

9.2.3.3.4 Détermination d'une durée de vie de fonctionnement réduite par rapport à la corrosion

Les calculs de durée de vie sont effectués pour la ZIS, arrivée d'eau surchauffée du fond GRC. Les résultats sont présentés dans le Tableau 13.

Épaisseur limite (mm)	F1	F2	DMF	DMF réduite
████	████	████	████	████

Tableau 13 - Durée minimale de fonctionnement estimée à ce jour dans la zone sensible – Evaporateur 4120-21 de T2

9.2.3.3.5 Estimation de la périodicité des campagnes de mesures d'épaisseur

En se basant sur la **DMF réduite**, un facteur F1 de █████ et un facteur F2 de █████, on obtient la périodicité (Cf. 9.3.2.1.3.4) de campagne de mesure suivante :

$$X = \frac{\text{████}}{2} = \text{████ ans} = \text{████ mois (soit une périodicité de 60 mois)}$$

Le contrôle d'épaisseur suivant devrait donc être effectué en 2020. Cependant, vu les similarités observées sur les trois évaporateurs de T2 et à titre conservatoire, il est retenu une périodicité de contrôle de 12 mois pour l'évaporateur qui présente les vitesses de corrosion les plus importantes, à savoir l'évaporateur 4120-23, et de 40 mois pour les autres.

$$v_{\text{CORR}}^{T2\ 4120-23} > v_{\text{CORR}}^{T2\ 4120-22} > v_{\text{CORR}}^{T2\ 4120-21}$$

9.2.4 Suivi de l'historique de fonctionnement

9.2.4.1 Hypothèse de conception

Comme il a été déterminé au § 9.1.4, le nombre de cycles admissibles suivant les données du REX exploitant est $N_{\text{adm.}} = 971$ cycles. La fissuration par fatigue n'est pas à craindre si le nombre de cycles évaporatoire en fin de vie de l'équipement est inférieur à 971 cycles. Il a été estimé dans la note [17]

[17] NT 100210 12 0007 B : Note de calcul en fatigue des évaporateurs R2 et T2 4120-21/22/23

un nombre de cycles de █████ cycles évaporatoires sans coupure pression et █████ cycles évaporatoires avec coupure pression pour une durée de vie de l'équipement de 35 ans.

9.2.4.2 Historique

Depuis la mise en service en Août 1990 jusqu'à fin 2012, l'historique du fonctionnement des évaporateurs 4120 de T2 [21] permet d'obtenir le Tableau 14.

Nombre de cycles température seule	Nombre de cycles température et pression	Nombre de cycles pression seule
████	████	████

Tableau 14 – Bilan des cycles

9.2.4.3 Détermination d'une durée de vie de fonctionnement réduite par rapport à la fatigue

Le tableau suivant présente la comparaison du nombre de cycles réellement subis par l'équipement avec le nombre de cycles admissibles. A fin 2012, l'avancement du vieillissement par fatigue avait atteint 32% du nombre maximal admissible de cycles prévu dans les calculs de dimensionnement.

Nombre de cycles admissibles température / pression	Critère : $(N_{T\text{réel}} + N_{(P+T)\text{réel}}) / N_{T\text{adm}} + (N_{(P+T)\text{réel}} + N_{P\text{réel}}) / N_{P\text{adm}} < 1$
971 Cycles / 181 375 Cycles	0,32

Tableau15 – Marge fatigue de l'évaporateur 4120-21 de T2

Au vu des résultats obtenus pour l'évaporateur 4120-21 de T2 qui a été mis en service en 1990, le phénomène de fissuration par fatigue n'est pas à craindre avant [REDACTED].

9.2.5 Niveau du facteur état de l'équipement

Au vu des éléments cités ci-dessus, le niveau du facteur état de l'équipement est estimé comme étant un facteur de **Niveau 2**.

9.3 DETERMINATION DU FACTEUR DEGRADATION

« 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*
 - *Adéquates : 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 :

	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)
Vieillessement induit par contrainte mécanique à basse température		
- 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
- 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 [REDACTED]	Non
Vieillessement induit par contrainte mécanique à haute température		
- Vieillessement 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 [REDACTED] à partir de [REDACTED]. La température maximale d'utilisation de l'équipement est trop faible pour induire un vieillissement thermique.	Non
Vieillessement induit par usure mécanique		
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"> • Tribocorrosion • Erosion-corrosion • Cavitation-corrosion 	Les conditions de fonctionnement ne sont pas réunies pour entraîner ces phénomènes.	Non
Vieillessement induit par corrosion à basse température		
- 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
- 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	- Le fluide procédé n'a pas de caractère piqûrant vis-à-vis de [REDACTED] - Il n'y a aucun risque de piqûration de [REDACTED] au niveau de la boucle caloporteur. - Le caloporteur est constitué d'eau [REDACTED]	Non
- Corrosion humide : cavernreuse	- Le fluide procédé n'est pas de nature à engendrer une corrosion localisée vis-à-vis de [REDACTED]. - Le caloporteur est constitué d'eau [REDACTED].	Non
- Corrosion humide : intergranulaire	- [REDACTED] travaille dans son domaine passif. - Il n'y a aucun risque de corrosion intergranulaire de [REDACTED] au niveau de la boucle caloporteur.	Non
- Corrosion humide : par courant vagabond	Les standards de conception permettent d'éviter ce type de phénomène.	Non
Vieillissement induit par corrosion à haute température		
Corrosion haute température	Les conditions de fonctionnement ne sont pas réunies pour entraîner ces phénomènes.	Non
Vieillissement sous irradiation		
Vieillissement sous flux neutronique	Les études menées en réacteur sur les [REDACTED] montrent que l'impact de ce flux neutronique devient significatif à partir d'environ [REDACTED] n/cm ² . Aucun équipement de l'Etablissement AREVA NC la Hague ne rencontre ce niveau de flux neutronique.	Non

Tableau 16 - Liste des modes de dégradation

Les modes de dégradation subis par l'équipement sont la corrosion par dissolution uniforme et généralisée, et la fatigue. Les phénomènes de dégradation potentiels sont précisés dans le tableau ci-dessous :

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 17 - Identification des modes de dégradation de l'évaporateur T2 4120-21

9.3.2 Corrosion

9.3.2.1 Détermination de la probabilité d'apparition de la dégradation

9.3.2.1.1 Données expérimentales

Le comportement de ██████████ en milieu nitrique de concentration de produits de fission est de type dissolution uniforme.

Les études expérimentales ont notamment étudié l'impact d'espèces potentiellement pénalisantes pour la corrosion de ██████████ en milieu nitrique de retraitement du combustible nucléaire, tels que des ions oxydants, les halogénures ou le fer.

- Ions oxydants :

Il est couramment admis que le milieu PF est globalement réducteur en la présence de formol, d'acide formique et d'acide nitreux lors de l'étape de concentration en dénitrification formique et devient oxydant lors de l'étape de reflux total suite à l'élimination de ces espèces. Le passage d'un ion oxydant à sa valence supérieure dépend de la nature du couple redox et de sa cinétique dans le milieu.

Des études ont montré le caractère très improbable de l'oxydation du chrome (III) en chrome (IV) lors de cette seconde phase du cycle. Le passage au degré d'oxydation supérieur d'autres espèces situées à des valeurs de potentiel plus élevées que celle du chrome comme Ru, Ag, Ce et Mn est donc également fortement improbable et seront donc par conséquent sans impact sur la corrosion de ██████████. Le neptunium pourrait être présent à son degré d'oxydation +VI et entraîner une augmentation de la vitesse de corrosion, cependant les études montrent que cette corrosion reste de type dissolution homogène dans la plage de fonctionnement des évaporateurs.

- Halogénures :

Deux halogénures sont susceptibles d'être présents dans la solution PF : le fluor et le chlore. L'expérience montre que leur présence cause une accélération de la corrosion, cependant celle-ci reste de type dissolution homogène. De plus, ceux-ci complexent avec les éléments zirconium, fer et aluminium présents en quantité significative dans le milieu, réduisant significativement leur pouvoir corrosif. Le ratio molaire Zr/F étant notamment suffisant pour avoir une concentration en fluor non complexé négligeable.

Par ailleurs, la teneur en chlore est suffisamment faible pour ne pas être considérée comme significative.

