

CAHIER TECHNIQUE PROFESSIONNEL
Pour l'Inspection en Service
des Équipements Sous Pression
en graphite imprégné

CAHIER N° 14

17 septembre 2019

CAHIER TECHNIQUE PROFESSIONNEL N°14

Dispositions spécifiques applicables aux équipements sous pression en graphite imprégné

Sommaire :

1. Principaux sigles et acronymes
 2. Domaine d'application
 3. Objet du CTP
 4. Argumentaire
 5. Dispositions particulières de surveillance en exploitation
 - 5.1 Avant la première mise en service
 - 5.2 Surveillance pendant l'exploitation
 - 5.3 Remplacement de composants démontables en graphite
 - 5.4 Remplacement d'un composant démontable en graphite assemblé de façon permanente ou mise en place d'un composant démontable en graphite ne répondant pas aux exigences du § 5.3 ou non-application volontaire des dispositions du § 5.3
 - 5.5 Mise au chômage
 6. Documentation minimale
 7. Relations avec l'administration
- Annexe 1 : Illustration de différents types d'équipements en graphite imprégné
- Annexe 2 : Principaux milieux utilisables
- Annexe 3 : Modes de dégradation des équipements en graphite imprégné
- Annexe 4 : Retour d'expérience des industries de procédé et gestion du retour d'expérience
- Annexe 5 : Plan de contrôle ou d'inspection type

Indice	Version en date du	Date approbation	Objet
00		30.09.2013	Création du document
01	17.09.2019	JJ.MM.2019	Mise à jour suite à publication de l'AM du 20/11/2017, du guide Aquap 99/13 rev.08 et du guide art. R. 557-14-4 du code de l'environnement Précision apportée sur la notion de « composant démontable en graphite » à distinguer de la notion de « composant » au sens du guide Aquap 99/13. Modification des § 5.3 et § 5.4, ajout des § 5.5, § 6, § 7 et annexe 5

1. Principaux sigles et acronymes

- **AM** : Arrêté Ministériel
- **ASP** : Accessoire Sous Pression
- **COCL** : Condition Opératoire Critique Limite, seuils fixés à un paramètre physique ou chimique (température, pH, vitesse de fluide, concentration d'un contaminant) qui, s'ils sont dépassés, peuvent avoir un impact notable sur le comportement, l'état ou l'endommagement de l'équipement, ou peuvent entraîner l'apparition d'un nouveau phénomène de dégradation. Ces seuils peuvent être associés à une durée qui doit être préalablement spécifiée.
- **CTNIIC** : Comité Technique National de l'Inspection de l'Industrie Chimique
- **CTP** : Cahier Technique Professionnel
- **DESP** : Directive des Equipements Sous Pression
- **DM** : Décret Ministériel
- **DN** : Dimension Nominale (Diamètre nominal pour une tuyauterie)
- **DT** : Document Technique
- **END** : Essai Non Destructif
- **FC** : France Chimie
- **OH** : Organisme Habilité
- **ON** : Organisme Notifié
- **PI** : Plan d'Inspection
- **PIG** : Plan d'Inspection Générique
- **REX** : Retour d'Expérience
- **SIR** : Service Inspection Reconnu
- **UFIP** : Union Française des Industries Pétrolières

2. Domaine d'application

Le présent CTP, porté par deux organisations professionnelles (FC et UFIP) fédérant une part significative d'utilisateurs de tels équipements, est applicable pour la surveillance en exploitation des enceintes d'équipement sous pression en graphite imprégné assujetties, en raison de leurs caractéristiques de volume, de pression et du fluide contenu, aux dispositions de l'AM du 20/11/2017.

Les équipements sous pression concernés comportent une ou plusieurs enceintes en graphite imprégné avec ou sans renfort de fibres de carbone¹, ou une ou plusieurs enceintes métalliques munies de composants en graphite imprégné. Ce sont par exemple :

- les échangeurs de chaleur à canaux croisés (échangeurs à blocs). Les différents blocs constituent des composants démontables en graphite de l'équipement sous pression,
- les échangeurs tubulaires (tubes et plaques en graphite, calandre en acier ou en graphite)
- les colonnes
- les réacteurs

Les composants démontables sont ceux qui sont assemblés de façon non permanente à l'équipement ou entre eux, permettant leur dissociation autrement que par des méthodes destructives.

