabilité d'apparition de la dégradation de type corrosion**

Au vu des éléments cités ci - dessus et conformément aux critères du « Guide des conditions particulières d'application du Titre III du décret 99.1046 [7] aux Equipements Sous Pression Nucléaire » [2], la probabilité d'apparition de la dégradation de type corrosion est considérée comme « **Forte** ».

**9.3.2.2 DETERMINATION DE LA MAITRISE DES CONDITIONS D'EXPLOITATION**

Un suivi en exploitation (évaporateur en fonctionnement) au niveau de l'équipement des conditions de température et des paramètres physico – chimiques des fluides procédé et caloporteur, tels que présentés dans §9.2.4, permet d'encadrer ce mode de dégradation.

Exigences opérationnelles	Périodicité
Suivi de la température caloporteur (2046 TE 33)	En continu
Suivi de la température procédé dans l'évaporateur (2042 TE 30)	En continu
Suivi de l'acidité dans l'évaporateur 2042-30	2 PE / jour 1 PE avant transfert
Suivi de la concentration en Fer dans l'évaporateur 2042-30	1 PE / semaine 1 PE avant transfert

Tableau 16 - Dispositions particulières mises en œuvre pour encadrer la corrosion

Les paramètres suivis sont intégrés au POES de l'équipement [35].

Le suivi de l'acidité est en encadré de manière à piloter l'évaporateur entre une acidité de [REDACTED] et de [REDACTED].

Pour cette gamme d'acidité, la variation en concentration du Fer sur une plage comprise entre [REDACTED] e [REDACTED] n'amène pas d'évolution notable de la vitesse de corrosion.

Il convient donc de vérifier chaque année lors d'un bilan annuel que l'acidité n'a pas dépassé en moyenne les [REDACTED] et que le Fer n'a pas dépassé en moyenne les [REDACTED].

Au vu des éléments cités ci – dessus, les conditions d'exploitation associées à ce mode de dégradation sont considérées comme « **Maitrisées** ».

### 9.3.2.3 DETERMINATION DE L'ADEQUATION DES INSPECTIONS AUX DEGRADATIONS

Des dispositions particulières visant à suivre plus précisément la corrosion de l'équipement sont mises en place en plus de celles relevant du suivi conventionnel. Les dispositions particulières mises en œuvre sont présentées dans le Tableau 17 et intégrées au POES de l'équipement [35].

Exigences opérationnelles	Périodicité
Mesures d'épaisseurs sur zones accessibles (Zones cf. §9.2.3.2.1)	48 mois
Epreuve hydraulique à 1,2XPS	24 mois*
Vérification visuelle partielle de la surface externe du bouilleur (cf. [13])	24 mois*

Tableau 17 : Dispositions particulières mises en œuvre pour encadrer la corrosion

\* Les tests sont effectués une fois tous les 2 ans, sans excéder 27 mois entre deux contrôles successifs.

L'examen visuel partiel de la surface externe du bouilleur (§9.2.2) et les mesures d'épaisseurs, explicitées au §9.2.3.2, sur les zones accessibles permettent d'évaluer la cinétique de dégradation liée à la corrosion.

L'épreuve hydraulique doit permettre de détecter tout défaut engendré par des mécanismes d'endommagement prévus ou non prévus à la conception.

La périodicité des dispositions particulières, définie dans le POES, se fait en accord avec la vitesse des phénomènes de dégradation identifiés de l'équipement.

Les inspections prévues sont réalisées sur les zones accessibles

Au vu des éléments cités ci – dessus, l'adéquation des inspections à ce type de dégradation est évaluée comme étant « **inspections pas totalement adéquates** ».

#### 9.3.2.4 NIVEAU DU FACTEUR DE DEGRADATION

Les niveaux des facteurs à considérer pour l'analyse du niveau du facteur de dégradation en fonction des modes de dégradation considérés sont :

- o Corrosion
  - Probabilité de l'apparition de la dégradation : **Fort**
  - Niveau de maîtrise des conditions d'exploitation : **Maitrisées**
  - Adéquation des inspections aux dégradations : **inspections pas totalement adéquates**

Probabilité d'apparition de la dégradation	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Exploitation Maitrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Exploitation Non-maitrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Après analyse de la matrice de détermination du facteur dégradation, le Niveau de ce facteur est :

- o Corrosion : **Niveau 3**

#### 9.3.3 Fatigue

##### 9.3.3.1 DETERMINATION DE LA PROBABILITE D'APPARITION DE LA DEGRADATION

L'équipement de par ses conditions d'exploitation est soumis à des cycles de pression / température et donc à un phénomène de fatigue.