- Ions Fe³⁺ :

Les ions Fe³⁺ proviennent de la corrosion de l'acier dans le milieu nitrique en amont des évaporateurs et dans les évaporateurs. Ceux-ci catalysent la réaction d'oxydation du fer. Sur la plage de fonctionnement des évaporateurs, la vitesse de corrosion est d'autant plus élevée que la concentration en ions Fe³⁺ est importante.

Les études expérimentales montrent que la corrosion de ██████████ en présence d'ions Fe³⁺ est de type dissolution homogène jusqu'à 60 g/L en milieu HNO₃ 2,5 N à ébullition. La concentration en ions Fe³⁺ au sein des évaporateurs en fonctionnement est restée en moyenne inférieure à ██████████ et diminue depuis le début d'exploitation des équipements pour atteindre des valeurs de l'ordre de ██████████ depuis ██████████. Ce paramètre est par ailleurs suivi dans les concentrats.

Le mécanisme est également thermiquement activé ce qui engendrera une perte d'épaisseur d'autant plus importante que la température de paroi est grande.

L'ensemble des demi-produits entrant dans la fabrication d'un évaporateur PF, ainsi que l'impact des opérations de mise en forme ou d'assemblage ont fait l'objet d'études expérimentales visant à vérifier leur impact sur le comportement en corrosion. L'approvisionnement et la fabrication ont ainsi été effectués dans le respect des règles de conception issues des données expérimentales.

Ainsi, la sensibilité des zones à la corrosion est identifiée dans le tableau ci-dessous, de la zone la plus sensible à la moins sensible.

Zone	Matière	Environnement	Etat
n°1 : Arrivée eau surchauffée - fond du bouilleur	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : eau surchauffée	$T_{ext} = \dots^{\circ}\text{C}$ $T_{int} = T_{éb} \dots^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = -0,02$ bar relatif $P_{ext} = \dots$ bar relatif
n°2 : Arrivée eau surchauffée - circuit latéral bas virole du bouilleur	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : eau surchauffée	$T_{ext} = \dots^{\circ}\text{C}$ $T_{int} = T_{éb} \dots^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \dots$ bar relatif $P_{ext} = \dots$ bar relatif
n°3 : Arrivée eau surchauffée - circuit latéral haut virole du bouilleur	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : eau surchauffée	$T_{ext} = \dots^{\circ}\text{C}$ $T_{int} = T_{éb} \dots^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = -0,02$ bar relatif $P_{ext} = \dots$ bar relatif
n°4 : Paroi sous double enveloppe - fond du bouilleur	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : eau surchauffée	$T_{ext} = \dots^{\circ}\text{C}$ $T_{int} = T_{éb} \dots^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = -0,02$ bar relatif $P_{ext} = \dots$ bar relatif
n°5 : Paroi sous double enveloppe - circuit latéral bas virole du bouilleur	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : eau surchauffée	$T_{ext} = \dots^{\circ}\text{C}$ $T_{int} = T_{éb} \dots^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = -0,02$ bar relatif $P_{ext} = \dots$ bar relatif
n°6 : Paroi sous double enveloppe - circuit latéral haut virole du bouilleur	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : eau surchauffée	$T_{ext} = \dots^{\circ}\text{C}$ $T_{int} = T_{éb} \dots^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = -0,02$ bar relatif $P_{ext} = \dots$ bar relatif
n°7 : Paroi interspire - fond du bouilleur	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : atmosphère de la cellule	$T_{ext} = \text{Ambiante}$ $T_{int} = T_{éb} \dots^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \dots$ bar relatif $P_{ext} = -0,02$ bar relatif

Zone	Matière	Environnement	Etat
n°8 : Paroi interspire - circuit latéral bas virole du bouilleur	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : atmosphère de la cellule	$T_{ext} = \text{Ambiante}$ $T_{int} = T_{éb} \sim \text{■}^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \text{■} \text{ bar relatif}$ $P_{ext} = -0,02 \text{ bar relatif}$
n°9 : Paroi interspire - circuit latéral haut virole du bouilleur	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : atmosphère de la cellule	$T_{ext} = \text{Ambiante}$ $T_{int} = T_{éb} \sim \text{■}^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \text{■} \text{ bar relatif}$ $P_{ext} = -0,02 \text{ bar relatif}$
n°10 : Paroi bouilleur sous niveau liquide	Tôles - soudures	Int : Solution liquide concentrat PF Ext : atmosphère de la cellule	$T_{ext} = \text{Ambiante}$ $T_{int} = T_{éb} \sim \text{■}^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \text{■} \text{ bar relatif}$ $P_{ext} = -0,02 \text{ bar relatif}$
n°11 : Paroi bouilleur au-dessus du niveau liquide	Tôles – soudures – pièces forgées	Int : Phase vapeur-condensat Ext : atmosphère de la cellule	$T_{ext} = \text{Ambiante}$ $T_{int} = T_{éb} \sim \text{■}^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \text{■} \text{ bar relatif}$ $P_{ext} = -0,02 \text{ bar relatif}$
n°12 : Colonne intermédiaire	Tôles – soudures – pièces forgées	Int : Phase vapeur-condensat Ext : atmosphère de la cellule	$T_{ext} = \text{Ambiante}$ $T_{int} = T_{éb} \sim \text{■}^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \text{■} \text{ bar relatif}$ $P_{ext} = -0,02 \text{ bar relatif}$
n°13 : Colonne 1 ^{er} plateau	Tôles – soudures – pièces forgées	Int : Phase vapeur-condensat Ext : atmosphère de la cellule	$T_{ext} = \text{Ambiante}$ $T_{int} = T_{éb} \sim \text{■}^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \text{■} \text{ bar relatif}$ $P_{ext} = -0,02 \text{ bar relatif}$
n°14 : Colonne 2 ^{ème} à 4 ^{ème} plateau	Tôles – soudures – pièces forgées	Int : Phase vapeur-condensat Ext : atmosphère de la cellule	$T_{ext} = \text{Ambiante}$ $T_{int} = T_{éb} \sim \text{■}^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \text{■} \text{ bar relatif}$ $P_{ext} = -0,02 \text{ bar relatif}$
n°15 : Colonne 5 ^{ème} plateau	Tôles – soudures – pièces forgées	Int : Distillat Ext : atmosphère de la cellule	$T_{ext} = \text{Ambiante}$ $T_{int} = T_{éb} \sim \text{■}^{\circ}\text{C}$ $P_{int} = \text{■} \text{ bar relatif}$ $P_{ext} = -0,02 \text{ bar relatif}$

Tableau 18 - Sensibilité des zones à la corrosion de l'évaporateur 4120-21 de T2

9.3.2.1.2 Retour d'expérience sur l'utilisation de l'Uranus S1

Précédemment, l'Uranus S avait été retenu en 1965 pour la construction des évaporateurs de Produits de Fission 242.10-20-30 de l'atelier HAPF, puis l'Uranus S1N avait été retenu en 1978 pour celle des évaporateurs NCP1, et finalement le choix de l'Uranus S1N ASV (Affiné Sous Vide) a été fait en 1983 pour la construction des évaporateurs de R2 et T2, et pour la construction de l'évaporateur de R7.

L'utilisation de ces évaporateurs a été effectuée sur des plages de fonctionnement plus ou moins différentes vis-à-vis des paramètres de température et vis-à-vis des compositions chimiques des solutions à traiter. Les vitesses de corrosion ne sont donc pas directement comparables.

9.3.2.1.3 Retour d'expérience des inspections

9.3.2.1.3.1 Evaporateur R7 : REX percement

À ce jour, l'évaporateur R7 n'est pas démantelé. Selon une observation visuelle au moyen d'un endoscope dans le bouilleur de l'évaporateur effectuée lors d'une mise en eau de la double enveloppe, il semble que le percement se soit produit au niveau de l'arrivée d'eau surchauffée sur la paroi latérale basse de la virole du bouilleur.

Remarque : Pour l'évaporateur R7, l'épaisseur initiale des tôles était plus faible sur la virole que sur le fond.

9.3.2.1.3.2 Évaporateurs R2 4120-21, -22 et -23 et T2 4120-23 : REX effet thermique

L'effet thermique sur la vitesse de corrosion concerne principalement les zones chauffées et adjacentes, c'est-à-dire sous double enveloppe et en interspire.