¹ **Principe des équipements renforcés par des fibres de carbone** : Ces équipements sont constitués de composants en graphite imprégné enveloppés par des fibres de carbone afin d'améliorer la tenue mécanique des composants.

Des exemples d'équipement, comportant des enceintes en graphite imprégné, concernés par ce CTP, sont décrits en **annexe 1**. Comme il est possible de le constater sur les illustrations de cette annexe, ces équipements, quelle que soit leur famille, sont très souvent constitués de composants démontables en graphite assemblés entre eux à l'aide de tirants métalliques. La dilatation thermique différentielle entre les composants démontables en graphite et les éléments métalliques est compensée par des systèmes à base de ressorts hélicoïdaux par exemple.

3. Objet du CTP

Le présent CTP définit les dispositions suivantes applicables au suivi en service avec PI:

- examen visuel sans démontage systématique des composants démontables en graphite exigé à l'occasion des Inspections Périodiques (article 13 § VI de l'AM du 20/11/2017) ainsi qu'à l'occasion des Requalifications Périodiques (article 13 § III-c de l'AM du 20/11/2017) dont les périodicités sont définies au § 5.2.2.3.
- lorsque retenue, la réalisation de l'épreuve hydraulique des différentes enceintes (enceinte totalement en graphite et enceinte mixte avec parois en graphite et métallique) à une pression égale à 110 % de leurs PS respectives exigée à l'occasion des Requalifications Périodiques (article 13 § III-c du 20/11/2017) ou au titre de la vérification finale exigée à l'occasion des interventions notables (article 28 § VII de l'AM du 20/11/2017).

Les exigences du présent CTP se substituent à celles du guide Aquap 99/13 pour les composants en graphite imprégné.

En cas de non-respect de l'une des dispositions du cahier technique professionnel, l'équipement fait l'objet d'un suivi en service selon le chapitre II du titre IV de l'arrêté du 20/11/2017.

Nota bene : Comme indiqué à l'annexe 1 de l'arrêté du 20/11/2017, si elle est effectuée par un organisme habilité mentionné à l'article 34, l'inspection périodique peut être effectuée sans que soit pris en compte l'ensemble des dispositions de la notice d'instructions.

4. Argumentaire

Le graphite imprégné, employé pour la construction des équipements est un matériau présentant une excellente inertie chimique et une bonne conductibilité thermique. Il est choisi notamment pour ses capacités de résistance à la corrosion. Son utilisation est souvent réservée à des milieux et conditions sévères. (cf. **annexe 2** : principaux milieux utilisables)

Le graphite imprégné présente, par contre, des caractéristiques mécaniques peu élevées (dureté, résilience et résistance à la traction faibles) ce qui le rend sensible à la fissuration. C'est un matériau ayant un comportement relativement fragile et sensible aux chocs thermiques, aux chocs et marquages mécaniques et aux effets induits par les dilatations différentielles. (cf. **annexe 3** : Modes de dégradation des équipements en graphite imprégné)

Afin de garantir l'intégrité dans le temps du graphite imprégné, il est nécessaire de maîtriser au mieux les aspects suivants :

- le choix du type de graphite imprégné et de sa mise en œuvre (notamment l'imprégnation),

- la surveillance en service des conditions d'exploitation, en particulier dans toutes les situations normales et transitoires,
- les opérations de maintenance, en particulier les nettoyages pouvant générer des contraintes excessives, les manutentions ne respectant pas les précautions du fabricant, l'absence de maintien en bon état :
 - o des systèmes de compensation de dilatation différentielle entre les composants démontables en graphite imprégné et les parties métalliques,
 - o du supportage des tuyauteries de raccordement et des systèmes limitant les efforts excessifs sur les piquages.

Les dispositions réglementaires décrites dans ce CTP ont pour objectif de minimiser les risques de détérioration des équipements et composants démontables en graphite imprégné lors des opérations réglementaires de suivi en service :

- à l'occasion des démontages inhérents aux opérations d'inspection périodique et d'inspection de requalification périodique telles que prévues par l'AM du 20/11/2017,
- lors du sur-serrage qu'il est nécessaire d'effectuer pour assurer l'étanchéité lors de l'épreuve hydraulique de la requalification périodique ou du contrôle après intervention notable. Les contraintes excessives mises en œuvre à cette occasion peuvent être à l'origine de micro-défauts ou de la détérioration des portées de joints.