A sa conception, l'équipement a été dimensionné vis-à-vis des cycles en pression [16]. La définition d'épaisseur limites à [ ] et [ ] nécessite la vérification du dimensionnement en fatigue de l'équipement.

Les résultats de ces calculs attestent du bon dimensionnement de l'équipement au mode de dégradation considéré.

Au vu de ces éléments ci-dessus, la probabilité d'apparition de la dégradation est considérée comme « **Faible** ».

### 9.3.3.2 DETERMINATION DE LA MAITRISE DES CONDITIONS D'EXPLOITATION

Un suivi en exploitation des paramètres pression / température de l'équipement permet d'encadrer ce mode de dégradation.

Le paramètre suivi est présenté dans le Tableau 18 et intégré au POES de l'équipement [35]:

Identification équipements ou seuil	Type de suivi
Suivi et enregistrement de la température du procédé dans l'évaporateur 2042-30 <b>2042 TE 30</b>	Relevé valeur en continu
Suivi et enregistrement de la température du caloporteur à l'entrée de l'évaporateur 2042-30 <b>2046 TE 33</b>	Relevé de valeur en continu
Suivi de la pression de la boucle <b>2046 PGH 32</b>	Relevé déclenchement

Tableau 18 : paramètres suivis encadrer le mécanisme de fatigue

Un historique des cycles thermique et pression a été constitué [28]

L'exploitation de cet historique permet de conforter les marges restantes pour l'exploitation de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1 (voir §9.2.4.1).

L'analyse des cycles et le suivi en exploitation permet donc de considérer que les conditions d'exploitation liées à la fatigue de l'équipement sont « **Maitrisées** ».

### 9.3.3.3 DETERMINATION DE L'ADEQUATION DES INSPECTIONS AUX DEGRADATIONS

Concernant la fatigue, un suivi des cycles thermiques et pression effectué au travers de la surveillance de la température avec une analyse annuelle justifie que le domaine d'apparition de la dégradation est maîtrisé.

#### 9.3.3.3.1 Adéquation des inspections liées à la fatigue

Des dispositions particulières visant à suivre plus précisément la fatigue de l'équipement sont mises en place.

Les dispositions particulières mises en œuvre sont présentées dans le Tableau 19 et intégrées au POES de l'équipement [35]:



Exigences opérationnelles	Périodicité
Epreuve hydraulique à 1,2 X PS	24 mois*
Vérification visuelle partielle de la surface externe du bouilleur (cf. [13])	24 mois*
Bilan des cycles réels en pression et en température	12 mois

Tableau 19 - Dispositions particulières mises en œuvre pour encadrer le mécanisme de fatigue

\* Les gestes sont effectués une fois tous les 2 ans, sans excéder 27 mois entre deux contrôles successifs.

Les conditions de température sont déjà suivies et analysées (voir §9.2.4.1). Le suivi et le bilan annuel des cycles thermiques et pression va permettre de connaître les marges restantes pour l'exploitation de l'équipement.

Le visuel partiel de la surface externe du bouilleur permet de détecter des fissurations.

L'épreuve hydraulique doit permettre de détecter tout défaut engendré par des mécanismes d'endommagement prévus ou non prévus à la conception.

La périodicité des dispositions particulières, définie dans le POES, se fait en accord avec la cinétique des modes de dégradation identifiés de l'équipement.

Au vu des éléments cités ci-dessus et conformément aux critères du « Guide des conditions particulières d'application du Titre III du décret 99.1046 [7] aux Equipements Sous Pression Nucléaire » [2], l'adéquation des inspections à ce type de dégradation est évaluée comme étant « **Pas totalement adéquate** ».