Le facteur « F1 » qui précise le lien entre la vitesse de corrosion sous DE et en interspire est défini de la façon suivante :

$$F1 = \frac{V_{corr}^B}{V_{corr}^A}$$

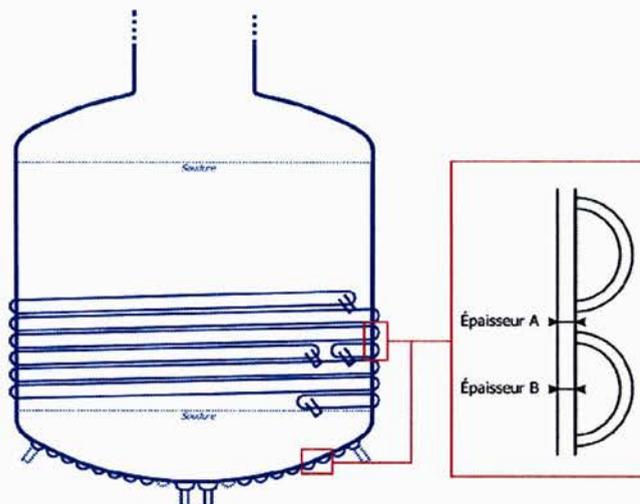


Figure 12 – Principe de la comparaison des vitesses de corrosion sur la paroi et le fond du bouilleur sous la DE d'une spire (Épaisseur B), et celles au niveau de l'interspire du dessus (Épaisseur A)

Les données disponibles montrent les résultats suivants :

- **Pour les évaporateurs de l'atelier R2 :**

Des mesures d'épaisseurs ont été effectuées au niveau des interspires et au niveau de certaines entrées et sorties d'EF du fond GRC. La Figure 13 présente les valeurs issues des mesures pour les trois évaporateurs de l'atelier R2. Il est constaté une faible différence entre ces zones. Cette faible différence est expliquée par la présence d'un encrassement dans le fond des évaporateurs de l'atelier R2, qui a pour conséquence d'augmenter et d'homogénéiser la température de paroi. Le facteur F1 est évalué à la valeur de $F1 = 1$.

Masqué

- **Pour les évaporateurs de l'atelier T2 :**

Des mesures d'épaisseurs ont été réalisées sous DE de la paroi verticale de l'évaporateur 4120-23 (avec une sonde multi élément), en interspire sur la paroi verticale et sur le fond GRC. L'analyse de ces mesures conduit à la détermination un facteur $F1 = \text{masqué}$ dans le cas des évaporateurs de l'atelier T2 [25].

9.3.2.1.3.3 Évaporateurs T2 4120-21, -22 et -23 : REX sur la vitesse de corrosion

Pour déterminer les vitesses de corrosion, les différentes étapes de la démarche réalisée ont été les suivantes :

- **L'analyse des paramètres de fonctionnement principaux** : il est constaté que les paramètres acidité, teneur en fer (cf. § 9.3.2.3.1) et capacité évaporatoire ont été relativement constants au cours du temps.
- **L'analyse des résultats de mesures d'épaisseur sur l'ensemble des évaporateurs 4120** : suivant les zones, une ou plusieurs campagnes de contrôles ont pu être réalisées.

Les analyses ne mettent pas en évidence de loi de comportement particulière et la détermination des vitesses de corrosion par régression linéaire est satisfaisante (cf. Figure 14 à Figure 17). Une légère augmentation ou diminution de la vitesse de corrosion ne peut cependant pas encore être exclue et la pertinence de la linéarité sera réexaminée lors des futures campagnes de mesures d'épaisseurs.

Masqui

Le comportement en corrosion a été comparé entre les trois évaporateurs 4120 de l'atelier T2 :

- L'analyse de ces données conduit à considérer une vitesse de corrosion moyenne au cours du temps.
- Il a été déterminé une ZIS au niveau de l'arrivée d'eau surchauffée du fond GRC (Tableau 12, Figure 13) pour les trois évaporateurs, et un comportement en corrosion similaire.

9.3.2.1.3.4 Conservatismes : calcul de durée de vie et périodicité des contrôles

La durée de vie de l'équipement est pilotée par le phénomène de corrosion. La perte d'épaisseur est d'autant plus importante que la température de la surface de la zone considérée, en contact avec le fluide procédé, est élevée. Cette considération est appuyée par le percement de l'évaporateur 6314-30 de l'atelier R7 qui semble s'être produit au niveau de l'entrée EF de la DE latérale basse.

Les étapes de la méthodologie de calcul de la durée de vie sont :

- *Hypothèses préliminaires :*
 - Les zones soudées présentent des vitesses de corrosion équivalentes à celles des zones de pleine tôle,
 - La vitesse de perte d'épaisseur est considérée constante dans le temps.
- *Détermination de la vitesse de corrosion moyenne au niveau de la zone sensible :*

La vitesse de corrosion moyenne (sur la durée de vie de l'équipement) de cette zone (arrivée EF du fond GRC) est déterminée par régression linéaire sur tous les points de mesure effectués lors des campagnes.

Un facteur F1 = [REDACTED] est appliqué pour évaluer la vitesse de corrosion sous les DE adjacente à la zone ayant fait l'objet de contrôle d'épaisseur (contre la première spire du fond torisphérique, spire de la sortie d'EF).

$$\langle V_{\text{corr}}^{\text{Sous 1ère DE}} \rangle = [\text{REDACTED}] \times \langle V_{\text{corr}}^{\text{Mesures 1ère interspire}} \rangle$$

Afin d'estimer la vitesse de corrosion moyenne au niveau de l'entrée EF (Zone Identifiée Sensible - ZIS), un coefficient F2 = [REDACTED] est appliqué à la vitesse de corrosion moyenne au niveau de la sortie EF pour compenser la baisse de température entre les deux extrémités.

$$\langle V_{\text{corr}}^{\text{ZIS}} \rangle = [\text{REDACTED}] \times \langle V_{\text{corr}}^{\text{Sous 1ère DE}} \rangle$$

soit :

$$\langle V_{\text{corr}}^{\text{ZIS}} \rangle = [\text{REDACTED}] \times \langle V_{\text{corr}}^{\text{Mesures 1ère interspire}} \rangle$$

- *Détermination de l'épaisseur à une date future "t" :*

Dans une zone donnée l'épaisseur à une date future (à t) est déterminée en appliquant la vitesse de corrosion moyenne sur l'épaisseur minimale $Ep_{\text{Min}}^{\text{ZoneSensible}}(t_0)$ acceptable à l'approvisionnement (à t_0) :

$$Ep^{\text{ZIS}}(t) = Ep_{\text{Min}}^{\text{ZIS}}(t_0) - (t - t_0) \times \langle V_{\text{corr}}^{\text{ZIS}} \rangle$$

- Détermination de la durée minimale de fonctionnement réduite (DMF réduite), avec prise en compte de l'incertitude des mesures :

La durée minimale de fonctionnement (DMF) correspond à la date où l'épaisseur calculée atteint l'épaisseur limite Ep_u majorée de l'incertitude de mesure Inc ($Inc = 0,2$ mm).