Ces différentes dispositions ont pour but de limiter autant que faire se peut les démontages des composants démontables en graphite imprégné qui sont, de par leur nature, très fragiles mécaniquement comme le rappellent systématiquement les notices d'instruction des fabricants. Le démontage de ces composants, voire la dépose des équipements complets, nécessitent des opérations de manutention délicates, souvent difficiles à mettre en œuvre dans les structures des unités et qui de ce fait peuvent porter préjudice à l'intégrité mécanique des équipements eux-mêmes.

5. Dispositions particulières de surveillance en exploitation

5.1 Avant la première mise en service

5.1.1 Choix du matériau

Une analyse doit être réalisée afin de sélectionner le matériau le mieux adapté et de valider son adéquation. Elle prend en compte la nature du fluide et les conditions de service de l'équipement.

Le choix du matériau se fait alors :

- En se reportant à l'**annexe 2**,
- Eu égard aux tables de compatibilité ou de corrosion des fabricants d'équipement,
- En validant éventuellement le choix avec le fabricant d'équipement en graphite imprégné.

5.1.2 Repérage des composants démontables en graphite avant la première mise en service

Une traçabilité unitaire de tous les composants démontables en graphite imprégné est effectuée. Tous ces éléments sont repérés unitairement de préférence par le fabricant au moyen d'un marquage indélébile et inamovible¹. Pour les tubes d'échangeur, le repérage se fait par lot. Lorsque

¹ Cette règle est applicable aux composants démontables en graphite imprégné de dimensions équivalentes supérieures ou égales à un DN 80.

la conception de l'équipement le permet, l'identification unitaire de chaque composant démontable en graphite doit être visible extérieurement sans avoir à démonter le composant (si l'identification unitaire de chaque composant ne peut pas être visible extérieurement sans démontage, un schéma de l'équipement avec le positionnement des composants est joint au dossier d'exploitation de l'équipement prévu à l'article 6 de l'AM du 20/11/2017 et tenu à jour par la suite à l'issue de chaque mouvement de composant).

Nota bene : Pour les équipements déjà en service à la date d'approbation de ce CTP, tous les composants démontables en graphite remplacés après la date de parution de ce CTP sont repérés.

5.1.3 Eléments à intégrer au dossier d'exploitation de l'équipement

Un document faisant partie du dossier d'exploitation de l'équipement reprend les différentes identifications de chaque composant démontable en graphite.

De plus, compte tenu de l'importance du choix du type de graphite imprégné retenu pour garantir la résistance chimique de l'équipement, le dossier d'exploitation de l'équipement, en complément des éléments réglementairement exigibles pour tout équipement soumis à surveillance en service dans le cadre de l'AM du 20/11/2017, contient les informations suivantes :

- les éléments techniques ayant amené à retenir le graphite imprégné (exemple : justification du type d'imprégnation retenue compte tenu de la composition du milieu procédé)
- les documents de contrôle de tous les composants démontables en graphite imprégné (documents fournis par le fabricant : certificat de réception 3.1 suivant la norme EN 10204)

5.2 Surveillance pendant l'exploitation

5.2.1 Organisation et missions :

5.2.1.1 Exploitant

Chaque exploitant est responsable de la mise en œuvre du CTP. Parmi les responsabilités qui lui incombent, l'exploitant doit notamment :

- s'assurer que ses équipements sous pression en graphite pour lesquels il envisage d'appliquer le présent CTP respectent les dispositions constructives applicables,
- s'assurer que les modes de dégradation retenus dans le CTP sont exhaustifs pour ses équipements,
- identifier les modes de dégradation non identifiés par le CTP et qui seraient propres à ses équipements,
- s'assurer que les COCL sont suivies, enregistrées et leurs dépassements analysés,
- s'assurer que le PIG est décliné à ses équipements dans un PI,
- solliciter l'approbation du PI par un OH suivant les modalités prévues par le CTP.