#### 9.3.3.4 NIVEAU DU FACTEUR DE DEGRADATION

Les niveaux des facteurs à considérer pour l'analyse du niveau du facteur de dégradation en fonction des modes de dégradation considérés sont :

- Fatigue
  - Probabilité de l'apparition de la dégradation : **Faible**
  - Niveau de maîtrise des conditions d'exploitation : **Maitrisées**
  - Adéquation des inspections aux dégradations : **Pas totalement adéquate**

Probabilité d'apparition de dégradation	Inspections adéquates			Inspections pas totalement adéquates			Absence d'inspection		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Exploitation									
Maitrisée	1	1	2	1	3	3	2	3	3
Non-maitrisée	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Après analyse de la matrice de détermination du facteur dégradation, le Niveau de ce facteur est :

- Fatigue : **Niveau 1**

### 9.3.4 Facteur Global de dégradation du niveau de sécurité de l'équipement

Après analyse de tous les facteurs de dégradation de l'équipement, le niveau global de dégradation attribuable à l'équipement est le plus important des niveaux des facteurs identifiés.

Pour l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1, on a :

- Corrosion (voir §9.3.2.4) : **Niveau 3.**
- Fatigue (voir §9.3.3.4) : **Niveau 1.**

Après analyse de tous les facteurs de dégradation de l'équipement, le niveau global de dégradation attribuable à l'équipement est **Niveau 3.**

## 9.4 Détermination du niveau de sécurité de l'ESPN

Pour déterminer le niveau de sécurité, on retient le niveau le plus pénalisant obtenu parmi les facteurs ci-dessus.

Les niveaux des facteurs étudiés sont :

- Facteur Fabrication (voir §9.1.4) : **Niveau 1**
- Facteur Etat (voir §9.2.5) : **Niveau 3**
- Facteur Dégradation (voir §9.3.4) : **Niveau 3**

Le niveau de sécurité retenu pour l'ESPN suite à l'analyse des différents facteurs est le **Niveau 3 « Risque de défaillance Fort ».**

## 10 EVALUATION DES CONSEQUENCES DE LA DEFAILLANCE DE L'ESPN

Les conséquences de la défaillance de l'évaporateur 2042-30 de l'atelier NCP1 sur les intérêts protégés mentionnés à l'article L.593-1 du Code de l'Environnement sont évaluées dans l'analyse de sûreté référencée [4].

Pour mémoire, les intérêts protégés sont :

- la sécurité, la santé et la salubrité publiques ;
- la protection de la nature et de l'environnement.

### 10.1 Retour d'expérience (REX)

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]



Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

[REDACTED]



Edition GEIDE du 02/07/2018 - Etat Validé - Le 02/07/2018

[Redacted content]



## 10.2 Rappel des caractéristiques de l'ESPN

### Classement de l'ESPN

L'évaporateur 2042-30 de l'Atelier NCP1 est un ESPN de niveau N2 et de catégorie IV. Le classement retenu est justifié dans l'analyse de sûreté dite de justification en niveau et en classement de l'ESPN relevant des annexes 5 et 6 de l'arrêté de référence [2].

Les autres caractéristiques techniques de l'ESPN sont décrites aux paragraphes § 5 et 6 de la présente note.

### Environnement de l'ESPN

La prévention contre les risques de dispersion de matières radioactives est assurée par l'organisation des ateliers en systèmes de confinement selon les principes développés dans le RPS UP2-400.

Un premier système de confinement est conçu de manière à éviter une dissémination de la radioactivité dans les zones de circulation du personnel ou dans l'environnement.

Il est composé de deux barrières :

- une première barrière statique constituée par les [REDACTED]
- une seconde barrière statique est constituée par les [REDACTED] qui assurent la continuité. Elle a pour but :
  - de limiter la dissémination de matière radioactive en cas de défaillance de la première barrière,
  - d'assurer la protection contre l'irradiation du personnel,
  - de permettre les opérations nécessaires pour revenir à la situation normale.

Le confinement statique ainsi obtenu est complété par un confinement dynamique [REDACTED]

- [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED] est prévu en tout point où la continuité du [REDACTED] ne peut être totalement garantie (i.e. cas des traversées non classées non-disséminantes). Ce [REDACTED] est constitué d'au moins une barrière assurant une protection supplémentaire de l'environnement contre la dispersion des matières radioactives.

D'une manière générale, les salles situées autour des cellules actives font partie du deuxième système de confinement.

### 10.3 Conséquences sur le personnel

Les conséquences de la défaillance de l'équipement sur les travailleurs sont appréciées en prenant en compte l'environnement de l'équipement.

Les conséquences sur les travailleurs suite à une défaillance de l'équipement sont analysées à un niveau faible dans les scénarios du document en référence [4].