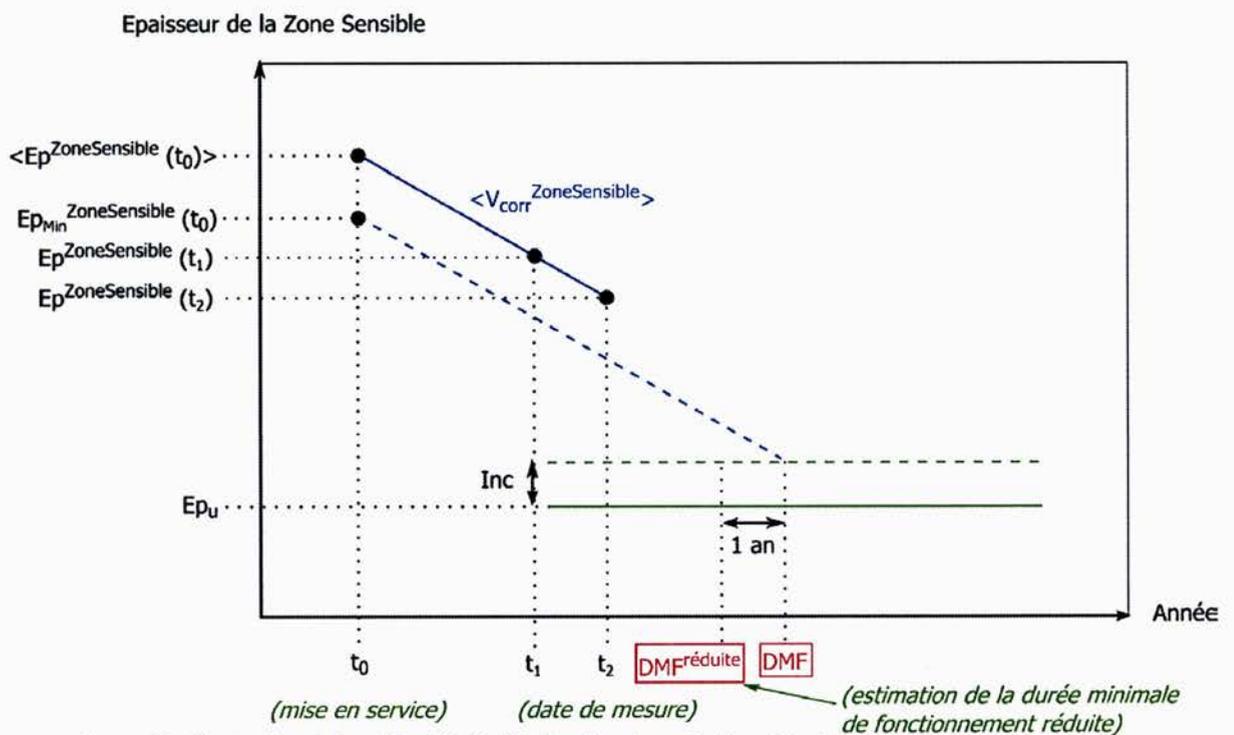
$$DMF = t_0 + \frac{Ep_{min}^{ZIS}(t_0) - (Ep_u + Inc)}{\langle V_{corr}^{ZIS} \rangle}$$

- Prise en compte d'une marge :

De manière conservatoire, une marge temporelle de 1 an est considérée pour calculer la DMF réduite. Ainsi, la relation précédente devient :

$$DMF_{réduite} = t_0 + \frac{Ep_{min}^{ZIS}(t_0) - (Ep_u + Inc)}{\langle V_{corr}^{ZIS} \rangle} - 1$$

La figure suivante donne une illustration du calcul de la DMF.



- Détermination de la périodicité des contrôles d'épaisseurs

La périodicité P des contrôles d'épaisseur est définie à partir de la variable X , elle-même définie à partir de la durée minimale de fonctionnement réduite ($DMF^{réduite}$) :

La périodicité P est alors définie de la manière suivante :

- si $X \geq$ durée de vie de l'usine, alors $P = 120$ mois
- si $X \geq 60$ mois, alors $P = 60$ mois
- si $40 \text{ mois} \leq X < 60 \text{ mois}$, alors $P = 40$ mois
- si $X < 40$ mois, alors $P = X$

Avec :

$$X = \frac{DMF^{réduite} - \text{Date dernier contrôle}}{2}$$

9.3.2.1.4 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 [1] aux Equipements Sous Pression Nucléaire » [3], la probabilité d'apparition de la dégradation de type corrosion est considérée comme « **Moyenne** ».

9.3.2.2 Détermination de la maîtrise des conditions d'exploitation

Un suivi en exploitation au niveau de l'évaporateur 4120-21 de T2 des conditions de température et des paramètres physico – chimiques des fluides procédé et caloporteur permet d'encadrer la corrosion.

Les paramètres suivis sont présentés dans le Tableau 19 et intégrés au POES de l'équipement [22].

Identification équipements ou seuil	Type de suivi
Suivi et enregistrement de la température dans l'évaporateur 4120-21 (TE)	Relevé valeur
Surveillance périodique des caractéristiques physico-chimiques du liquide procédé (acidité, fer)	Relevé valeur
Suivi et enregistrement de la température du caloporteur (TER)	Relevé valeur

Tableau 19 – Paramètres suivis pour encadrer la corrosion

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

9.3.2.3 Détermination de l'adéquation des inspections aux dégradations

En absence de réalisation de visite intérieure, le suivi en exploitation des paramètres physico – chimiques du liquide procédé et de la boucle caloporteur n'est pas suffisant pour avoir un suivi précis de l'évolution de la corrosion.

Néanmoins, 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 20 et intégrées au POES de l'équipement [22].

Exigences opérationnelles	Périodicité
Mesures d'épaisseur en paroi du bouilleur	40 mois
Bilan du suivi des températures du caloporteur et du fluide procédé	12 mois
Bilan du suivi des caractéristiques physico-chimiques du liquide procédé (acidité, fer)	12 mois

Tableau 20 – Dispositions particulières mises en œuvre pour encadrer la corrosion

Les dispositions particulières relevant de l'exploitation sont présentées ci-dessous et précisées dans le DEX de l'équipement :

- Bilan annuel des analyses physico-chimiques du liquide procédé ;
- Surveillance de la concentration de $[H^+]$ et $[Fe]$.

Les programmes d'analyses et bilans physico-chimiques permettent de vérifier que les conditions d'utilisation du matériau sont bien respectées. Le domaine d'acidité de la solution et la concentration des ions gênants ou oxydants sont bien vérifiés. La température est également un facteur important pour la corrosion mais celle-ci est déjà suivie (voir § 9.3.2.2). La connaissance de ces paramètres de fonctionnement va permettre de mieux appréhender ce mode de dégradation.

Les mesures d'épaisseur sont explicitées au § 9.2.3. Celles-ci permettent de connaître l'état de corrosion de l'équipement. La vitesse de corrosion réelle pourra alors être calculée, ce qui permettra de mieux maîtriser ce mode de dégradation.

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

9.3.2.3.1 Historique des paramètres de fonctionnement

L'historique des paramètres surveillés pertinent dans l'analyse du phénomène de corrosion (acidité, température, teneur en fer) de l'évaporateur 4120-21 de T2 est présenté ci-dessous :

- Le suivi de l'acidité (
- Figure 19) montre que celle-ci se situe entre les deux bornes prévues lors du dimensionnement. De légers dépassements ponctuels n'ont pas d'impact significatif sur le comportement en corrosion de l'évaporateur.

Masqué

Fi

- Le suivi de la température de l'eau surchauffée utilisée pour chauffer l'évaporateur 4120-21 (Figure 20) montre une température moyenne en fonctionnement de 145°C, une valeur maximale à 165°C avec globalement des valeurs ne dépassant pas 155°C. La température maximale de dimensionnement de 175°C n'a jamais été

Masqué

- Le suivi de la concentration en fer montre une constance au cours du temps pour les trois évaporateurs 4120 de l'atelier T2, avec des valeurs globalement inférieures à [REDACTED] et une valeur moyenne inférieure à [REDACTED] depuis 2002. Les valeurs observées en exploitation sont comprises dans le domaine d'utilisation de [REDACTED] prévu à la conception. Le suivi en fer tend à indiquer qu'il n'y a pas d'augmentation de la vitesse de corrosion au cours du temps.

Masqué

Edition GEIDE du 07/01/2016 - Etat Validé

9.3.2.3.2 Adéquation des inspections aux dégradations

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

9.3.2.4 Niveau du facteur de dégradation

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

- Corrosion
 - Probabilité de l'apparition de la dégradation (voir § 9.3.2.1.4) : **Moyenne**
 - Niveau de maîtrise des conditions d'exploitation (voir § 9.3.2.2) : **Maitrisées**
 - Adéquation des inspections aux dégradations (voir § 9.3.2.3.2) : **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

Tableau 21 – Matrice de niveau du facteur corrosion

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

- Corrosion : **Niveau 3.**

9.3.3 Fatigue

9.3.3.1 Détermination de la probabilité d'apparition de la dégradation

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

Lors de sa conception, une note calcul à la fatigue [16] a été réalisée. Le dimensionnement de l'équipement prend donc en compte ce mode de dégradation.