5.2.1.2 Inspecteur

L'inspecteur est chargé de l'élaboration et de la mise en œuvre du PI. Il est :

- soit un inspecteur d'un SIR, habilité à cet effet;
- soit une personne compétente désignée formellement par l'exploitant, pouvant justifier :
 - o de deux ans d'expérience minimum dans le domaine des équipements sous pression (maintenance, inspection, CND) ;

- de connaissances adaptées aux missions confiées :
 - réglementation, codes, normes, CTP et guides techniques,
 - matériaux et métallurgie
 - connaissance des équipements en graphite imprégné et de leurs modes de dégradation,

L'inspecteur doit disposer des compétences nécessaires afin de pouvoir :

- s'assurer que ces équipements sous pression en graphite pour lesquels il est envisagé d'appliquer le présent CTP respectent les dispositions constructives applicables,
- à partir des informations communiquées par l'exploitant :
 - s'assurer que les modes de dégradation retenus par l'exploitant figurent dans le CTP,
 - ou s'assurer que les modes de dégradation non identifiés par le CTP et qui seraient propres à ses équipements sont pris en compte,
- s'assurer que les COCL sont prises en compte dans le PI,
- vérifier que le PI décline le PIG,

5.2.1.3 Rôle de la production et de la maintenance

Conformément à l'article 3 de l'AM du 20 novembre 2017, le rôle du personnel d'exploitation (production et maintenance) est essentiel pour la maîtrise de l'état des équipements en graphite et notamment pour constater d'éventuels dommages, changements d'état...

Ce personnel assure une présence régulière sur le terrain, il est en mesure de détecter précocement des anomalies. Bien qu'il ne soit pas spécialiste des équipements sous pression ni des équipements en graphite, il est apte à détecter lors des rondes, des manœuvres ou des travaux sur les unités, les anomalies telles que :

- fuite due à la corrosion ou à des assemblages amovibles (joints de brides...),
- écoulement d'eau ou de produit sur les équipements,
- importante corrosion localisée ou non (exemple : corrosion des parties métalliques des équipements en graphite imprégné),
- vibrations, coups de bélier,
- calorifuge en mauvais état, présence de mousse, suintements,
- peinture ou revêtement extérieur de protection dégradé localement
- supportage défectueux,
- absence de compensateur sur tubulures.

Il faut noter que cet examen visuel assuré par le personnel de production et de maintenance est un élément important contribuant au maintien de l'intégrité de ces équipements. Les anomalies constatées sont communiquées à l'exploitant responsable de la mise en œuvre du PI réalisée par l'inspecteur.

a) Rôle des opérateurs de production

Les opérateurs sont particulièrement sensibilisés aux risques dus aux fuites de produit. Leur vigilance est fondamentale pour détecter précocement des anomalies qui dans la majorité des cas peuvent être traitées avant leur aggravation.

Ils participent au suivi et à l'enregistrement des COCL. Ils peuvent, le cas échéant, être amenés à contribuer à l'analyse des dépassements des COCL.

b) Rôle des intervenants de maintenance

Comme pour les opérateurs, les techniciens et intervenants de maintenance, du fait de leur présence régulière sur le terrain et de leurs interventions sont à même de détecter toute anomalie pouvant se traduire par une dégradation réelle ou potentielle des équipements en graphite imprégné.

Par ailleurs, la maintenance se doit d'informer l'exploitant responsable de la mise en œuvre des PI des opportunités d'examen ou d'inspection liées aux mises à disposition des équipements.

5.2.2 Etablissement et mise en œuvre du PI :

5.2.2.1 Adéquation matériau - fluide

Lors de l'établissement du PI une analyse de l'adéquation du couple fluide matériau est effectuée. Les conclusions de cette analyse sont prises en compte dans le PI.

5.2.2.2 Détection des fuites internes : cas des échangeurs

Dans le cas des échangeurs, l'exploitant doit instrumenter, lorsque cela est requis par l'identification des modes de dégradation, le circuit utilité ou le circuit process. La mise en place de cette instrumentation a pour objectif une détection efficace du passage du fluide process dans le circuit utilité ou inversement (par exemple : mesure de pH, mesure de conductivité) en cas de dégradation de l'équipement.

Les conditions de suivi et d'enregistrement des COCL sont définies dans le PI et dans une procédure de l'exploitant.

Nota bene : Au sens du point 8 de l'article 2 de l'arrêté du 20/11/2017, « Utilité » correspond à une installation connexe à un procédé industriel permettant son fonctionnement. Par exemple la vapeur d'eau est couramment considérée comme une utilité.