4 scénarii ont été étudiés au niveau du document [4] :

- scénario 1 : fuite d'eau surchauffée dans la cellule,
- scénario 2 : fuite d'eau surchauffée dans l'évaporateur,
- scénario 3 : perte de confinement du bouilleur,
- scénario 4 : perte concomitante des compartiments procédé et caloporteur.

Le document [4] présente l'impact sur les travailleurs pour les 4 scénarii comme suit :

#### Scénario 1 :

La présence de personnel en cellule étant exclue (la zone 900 n'est pas accessible au personnel), aucune conséquence sur le personnel n'est à envisager, y compris dans les locaux adjacents de la zone 700.

#### Scénario 2 :

En l'absence de surpression remettant en cause l'intégrité de l'évaporateur, la défaillance est sans conséquence directe sur le personnel pouvant être présent dans les locaux adjacents.

Une contamination du circuit caloporteur et le risque résultant d'exposition externe du personnel peuvent nécessiter des dispositions concertées entre l'exploitant et les équipes radioprotection pour limiter l'accès aux locaux présentant un risque radiologique.

Les opérateurs sont équipés d'un Dosicard possédant une alarme en cas de risque radiologique.

#### Scénario 3 :

La présence de personnel en cellule est exclue.

Parmi les locaux accessibles au personnel en fonctionnement normal, ceux où sont présents les filtres et les conduits de ventilation sont impactés par cette défaillance en raison de l'augmentation de l'activité entraînée dans ces filtres et conduits.

Le DED majorant à proximité des caissons filtres est estimé à [REDACTED]. Celui à proximité d'un conduit de ventilation est estimé à [REDACTED].

Les dispositions prises par l'exploitant et le service de radioprotection pour limiter l'accès aux locaux présentant un risque radiologique (contamination ou exposition) permettent d'assurer la protection du personnel du risque d'exposition externe résultant de la défaillance.

Il est à noter que les opérations de mise à l'état sûr nécessitent un déplacement en local. L'irradiation des conduits de ventilation en aval de la cellule ou l'éventuelle contamination des locaux attenants à la cellule suite à l'inversion des débits de transfert d'air n'empêchent pas la réalisation des opérations d'apport d'eau pour le refroidissement de la solution en lèchefrite puis de sa vidange.

De façon plus générale, les différents dispositifs de détection radiologique (CRP) des locaux accessibles du bâtiment NCP1 permettent l'évacuation rapide du personnel présent en cas de risque radiologique.

Les opérateurs sont équipés d'un Dosicard possédant une alarme en cas de risque radiologique.

#### Scénario 4 :

L'évaluation du DED dans le local des filtres du DNF et au voisinage des conduits de ventilation est estimée de la même façon que celle présentée pour le scénario 3 en considérant un rejet immédiat supplémentaire dû à la vapeur générée et extraite par le réseau de ventilation bâtiment.

Pour le scénario 4, le DED majorant à proximité des caissons filtres est estimé à [REDACTED] celui à proximité d'un conduit de ventilation à [REDACTED].

Les dispositions prises par l'exploitant et le service de radioprotection pour limiter l'accès aux locaux présentant un risque radiologique (contamination ou exposition) permettent d'assurer la protection du personnel face au risque d'exposition externe résultant de la défaillance.

Il est à noter que les opérations de mise à l'état sûr nécessitent un déplacement en local. L'irradiation des conduits de ventilation en aval de la cellule ou l'éventuelle contamination des locaux attenants à la cellule suite à l'inversion des débits de transfert d'air n'empêchent pas la réalisation des opérations d'apport d'eau pour le refroidissement de la solution en lèchefrite puis de sa vidange.

Les différents dispositifs de détection radiologique (CRP) des locaux accessibles du bâtiment NCP1 permettent l'évacuation rapide du personnel présent en cas de risque radiologique.

Les opérateurs sont équipés d'un Dosicard possédant une alarme en cas de risque radiologique.

Scénario 3 et 4 :

En cas de scénario 3 ou 4, l'alarme de niveau de la lèchefrite se déclenche et les opérateurs vérifient la hauteur de liquide en lèchefrite. Si la présence de liquide en lèchefrite est confirmée par cette mesure ou en cas d'atteinte de l'un des seuils des autres dispositifs de surveillance (niveau bas de l'évaporateur, contamination cellule...), les opérateurs (ou le contrôle-commande, en cas de non détection par les opérateurs) arrêtent les alimentations et la chauffe de l'évaporateur.

Le traitement des gaz associé à l'évaporateur est maintenu en fonctionnement pendant l'incident.