Une nouvelle note de calcul à la fatigue a été effectuée

[17] NT 100210 12 0007 B : Note de calcul en fatigue des évaporateurs R2 et T2 4120-21/22/23

. Cette note prend en compte les différentes évolutions du code de dimensionnement (CODAP 2010), ainsi que les valeurs de fonctionnement réelles en pression et température.

Cette note prend en compte les différentes évolutions du code de dimensionnement (CODAP 2010), ainsi que les valeurs de fonctionnement réelles en pression et température.

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

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

9.3.3.2 Détermination de la maîtrise des conditions d'exploitation

Un suivi en exploitation au niveau de l'évaporateur 4120-21 de T2 des paramètres pression / température de l'équipement permet d'encadrer ce mode de dégradation.

Les paramètres suivis sont présentés dans le Tableau 22 et intégrés au POES de l'équipement [22].

Identification équipements ou seuil	Type de suivi
Suivi et enregistrement de la température dans l'évaporateur 4120-21 (TE)	Relevé valeur
Suivi et enregistrement de la température du caloporteur (TER)	Relevé valeur
Suivi et enregistrement de la pression du vase d'expansion 4160-31 (PER)	Relevé valeur

Tableau 22 – Paramètres suivis pour encadrer la fatigue

Dans le cadre de l'étude sur la Maitrise de la Durée de Vie, un historique des cycles thermique et pression a été constitué [21].

L'exploitation de cet historique permet de conforter les marges restantes pour l'exploitation de l'évaporateur 4120 – 21 de l'atelier T2 (voir § 9.2.4).

L'analyse des cycles faite au travers de l'étude sur la Maitrise de la Durée de Vie 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 Détermination de l'adéquation des inspections aux dégradations

D'après le §2.2.3 du courrier [3], "*La mesure d'un paramètre de fonctionnement qui serait le révélateur direct d'une dégradation peut être considéré comme une inspection au sens précédent. Elle peut donc être adéquate pour le mode de dégradation considéré, sous réserve que la performance soit justifiée et sa fréquence adaptée à la cinétique de ce mode de dégradation*".

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

De ce fait, aucun moyen d'inspection n'est disponible pour l'inspection de la fatigue de l'équipement, seul un suivi en exploitation des paramètres pression / température ainsi que l'analyse de ses paramètres permettent de suivre la durée de vie de l'équipement par rapport à ses données de dimensionnement pour lesquelles il a été conçu.

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 [1] aux Equipements Sous Pression Nucléaire » [3], l'adéquation des inspections à ce type de dégradation est évaluée comme étant « **Absente** ».

9.3.3.3.1 Ré évaluation de l'adéquation des inspections liées à la fatigue

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

Ces dispositions particulières sont présentées dans le Tableau 23 et intégrées au POES de l'équipement [22].

Exigences opérationnelles	Périodicité
Analyse du bilan annuel des cycles réels en pression et en température	120 mois

Tableau 23 – Dispositions particulières mises en œuvre pour encadrer la fatigue

Les conditions de température et de pression sont déjà suivies et analysées (voir § 9.3.3.2). Le suivi et le bilan annuel des cycles thermique et pression va permettre de connaître les marges restantes pour l'exploitation de l'équipement.

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

Ces dispositions particulières permettent d'abaisser le critère de l'adéquation des inspections de « Absente » à « Pas totalement adéquate ».

Edition GEIDE du 07/01/2016 - Etat Validé

9.3.3.4 Niveau du facteur de dégradation

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 (voir § 9.3.3.1) : **Faible**
 - Niveau de maîtrise des conditions d'exploitation (voir § 9.3.3.2) : **Maitrisées**
 - Adéquation des inspections aux dégradations (voir § 9.3.3.3.1) : **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

Tableau 24 – Matrice de niveau du facteur fatigue

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

- Fatigue : **Niveau 1.**

9.3.4 Facteur Global de dégradation 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 4120-21 de T2, 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 DETERMINATION DU NIVEAU DE SECURITE 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 § 9.1.5) : **Niveau 1**.
- Facteur Etat (voir § 9.2.5) : **Niveau 2**.
- 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 JUSTIFICATION D'UN NIVEAU EQUIVALENT DE SECURITE

L'analyse de l'équivalence du niveau de sécurité par rapport à celui qui serait établi par application des mesures réglementaires ESPN peut être réalisée sur la base d'une méthode générique telle que la méthode de cotation en annexe du courrier du groupe inter-exploitant [23].

Cependant, l'applicabilité de cette méthodologie va dépendre du niveau de sécurité retenu (voir § 9.4) pour l'ESPN :

- Niveau de sécurité « Faible » :
Application de la méthodologie du groupe inter-exploitant [23].
- Niveau de sécurité « Moyen » :
Application de la méthodologie du groupe inter-exploitant [23] et justification de son applicabilité vis-à-vis des modes de dégradations retenus.
- Niveau de sécurité « Fort » :
Application de la méthodologie du groupe inter-exploitant [23], justifiée et complétée par la garantie de l'exploitant qu'il peut déterminer de façon suffisamment enveloppe la cinétique des dégradations redoutées afin de définir une durée de fonctionnement de l'équipement qui garantisse l'absence de défaillance.

Le niveau de sécurité retenu pour l'ESPN 4120-21 de T2 étant le Niveau 3 « Risque de défaillance fort » (voir § 9.4), il faut dans un premier temps justifier que l'exploitant peut définir une durée de fonctionnement qui garantisse l'absence de défaillance.

Le tableau suivant permet de présenter une étude de vulnérabilité de l'équipement 4120-21 de T2.

Endommagement	Phénomène de dégradation	Mesures prises en conception	Marges vis-à-vis de l'endommagement	Suivi et inspection en service renforcé
Corrosion	Perte d'épaisseur	<ul style="list-style-type: none"> - Choix d'une nuance de matériau adaptée - Note de calcul statique - Prise en compte d'une épaisseur consommable 	<ul style="list-style-type: none"> - Etudes de corrosion spécifiques permettant de définir une vitesse de corrosion - Détermination d'une date de fin de vie 	<ul style="list-style-type: none"> - Mesures d'épaisseurs de l'équipement
Fatigue	Fissuration	<ul style="list-style-type: none"> - Note de calcul en fatigue - Contrôles non destructifs 	<ul style="list-style-type: none"> - Détermination d'une marge à la fatigue vis-à-vis du nombre de cycles admissibles en température et en pression pour l'équipement 	<ul style="list-style-type: none"> - Bilan du nombre de cycles réels en température et en pression subis par l'équipement

Tableau 25 – Etude de vulnérabilité de l'équipement

Les modes de dégradation pris en compte sont la fatigue et la corrosion (voir § 9.3.1).

La date de fin de vie de l'équipement vis-à-vis de la corrosion peut être déterminée grâce à la perte d'épaisseur déduite des mesures d'épaisseur résiduelle et à l'épaisseur consommable. De plus, les mesures d'épaisseurs qui seront réalisées périodiquement vont permettre de recalculer la durée de vie vis-à-vis de la corrosion de façon périodique.

La date de fin de vie de l'équipement vis-à-vis de la fatigue peut être déterminée grâce à la marge à la fatigue. De plus, le bilan du nombre de cycles réels en température et en pression qui sera réalisé périodiquement va permettre, à partir du nombre de cycles admissibles, d'actualiser la marge à la fatigue. Cela va permettre de recalculer la durée de vie vis-à-vis de la fatigue de façon périodique.

La date de fin de vie de l'équipement retenue est la plus contraignante des dates de fin de vie par rapport aux différents modes de dégradation.

En conclusion, la date de fin de vie de l'équipement sera actualisée périodiquement de façon à garantir l'absence de défaillance sur la durée de fonctionnement de l'équipement.

Principe de la méthode :

La méthodologie consiste en la cotation des gestes vis-à-vis de leur performance à détecter les dégradations : dans un premier temps les gestes réglementaires, dans un second temps les gestes compensatoires et dans un troisième temps les dispositions préventives.

Par la suite, les dispositions compensatoires et préventives retenues sont évaluées et la somme de leurs performances est comparée à la somme des performances des exigences réglementaires.

Les phénomènes sont à apprécier vis-à-vis des parois externes et internes de chaque compartiment de l'ESPN.