5.2.2.3 Elaboration du PI

Le PI est élaboré et tenu à jour par l'inspecteur sous la responsabilité de l'exploitant (voir mission de l'inspecteur au paragraphe 5.2.1.2). Il est approuvé par un OH ou le SIR suivant les dispositions du I de l'article 34 de l'arrêté du 20/11/2017.

Le PI doit être établi en se basant sur un des PIG qui figurent en **annexe 5**, suivant le type d'équipement.

L'exploitant doit avoir identifié le ou les équipements concernés, les accessoires sous pression raccordés à l'équipement et les accessoires de sécurité associés.

Le PI spécifie :

- les intervalles séparant deux inspections ou deux requalifications périodiques. Pour les établissements ne disposant pas d'un SIR, ces intervalles ne dépasseront pas respectivement 5 et 10 ans.
- les END à réaliser, lors des inspections et requalifications périodiques, pour détecter les dégradations et en évaluer l'évolution (se référer par exemple au guide UIC/UFIP DT 75

dans sa version en vigueur). Ces END comportent a minima ceux définis au § 5.2.2.4, et ils doivent permettre de détecter et/ou de caractériser le type de défaut redouté en fonction des modes de dégradations retenus. Ils doivent disposer d'une sensibilité adaptée à la détection et/ou la caractérisation des défauts susceptibles de remettre en cause l'intégrité de l'équipement,

- la fréquence de réalisation des END déterminée en fonction de l'évaluation des conséquences de défaillance et de l'évolution attendue des dégradations,
- les modes de dégradation et leur localisation (cf **annexes 3 et 4** du CTP),
- le choix des zones des END,
- les COCL surveillées, leurs conditions de suivi et d'enregistrement,
- la définition des conditions particulières d'intervention (ex : accessibilité, décalorifugeage, nettoyage, dépose des tuyauteries de liaison, précautions particulières de sécurité),
- Les actions spécifiques de contrôle comme notamment la surveillance de la détection de fuite interne (voir § 5.2.2.2).

Par ailleurs, pour l'élaboration du PI, l'exploitant décline le PIG, en tenant compte notamment de l'historique, de l'état et des conditions d'exploitation des équipements concernés, par :

- les caractéristiques spécifiques éventuelles de l'équipement,
- les modes de dégradation spécifiques à l'équipement qui ne seraient pas prévus par le présent CTP,
- la localisation de zones sensibles spécifiques à l'équipement.

Ces informations peuvent se trouver dans le dossier de fabrication ou d'exploitation, ou être précisées dans un PI pour ces équipements.

Les méthodes de contrôle non normalisées choisies dans le PI font l'objet d'une vérification de leur aptitude à satisfaire le besoin en s'appuyant sur un référentiel reconnu (exemple : guide UIC/UFIP DT 75) ou une évaluation particulière. Dans ce dernier cas, ces vérifications sont considérées comme des enregistrements relatifs à la qualité et sont gérés comme tels. Les méthodes de contrôle pour lesquelles existe la certification du personnel selon la norme NF EN ISO 9712 sont considérées comme normalisées.

Pour l'élaboration du PI, il est tenu compte :

- des prescriptions du fabricant figurant dans la notice d'instruction. (Lorsque l'exploitant déroge à la notice d'instruction établie par le fabricant, les justifications techniques étayées de cette dérogation sont conservées et le cas échéant tenues à disposition de l'OH)
- des informations relatives aux conditions de fonctionnement de l'équipement,
- des observations faites lors des actions de surveillance,
- des constats faits lors de la mise en œuvre des END,
- du retour d'expérience,
- de l'applicabilité à l'équipement des méthodes d'END choisies, y compris son accessibilité.

Le PI est tenu à la disposition de l'autorité administrative compétente et des OH.

Nota bene :

- Pendant les différentes phases d'exploitation de l'équipement, en complément du PI, il est mis en œuvre une surveillance des différents paramètres d'exploitation suivants sous la responsabilité de l'exploitant :
 - o Pression et température des fluides,
 - o Absence de coup de bélier et de choc thermique,

- Mesure de conductivité ou du pH du fluide du circuit utilité dans le cas des échangeurs pour lesquels ces paramètres sont techniquement pertinents.

Toute apparition de situation anormale et jugée préjudiciable (exemple : dérive de la mesure de conductivité ou du pH du fluide du circuit utilité) doit faire l'objet des investigations nécessaires à la vérification du bon état des composants démontables en graphite concernés.