La lèchefrite 2042-11 de la cellule est dimensionnée pour recevoir la totalité de la solution (volume LF = [REDACTED]) :

- Scénario 3 : la solution radioactive occupe [REDACTED]. Il reste une réserve d'environ [REDACTED] supplémentaires permettant la réception, [REDACTED]
- Scénario 4 : la solution radioactive occupe [REDACTED]. Le circuit calo caloporteur représente [REDACTED]. Il reste une réserve d'environ [REDACTED] supplémentaires permettant la réception, si nécessaire, [REDACTED]

La solution collectée dans la lèchefrite de la cellule [REDACTED] est transférée par éjecteur vers la cuve 271-10 ou 2047-10 ou 2041-11 conformément aux procédures de l'ensemble HAPF.

La mise en état sûr de l'installation se fait depuis la salle de conduite (aucune opération en locale). Aucune dose absorbée n'est donc prévue pendant cette intervention

#### 10.4 Conséquences sur l'environnement

Les conséquences de la défaillance de l'équipement sur l'environnement et le public sont appréciées en prenant en compte l'environnement de l'équipement.

Les conséquences sur l'environnement suite à une défaillance de l'équipement sont analysées dans le document en référence [4].

Les deux scénarios jugés les plus crédibles du fait du REX observé sur le site AREVA La Hague n'entraînent pas d'impact sur le personnel, le public ou l'environnement

Seuls les scénarios hautement pénalisants de perte totale de confinement de l'évaporateur, soit la dispersion instantanée de [REDACTED] de solution de produits de fission dans la cellule, conduisent à un impact [REDACTED]

Les mécanismes d'endommagement conduisant à de tels scénarios n'ont à ce jour jamais été observés sur le site.

Les scénarios hautement pénalisant sont les scénarios 3 et 4 :

- - scénario 3 : perte de confinement du bouilleur,
- - scénario 4 : perte concomitante des compartiments procédé et caloporteur.

Pour le scénario 3, l'impact à l'environnement est estimé en considérant la totalité de la solution radioactive déversée dans la lèchefrite de la cellule évaporateur.

L'impact maximal serait de [REDACTED]

Pour le scénario 4, l'impact à l'environnement est estimé de la même façon que celle présentée pour le scénario 3 en ajoutant un rejet immédiat supplémentaire dû à la vapeur générée et extraite par le réseau de ventilation bâtiment.

L'impact maximal serait de [REDACTED]



## 11 PERIMETRE DE LA DEMANDE D'AMENAGEMENT AUX REGLES DE SUIVI EN SERVICE

Dans l'impossibilité d'effectuer la totalité des gestes réglementaires requis par les annexes 5 et 6 de l'arrête [2] (inspection visuelle externe partielle), les dispositions particulières envisagées, objet d'une demande d'aménagement, en application de l'article R557-1-3 du Code de l'environnement, sont explicités dans les tableaux ci-dessous avec leur périodicité et modalité respectives de mise en œuvre.

L'analyse de l'équivalence du niveau de sécurité par rapport à celui qui serait établi par application des mesures réglementaires ESPN ne peut être réalisée sur la base d'une méthode générique telle que la méthode de cotation en annexe du courrier du groupe inter-exploitant [36]. En effet, le niveau de sécurité retenu pour l'ESPN 2042-30 de l'atelier NCP1 étant le **Niveau 3 « Risque de défaillance fort »**.

Pour ces raisons, et au-delà de la requalification réglementaire positionnée tous les 60 mois, il est mis en œuvre **un plan de surveillance renforcé**.

Inspection réglementaire			Faisabilité (oui/non/ partielle)
Type de suivi	Réglementation	Périodicité	
Inspection périodique	Vérification intérieure et extérieure de l'équipement Arrêté [2] - Annexe 5 - §3	40 mois [2]	Partielle  (visuelle externe < 20% de la surface de l'ESPN)
Requalification périodique	Vérification de l'adéquation documentaire Arrêté [2] - Annexe 6 - §2	60 mois [2]	Oui
	Vérification intérieure et extérieure de l'équipement Arrêté [2] - Annexe 6 - §2	60 mois [2]	Partielle  (visuelle externe < 20% de la surface de l'ESPN)
	Epreuve Hydraulique Arrêté [2] - Annexe 6 - §2	60 mois [2]	Oui
le guide professionnel (AFCEN) pour le classement des réparations et modifications des équipements sous pression nucléaires soumis à l'annexe 5 de l'arrêté du 12 décembre 2005 modifié, référence RS-16.009, dans sa version de l'édition 2016: Vérification finale de l'évaluation de la conformité après modification	Vérification intérieure et extérieure qui peut être limitée à la partie réparée ou modifiée.		Partielle  (S = surface visible, visuel externe 10%<S<20% de la surface de l'ESPN)