10.1 EVALUATION DES GESTES REGLEMENTAIRES

L'évaporateur 4120-21 de l'atelier T2 est un ESPN de niveau N2 et de catégorie IV contenant un fluide de groupe 2. Cependant les critères de classement à appliquer sont ceux du fluide du groupe 1.

Les gestes réglementaires sont donc :

- Inspection périodique tous les 40 mois comprenant : vérification visuelle externe / interne ;
- Requalification périodique tous les 60 mois comprenant : inspection de requalification (vérification visuelle externe / interne) + épreuve hydraulique (à 120% de la pression maximale admissible notée PS).

La périodicité moyenne pour l'inspection visuelle est donc de 30 mois.

La performance intrinsèque (PI), la performance globale (PG) et le coefficient de pondération (α) de chaque procédé sont tirés de la méthode de cotation citée en annexe du courrier du groupe inter – exploitant [23].

 Validé
Edition GEIDE du 07/04/2016 - Etat

	Compartiment sous pression			
	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
Vérification visuelle extérieure réglementaire 30 mois en moyenne	PI = 3 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 9$	PI = 1 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 3$	PI = 4 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 12$	PI = 1 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 3$
Vérification visuelle intérieure réglementaire 30 mois en moyenne (nota)	PI = 1 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 3$	PI = 3 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 9$	PI = 1 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 3$	PI = 4 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 12$
Epreuve hydraulique 1,2 PS 60 mois	PI = 2 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 2 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 2 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 2 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 4$
TOTAL gestes réglementaires	16	16	19	19

Tableau 26 - Performances intrinsèques et globales des exigences réglementaires du compartiment sous pression de l'évaporateur 4120-21 de T2

Nota : La vérification visuelle porte sur toutes les parties visibles après exécution de toutes les mises à nu et démontage de tous les éléments amovibles. De par la conception entièrement soudée de l'ESPN (voir § 8.3), il n'existe aucune partie visible pour la vérification visuelle intérieure après exécution de toutes les mises à nu et démontage de tous les éléments amovibles ; de ce fait, la vérification visuelle intérieure porte donc sur un ensemble de parties vides.

En accord avec la fiche COLLEN n°24 [9], l'absence de vérification intérieure est prise en compte :

- par l'exploitant qui a défini dans le programme des opérations d'entretien et de surveillance les modalités de contrôles adaptés 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.

La dispense de vérification intérieure peut également être justifiée par le fait que ce compartiment est continûment rempli d'un fluide (eau surchauffée) dont les caractéristiques sont telles qu'aucun phénomène de dégradation ne peut se produire.

	Compartiment nucléaire			
	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
Vérification visuelle extérieure réglementaire 30 mois en moyenne	PI = 3 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 9$	PI = 1 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 3$	PI = 4 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 12$	PI = 1 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 3$
Vérification visuelle intérieure réglementaire 30 mois en moyenne (nota 1)	PI = 1 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 3$	PI = 3 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 9$	PI = 1 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 3$	PI = 4 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 12$
Epreuve hydraulique 1,2 PS 60 mois (nota 2)	PI = 0 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 0$
TOTAL gestes réglementaires	12	12	15	15

Tableau 27 - Performances intrinsèques et globales des exigences réglementaires du compartiment Nucléaire de l'évaporateur 4120-21 de T2

Nota 1 : La vérification visuelle porte sur toutes les parties visibles après exécution de toutes les mises à nu et démontage de tous les éléments amovibles. De par la conception entièrement soudée de l'ESPN (voir § 8.3), il n'existe aucune partie visible pour la vérification visuelle intérieure après exécution de toutes les mises à nu et démontage de tous les éléments amovibles ; de ce fait, la vérification visuelle intérieure porte donc sur un ensemble de parties vides.

En accord avec la fiche COLLEN n°24 [9], l'absence de vérification intérieure est prise en compte :

- par l'exploitant qui a défini dans le programme des opérations d'entretien et de surveillance les modalités de contrôles adaptés 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.

Nota 2 : Aucune épreuve hydraulique n'est à prévoir puisque le compartiment ne peut fonctionner qu'en dessous de 0,5 bar relatif (pression de calcul égale à 0,3 bar relatif). De ce fait, la performance intrinsèque de l'épreuve hydraulique est prise égale à 0 (cf. § 7.2.3).

10.2 EVALUATION DES GESTES COMPENSATOIRES

Tout comme les exigences réglementaires du § 10.1, l'évaluation des gestes compensatoires de chaque compartiment de l'ESPN doit être déterminée.

D'après les paragraphes § et § 9.3.3.3.1, les gestes compensatoires sont :

- Mesures d'épaisseur par ultrasons de la peau de l'équipement (partie procédé uniquement) tous les 30 mois en moyenne (tous les 40 mois au titre de l'inspection périodique et tous les 60 mois au titre de la requalification périodique),
- Programme d'analyse et bilans physico-chimiques du fluide procédé.

La performance intrinsèque (PI), la performance globale (PG) et le coefficient de pondération (α) de chaque procédé sont tirés de la méthode de cotation citée en annexe du courrier du groupe inter – exploitant [23].

	Compartiment sous pression			
	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
Mesures d'épaisseur sur zones accessibles 30 mois en moyenne	PI = 0 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 0$
Suivi d'un ou plusieurs paramètres physiques ou chimiques (P, T, pH, ...) Externe à l'enceinte sous pression (nota 1)	PI = 1 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 1 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 1 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 1 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 4$
Suivi d'un ou plusieurs paramètres physiques ou chimiques (P, T, pH, ...) Interne à l'enceinte sous pression (nota 2)	PI = 1 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 1 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 1 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 1 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 4$
Suivi des produits de corrosion à l'extérieur de l'enceinte (nota 3)	PI = 0 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 3 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 12$	PI = 0 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 0$
Epreuve hydraulique 1,2 PS 60 mois	PI = 2 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 2 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 2 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 4$	PI = 2 $\alpha = 2$ PG = PI x $\alpha = 4$
TOTAL gestes compensatoires	12	12	24	12

Tableau 28 - Performances intrinsèques et globales des dispositions compensatoires du compartiment sous pression de l'évaporateur 4120-21 de T2

Nota 1 : Le suivi des paramètres physico-chimiques externe à l'enceinte sous pression représente en fait le suivi des paramètres du compartiment nucléaire. Cependant, cette disposition compensatoire permet de détecter une fuite de l'enceinte sous pression. Ainsi, ce geste ne peut être coté que pour le compartiment sous pression.

Nota 2 : Le suivi des paramètres physico-chimiques interne à l'enceinte sous pression permet de détecter une fuite de l'enceinte sous pression. Ainsi, ce geste ne peut être coté que pour le compartiment sous pression.

Nota 3 : Le suivi des produits de corrosion à l'intérieur de l'enceinte sous pression permet la détection de perte d'épaisseur en surface interne à l'enceinte sous pression alors que le suivi des produits de corrosion à l'extérieur de l'enceinte (c'est-à-dire dans le compartiment nucléaire) permet la détection de perte d'épaisseur en surface externe à l'enceinte sous pression.

	Compartiment nucléaire			
	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
Mesures d'épaisseur sur zones accessibles 30 mois en moyenne	PI = 0 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 2 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 6$	PI = 2 $\alpha = 3$ PG = PI x $\alpha = 6$
Suivi des produits de corrosion à l'intérieur de l'enceinte (nota)	PI = 0 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 0 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 0$	PI = 3 $\alpha = 4$ PG = PI x $\alpha = 12$
TOTAL gestes compensatoires	0	0	6	18

Tableau 29 - Performances intrinsèques et globales des dispositions compensatoires du compartiment Nucléaire de l'évaporateur 4120-21 de T2

Nota : Le suivi des produits de corrosion à l'intérieur de l'enceinte nucléaire permet la détection de perte d'épaisseur en surface interne à l'enceinte nucléaire alors que le suivi des produits de corrosion à l'extérieur de l'enceinte (c'est-à-dire dans le compartiment sous pression) permet la détection de perte d'épaisseur en surface externe à l'enceinte nucléaire.

Remarques :

- Bien qu'il y ait un suivi des paramètres physico-chimiques du compartiment nucléaire, cette disposition compensatoire permet de détecter une fuite de l'enceinte sous pression. Ainsi, ce geste ne peut être coté que pour le compartiment sous pression.
- Le compartiment nucléaire étant en dépression en fonctionnement normal, aucune épreuve hydraulique n'est réalisée sur le compartiment nucléaire.