- Pour les établissements disposant d'un SIR, celui-ci peut s'appuyer sur les dispositions de ce CTP pour rédiger son plan d'inspection. Les dispositions prévues par les guides professionnels DT 32 ou DT 84 d'élaboration des plans d'inspection des SIR peuvent être appliquées pour le calcul des périodicités des inspections et des requalifications périodiques. Ces périodicités restent dans les limites maximales définies au V de l'article 13 de l'AM du 20 novembre 2017.

5.2.2.4 Mise en œuvre du PI

Les actions de surveillance sont mises en œuvre dans le cadre du PI défini au § 5.2.2.3 et au § 5.2.2.4.

L'inspection périodique porte à la fois sur l'équipement, les accessoires sous pression qui lui sont raccordés et les accessoires de sécurité qui lui sont associés.

Les vérifications relatives à l'équipement, prévues lors des Inspections Périodiques ou des Inspections de requalification périodique, se limitent aux parties accessibles après démontage des éléments externes et retrait des éventuels isolants thermiques. Elles sont décrites dans les PIG en **Annexe 5**.

Le personnel en charge des END est certifié selon les dispositions de la norme NF EN ISO 9712. Ces dispositions relatives à la certification ne s'appliquent pas aux END ne relevant pas d'une certification (par exemple : mesures d'épaisseur par ultra-sons, contrôles visuels directs, ...). Les END relevant d'une certification sont réalisés selon des procédures validées par un agent certifié niveau 3 au titre de la norme NF EN ISO 9712.

Les épreuves hydrauliques exigées lors des requalifications périodiques des différentes enceintes de l'équipement sont réalisées à une pression égale à 110 % de leurs PS respectives.

L'exploitant ou l'OH s'assure que les appareils de mesure et de contrôle utilisés pour la réalisation des END sont aptes à remplir correctement leur fonction.

5.2.2.5 Rapports d'END

Les rapports d'END mentionnent au moins :

- le nom de la personne ayant réalisé le contrôle,
- les procédures appliquées,
- la norme mise en œuvre le cas échéant,
- la référence du matériel mis en œuvre pour réaliser le contrôle,
- le référentiel retenu pour les critères d'acceptation des défauts,
- l'ensemble des informations requises par la norme le cas échéant,
- le résultat de l'examen.

5.2.2.6 Révision du PI

Le PI de l'équipement est révisé lorsque :

- les actions de surveillance conduites sur l'équipement font apparaître un nouveau mode de dégradation non pris en compte jusqu'à présent ou une cinétique accélérée d'un des modes de dégradation identifiés,
- des conditions d'accès à l'équipement qui peuvent être modifiées pour optimiser la mise en œuvre des END,
- de nouvelles méthodes d'END semblent plus appropriées,
- la surveillance des COCL fait apparaître son manque d'efficacité,
- le CTP est révisé

Nota bene :

Les modalités retenues pour consolider le REX sont précisées dans la décision d'approbation du présent CTP et dans l'**annexe 4**.

5.3 Remplacement de composants démontables en graphite

En cas de remplacement de composants démontables en graphite, l'intervention est exécutée conformément à l'article 29 de l'AM du 20/11/2017 :

- tout composant neuf démontable en graphite est construit en respectant les exigences essentielles de sécurité applicables définies aux R.557-9-4 du code de l'environnement (notamment suivant les dispositions précisées aux § 4.1 et 4.3 des exigences essentielles de sécurité définies à l'**annexe I** de la directive européenne 2014/68/UE). Le composant démontable en graphite doit disposer d'un marquage permettant une traçabilité unitaire ou par lot,
- tout composant neuf démontable en graphite doit avoir été réceptionné au préalable par un ON ou un OH. Lors de cette réception, le composant démontable en graphite doit avoir subi un essai de résistance appliqué successivement sur chacune des enceintes assujettis réalisé par le fabricant en présence de l'OH ou sous la responsabilité d'un ON, à une pression au moins égale à 110% de sa PS afin de permettre au fabricant de garantir l'intégrité du composant et sa conformité aux exigences essentielles de sécurité. Si l' (les) essai(s) de résistance a (ont) été reconnu(s) satisfaisant(s), le fabricant établit « un procès-verbal de réception de composant d'équipement sous pression - Essai de résistance » qui porte au minimum les indications suivantes : le nom du fabricant, le marquage permettant l'identification du composant, la date de l'essai, le fluide d'essai, la température de l'essai, la pression d'essai, les caractéristiques de conception du composant, le nom et la signature du fabricant et de celui de l'ON ou de l'OH. Ce procès-verbal est joint à la documentation technique accompagnant le composant,
- tout composant neuf démontable en graphite doit disposer de caractéristiques de conception supérieures ou égales à celles requises par l'équipement réparé (PS, TS),
- à l'occasion du montage du (des) composant(s) démontable(s) en graphite, l'équipement complet fait l'objet d'une inspection (notamment un examen unitaire de chaque composant en graphite démonté à cette occasion ainsi que de toutes les parties de l'équipement