Tableau 20 - Faisabilité des dispositions réglementaires sur l'équipement 2042-30 de l'atelier NCP1

Dispositions particulières		Périodicité proposée
Gestes compensatoires	- Mesure d'épaisseur par ultrasons sur l'équipement au niveau de la ZIS* (mesure par ligne EF 553) - Analyse des mesures d'épaisseur	24 mois * [35]
	- Mesure d'épaisseur par ultrasons sur le bouilleur sur l'ensemble des parties accessibles, c'est-à-dire : → H/0, H/1, H/4, H/6 et H/8 au niveau de la virole latérale → Zone courante, zone sortie EF et zone entrée EF (voir Figure 15)  - Analyse des mesures d'épaisseur	48mois [35]
	- Bilan des cycles thermiques et pression	12 mois [35]
	Inspection visuelle partielle (S = surface visible, visuel externe 10%<S<20% de la surface de l'ESPN)	24 mois* [35]
	- Epreuve hydraulique en présence d'un organisme habilité Mise en pression en zone 900 à 1,2 x PS, avec surveillance, enregistrement et suivi de la pression) depuis un local en zone accessible.	24 mois * [35]
	Analyse du bilan du suivi des températures du caloporteur et du fluide procédé	12 mois [35]
	Analyse du bilan du suivi des caractéristiques physico-chimiques du liquide procédé (acidité, fer)	12 mois [35]
Requalification périodique	- Vérification de l'adéquation documentaire Arrêté [3] - Annexe 6 - §2	60 mois [35]
	Inspection visuelle partielle (S = surface visible, visuel externe 10%<S<20% de la surface de l'ESPN)	60 mois [35]
	Epreuve Hydraulique Arrêté [3]- Annexe 6 - §2  Mise en pression en zone 900 à 1,2 x PS, avec surveillance, enregistrement et suivi de la pression) depuis un local en zone accessible.	60 mois [35]

Dispositions particulières		Périodicité proposée
<p>le guide professionnel (AFCEN) pour le classement des réparations et modifications des équipements sous pression nucléaires soumis à l'annexe 5 de l'arrêté du 12 décembre 2005 modifié, référence RS-16.009, dans sa version de l'édition 2016: Vérification finale de l'évaluation de la conformité après modification</p>	<p>Inspection visuelle partielle (S = surface visible, visuel externe 10% &lt; S &lt; 20% de la surface de l'ESPN)</p>	
	<p>Absence d'examen des parois en épreuve au contact.</p>	
	<p>Mise en pression en zone 900 à 1,2 x PS, avec surveillance, enregistrement et suivi de la pression) depuis un local en zone accessible.</p> <p>La sanction de l'épreuve repose sur l'absence de fuite du compartiment sous pression : elle correspond à l'absence de baisse de pression au cours du palier d'épreuve maintenue sans compensation durant une durée d'une heure minimum.</p>	

Tableau 21 - Dispositions complémentaires en nature et/ou en périodicité proposé sur l'équipement 2042-30 de NCP1

\* Les gestes sont effectués une fois tous les 2 ans, sans excéder 27 mois entre deux contrôles successifs.

Remarque :

- Le compartiment nucléaire étant en dépression (<0,5 bar), aucune épreuve hydraulique n'est réalisée sur ce compartiment.
- A l'issue des opérations de requalification périodique, un procès-verbal est rédigé et signé par un représentant d'un organisme habilité par l'ASN.
  - Ce procès-verbal atteste que les opérations de requalification périodique mentionnées dans cette présente note ont bien été réalisées. Le procès-verbal est accompagné des comptes rendus détaillés des opérations effectuées. Ce procès-verbal ainsi que les documents associés sont intégrés au Dossier d'EXploitation (DEX) de l'équipement
- les gestes présentés ci-dessus appartiennent exclusivement au périmètre ESPN. Les gestes réalisés dans le cadre de la réglementation ESP (boucle caloporteur) sont par ailleurs maintenus.