Edition GEIDE du 07/01/2016 - Etat Validé

10.3 EVALUATION DES DISPOSITIONS PREVENTIVES

Il est possible d'évaluer, pour l'évaporateur 4120-21 de T2, des dispositions préventives par une performance globale forfaitaire, affectée à un ou plusieurs des phénomènes de dégradation (fissuration amorcée en surface extérieure, fissuration amorcée en surface intérieure, perte d'épaisseur amorcée en surface extérieure et perte d'épaisseur amorcée en surface intérieure).

On peut alors retenir :

- Le suivi des cycles thermiques dans le Dossier d'EXploitation permettant de prévenir les phénomènes de fissuration par fatigue.
Cet item apporte une PG évaluée à 3 vis-à-vis des 2 phénomènes de fissuration.
- Une conception / fabrication avec des exigences renforcées :
 - *Qualité de réalisation :*
Cet équipement a été conçu, fabriqué et mis en service en respectant les exigences du décret du 2 avril 1926 [6] portant règlement sur les appareils à vapeur autres que ceux placés à bord des bateaux.
Cet item apporte 1 point attribué aussi bien au phénomène de fissuration qu'au phénomène de perte d'épaisseur.

- *Etude de tenue à la fatigue et faible facteur d'usage :*
L'étude de tenue à la fatigue a été réalisée dans la note [17]. Le vieillissement par la fatigue a atteint 32 % du nombre maximal admissible de cycles prévu (§ 9.2.4.3). Cet item apporte 1 point attribué aux 2 phénomènes de fissuration.
- *Etude de mécanique de la rupture :*
L'étude de mécanique de la rupture a été réalisée au travers de la note [15] et de la note [15].
Cet item apporte 1 point attribué aux 2 phénomènes de fissuration.
- *Majoration du taux d'épreuve de neuvage (épreuve de vérification finale) :*
L'épreuve de neuvage a été réalisée à 200% de la pression maximale admissible. En effet, d'après le DER 1302 12 002 203 Rév.A (Procès-verbal d'épreuve – évaporateur 4120-21 de T2), la pression d'épreuve des ½ coquilles était de █ bar alors que la pression maximale admissible dans le compartiment caloporteur est de █ d'après le PE 1302 12 002 001 Rév.M (Plan d'ensemble de l'évaporateur repère 4120-21 de T2).
Cet item apporte 1 point attribué aussi bien au phénomène de fissuration qu'au phénomène de perte d'épaisseur.

La PG retenue pour les exigences renforcées à la conception / fabrication est celle obtenue par addition des points indiqués ci-dessus et limitée à la valeur 3. Les exigences renforcées à la conception / fabrication apportent donc une PG de 3 attribuée au phénomène de fissuration et une PG de 2 attribuée au phénomène de perte d'épaisseur.

- Une analyse d'expert incluant le retour d'expérience dans la fiche de vieillissement.
Cet item apporte une PG de 3 attribuée aussi bien au phénomène de fissuration qu'au phénomène de perte d'épaisseur.
- Un environnement prenant en compte la rupture de l'ESPN vis-à-vis des risques pression et radioprotection du fait de son implantation dans une INB.
Cet item apporte une PG de 4 attribuée aussi bien au phénomène de fissuration qu'au phénomène de perte d'épaisseur.

On voit donc que l'on peut évaluer l'ensemble des dispositions préventives à une valeur de 9 vis-à-vis du phénomène de perte d'épaisseur et une valeur de 13 pour le phénomène de fissuration.

10.4 VERIFICATION DU NIVEAU DE SECURITE EQUIVALENT

Ce paragraphe comporte deux tableaux permettant d'effectuer un récapitulatif des trois paragraphes précédents.

Un premier tableau (Tableau 30) permet de réaliser un récapitulatif des performances globales totales des gestes réglementaires (§ 10.1) et un second tableau (Tableau 31) récapitule les performances globales totales des gestes compensatoires (§ 10.2) et dispositions préventives (§ 10.3).

Il s'agit de comparer la cotation des gestes compensatoires et dispositions préventives avec celle des gestes réglementaires.

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
Total gestes réglementaires partie caloporteur	16	16	19	19
Total gestes réglementaires partie procédé	12	12	15	15

Tableau 30 - Récapitulatif des performances globales totales des gestes réglementaires de l'évaporateur 4120-21 de T2

	Détection fissuration externe	Détection fissuration interne	Détection perte épaisseur externe	Détection perte épaisseur interne
Compartiment sous pression				
Total gestes compensatoires	12	12	24	12
Total dispositions préventives	13	13	9	9
Total global	25	25	33	21
Compartiment nucléaire				
Total gestes compensatoires	0	0	6	18
Total dispositions préventives	13	13	9	9
Total global	13	13	15	27

Tableau 31 - Récapitulatif des performances globales totales des gestes compensatoires et des dispositions préventives de l'évaporateur 4120-21 de T2

Les gestes compensatoires et dispositions préventives permettent donc bien d'obtenir un niveau de sécurité au moins équivalent à celui qui aurait pu être apporté par la réalisation des gestes réglementaires prévus.

Edition GEIDE du 07/01/2016 - Etat Validé

11 EVALUATION DES CONSEQUENCES DE LA DEFAILLANCE DE L'ESPN

Les conséquences de la défaillance de l'évaporateur 4120-21 de T2 sur les intérêts protégés mentionnés à l'article L.593-1 du Code de l'Environnement sont évaluées dans l'analyse de sûreté référencée [5].

Pour mémoire, les intérêts protégés sont :

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

11.1 RETOUR D'EXPERIENCE (REX)

Ce paragraphe est destiné à établir le REX à prendre en compte pour chaque ESPN de La Hague [24]. Le REX significatif sur un équipement similaire à l'évaporateur de produit de fission T2 4120 - 21 concerne l'évaporateur 6314 - 30 de l'atelier R7 (déclaration de l'évènement suivant lettre HAG 0 0290 11 20342 du 11 février 2011).

11.1.1 Détection de l'évènement

Le seuil d'alarme associé au pot de comptage présent sur la boucle caloporteur de l'ESPN a permis d'identifier une contamination de la boucle caloporteur assurant la chauffe et le refroidissement de la partie bouilleur de l'évaporateur 6314-30 de l'atelier R7.

Par la suite, les prises d'échantillon ont pu mettre en évidence un niveau très faible de contamination (activité volumique de l'ordre de 180 Bq/L), cette valeur corrélée par le pot de comptage en ligne, a fait l'objet d'un suivi afin de constater son évolution.

Une baisse anormalement rapide du niveau du pressuriseur maintenant sous pression la boucle caloporteur, identifiée par l'opérateur grâce aux sollicitations récurrentes du système d'appoint en eau de la boucle caloporteur, a conforté le diagnostic de fuite.

De même, une élévation anormale de niveau dans la cuve de l'évaporateur 6314-30 a pu être constatée, malgré l'isolement de toutes les arrivées liquides dans cet équipement.

L'ensemble de ces éléments a permis d'identifier avec certitude une fuite au niveau d'un des serpentins de chauffe et de refroidissement.

Il est noté que la contamination du circuit caloporteur a eu lieu alors même que celui-ci se trouve être en surpression au regard de la pression du compartiment actif de l'équipement (rétrodiffusion de la contamination).

11.1.2 Conséquences de l'évènement

Tout au long de la période de surveillance de l'équipement (10 décembre 2010 au 05 février 2011), une faible élévation de la contamination du circuit a été détectée, sans que les niveaux d'irradiation dans les salles des zones contrôlées traversées par les tuyauteries ne présentent un risque.

11.2 RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DE L'ESPN

Classement de l'ESPN

L'évaporateur de concentration de Produits de Fission 4120-21 de l'Atelier T2 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 au paragraphe 3 du chapitre 4 du RPS UP3-A.

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 appareils procédé et les enveloppes de conditionnement en contact direct avec les matières radioactives,
- une seconde barrière statique est constituée par les parois des cellules (zone 4) et celles des équipements (gainés de ventilation jusqu'au premier étage de filtration) 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 par ventilation forcée :

- le système de ventilation associé à la première barrière de confinement permet de maintenir les appareils du procédé en dépression par rapport aux cellules les contenant. Un sens d'air préférentiel est ainsi créé de ces cellules vers les appareils procédé, à travers les fuites éventuelles de la première barrière, limitant la dispersion de matière radioactive,
- le système de ventilation associé à la deuxième barrière de confinement, permet de maintenir une dépression entre le premier système de confinement et le second système de confinement, de manière à limiter une éventuelle dispersion de matière radioactive en dehors de ce premier système de confinement.

Un deuxième système de confinement est prévu en tout point où la continuité du premier système de confinement ne peut être totalement garantie (i.e. cas des traversées non classées non-disséminantes). Ce deuxième système 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.

11.3 CONSEQUENCES 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 [5]

11.4 CONSEQUENCES 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 [5].

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 au-delà de l'impact annuel induit par les rejets nominaux.

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

12 PERIMETRE DE LA DEMANDE D'AMENAGEMENT D'APPLICATION DU TITRE III POUR LE SUIVI EN SERVICE

Dans l'impossibilité d'effectuer la totalité des gestes réglementaires requis par les annexes 5 et 6 de l'arrêté ESPN, les dispositions particulières envisagées, objet d'une demande d'aménagement, en application de l'article 3 de l'arrêté 99.1046 du 13/12/99 [1], sont résumées dans le Tableau 32 avec leur périodicité respective de mise en œuvre.

Nota : les gestes présentés ci-dessous appartiennent exclusivement au périmètre ESPN. Les gestes réalisés dans le cadre de la réglementation ESP, non présentés ici, sont toutefois maintenus.

Type de suivi	Inspection réglementaire		Faisabilité (oui/non/ partielle)	Dispositions particulières		Date de la dernière réalisation	Facteurs impactés
	Réglementation	Périodicité		Gestes compensatoires	Périodicité proposée		
Inspection périodique	Vérification intérieure et extérieure de l'équipement Arrêté [1] - Annexe 5 - §3	40 mois (*) [1]	Non	- Mesure d'épaisseur par ultrasons sur l'équipement (partie procédé uniquement) - Analyse des mesures d'épaisseur	40 mois (**) (***) [22]	Janvier 2015 (DCF 100210 20 155 031 C)	Facteur état §9.2 Facteur dégradation §9.3
	Vérification intérieure et extérieure de l'équipement Arrêté [1] - Annexe 6 - §2	60 mois (*) [1]	Oui	- Prise d'échantillon tout au long de l'année (H+, Fe) et analyse des bilans physico-chimiques sur le fluide procédé	12 mois [22]	<i>DEX renseigné</i>	Facteur dégradation §9.3
	Epreuve Hydraulique Arrêté [1] - Annexe 6 - §2	60 mois [1]	Oui	- Bilan des cycles thermiques et pression	12 mois [22]	<i>DEX renseigné</i>	Facteur état §9.2 Facteur dégradation §9.3
Requalification périodique	Vérification de l'adéquation documentaire Arrêté [1] - Annexe 6 - §2	60 mois (*) [1]	Non	- Mesure d'épaisseur par ultrasons sur l'équipement (partie procédé uniquement) - Analyse des mesures d'épaisseur	60 mois (***) [22]	Janvier 2015	Facteur Fabrication §9.1 Facteur état §9.2 Facteur dégradation §9.3

Tableau 32 - Dispositions réglementaires et compensatoires sur l'équipement 4120-21 de T2

(*) L'inspection visuelle de l'équipement doit être réalisée tous les 40 mois au titre de l'inspection périodique et tous les 60 mois au titre de la requalification périodique, ce qui amène à une périodicité moyenne de 30 mois pour cette inspection.

(**) Périodicité préconisée selon note [25], sauf fait notable constaté lors du contrôle de l'évaporateur témoin 4120-23.

(***) Pour une mise en œuvre optimisée sur le terrain, il sera défini une périodicité de 24 mois pour les mesures d'épaisseurs compensatoires à l'inspection périodique réglementaire et de 48 mois au titre de la requalification périodique.

L'intégration de ces dispositions dans le POES est révisée selon les compléments et validation apportées par l'obtention de la dérogation.

Conformément à la réglementation ESPN, l'OIHA intervient dans le cadre de l'Inspection de requalification périodique de l'équipement.

A l'issue des Opérations de requalification périodique, un procès-verbal est rédigé et signé par le représentant de l'OIHA.

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 dans le cadre de cette inspection. Ce procès-verbal ainsi que les documents associés sont intégrés au Dossier d'Exploitation (DEX) de l'équipement.

De plus, si le procès-verbal fait état de constatations, celles-ci devront être intégrées au POES de l'équipement. Le POES de l'équipement sera donc révisé en conséquence vis-à-vis des constatations émises.

SOMMAIRE

1	OBJET DU DOCUMENT ET CHAMP D'APPLICATION.....	1
2	OBJET DE LA REVISION	1
3	SIGLES ET ABREVIATIONS.....	1
4	DOCUMENTS DE REFERENCE	2
5	DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DE L'EVAPORATEUR ESPN.....	3
5.1	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	3
5.2	CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DU COMPARTIMENT PROCEDE	6
5.3	CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DU COMPARTIMENT CALOPORTEUR	6
6	CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES	6
7	EXIGENCES REGLEMENTAIRES.....	9
7.1	APPLICABLES LORS DE SA FABRICATION	9
7.2	APPLICABLES A L'ESPN.....	9
7.2.1	Classement de l'équipement.....	9
7.2.2	Inspection périodique.....	10
7.2.3	Requalification périodique.....	10
8	OBSTACLES A LA MISE EN ŒUVRE DES ACTIONS REGLEMENTAIRES	11
8.1	ENVIRONNEMENT DE L'ESPN	11
8.2	ACCESSIBILITE A L'EQUIPEMENT.....	13
8.3	EXAMEN VISUEL 15	
8.4	MISE EN PRESSION (EPREUVE HYDRAULIQUE)	15
8.4.1	Compartiment nucléaire.....	15
8.4.2	Compartiment sous pression	15
8.5	PERIMETRE DE LA DEMANDE DE DISPOSITIONS PARTICULIERES	15
9	ESTIMATION DE LA PROBABILITE DE LA DEFAILLANCE	16
9.1	DETERMINATION DU FACTEUR FABRICATION	16
9.1.1	Dossier descriptif	16
9.1.2	Matériau 17	
9.1.3	Note de calcul statique.....	17
9.1.4	Note de calcul en fatigue	23
9.1.5	Niveau du facteur de fabrication de l'équipement.....	30
9.2	DETERMINATION DU FACTEUR ETAT	30
9.2.1	Modes de dégradation	30

9.2.2 Examen visuel.....	31
9.2.3 Mesures d'épaisseur.....	31
9.2.4 Suivi de l'historique de fonctionnement.....	36
9.3 DETERMINATION DU FACTEUR DEGRADATION.....	37
9.3.1 Sensibilité de l'équipement face aux dégradations potentielles.....	38
9.3.2 Corrosion.....	41
9.3.3 Fatigue 53	
9.3.4 Facteur Global de dégradation de sécurité de l'équipement.....	55
9.4 DETERMINATION DU NIVEAU DE SECURITE DE L'ESPN.....	56
10 JUSTIFICATION D'UN NIVEAU EQUIVALENT DE SECURITE.....	56
10.1 EVALUATION DES GESTES REGLEMENTAIRES.....	58
10.2 EVALUATION DES GESTES COMPENSATOIRES.....	59
10.3 EVALUATION DES DISPOSITIONS PREVENTIVES.....	61
10.4 VERIFICATION DU NIVEAU DE SECURITE EQUIVALENT.....	62
11 EVALUATION DES CONSEQUENCES DE LA DEFAILLANCE DE L'ESPN.....	63
11.1 RETOUR D'EXPERIENCE (REX).....	63
11.1.1 Détection de l'évènement.....	64
11.1.2 Conséquences de l'évènement.....	64
11.2 RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DE L'ESPN.....	64
11.3 CONSEQUENCES SUR LE PERSONNEL.....	65
11.4 CONSEQUENCES SUR L'ENVIRONNEMENT.....	65
12 PERIMETRE DE LA DEMANDE D'AMENAGEMENT D'APPLICATION DU TITRE III POUR LE SUIVI EN SERVICE.....	66