rendues accessibles à cette occasion)¹. A l'issue du remontage, les différentes enceintes assujetties de l'équipement subissent un essai hydraulique² à une pression au moins égale à 110 % de leurs PS respectives. Le document du dossier qui précise les identifications des différents composants démontables en graphite est mis à jour par la suite.

Nota bene :

Les fabricants travaillant suivant un module sous assurance qualité dans le respect des exigences de la directive 2014/68/UE peuvent déroger à certaines règles applicables pour le remplacement d'un composant décrites au paragraphe 14 du guide Aquap 99/13. La présence de l'ON lors de l'essai de résistance du composant démontable en graphite et la validation de l'ON sur l'attestation de l'essai de résistance du composant démontable en graphite ne sont pas requises si les conditions suivantes sont remplies :

- le fabricant applique un système qualité, approuvé par un ON, pour la conception, la fabrication, l'inspection et la vérification finale des équipements intégrant ce type de composants,
- l'application de ce système qualité permet de garantir la conformité des composants démontables en graphite aux exigences de la directive qui lui sont applicables (notamment celles figurant dans l'**annexe I** de la directive européenne 2014/68/UE au § 4.3)
- lorsque l'essai de résistance du composant a été jugé satisfaisant, le fabricant établit un «procès-verbal de réception de composant d'équipement sous pression - Essai de résistance» sur lequel figurent notamment :
 - o les informations listées au § 5.3 deuxième alinéa,
 - o la référence et date de validité du certificat notifiant la décision d'approbation du système qualité délivré par l'ON,
 - o la référence d'une attestation complémentaire de l'ON confirmant que le processus de conception et de fabrication des composants démontables en graphite mis en œuvre par le fabricant est identique à celui d'un équipement CE ; cette attestation est jointe en annexe.

5.4 Remplacement d'un composant en graphite assemblé de façon permanente ou mise en place d'un composant démontable en graphite ne répondant pas aux exigences du § 5.3 ou non-application volontaire des dispositions du § 5.3

Dans l'un des cas de remplacement suivants :

- remplacement d'un composant en graphite assemblé de façon permanente (par collage ou emmanchement),
- remplacement d'un composant démontable en graphite par un composant démontable en graphite qui ne répond pas aux exigences du § 5.3,
- opération de remplacement d'un composant démontable en graphite pour laquelle l'exploitant décide de ne pas appliquer les dispositions du § 5.3,

l'intervention est réalisée en application des dispositions du titre V de l'AM du 20/11/2017. La notabilité de l'intervention est définie en appliquant le guide AQUAP 99/13 :

¹ Quand cela est techniquement réalisable, lors de l'examen unitaire de chaque composant, un test d'étanchéité sera réalisé sur chaque composant afin de détecter d'éventuels endommagements occasionnés lors des opérations de transport ou de manutention

² Cet essai hydraulique d'étanchéité est réalisé sous la responsabilité de l'exploitant.

- paragraphe du guide traitant du remplacement à l'identique de composant démontable en graphite,
- paragraphe du guide traitant de la réparation des échangeurs et aéroréfrigérants. Par analogie avec « le retubage d'un faisceau de tubes soudés ou dudgeonnés-soudés », le graphite imprégné est considéré comme un matériau de classe 1 au sens de ce guide. Dans l'application des dispositions du guide, la compatibilité du mélange des fluides de chaque enceinte de l'échangeur est à examiner au regard du risque de corrosion que présente le couple milieu-matériau dans les différentes situations de fonctionnement.

5.5 Mise au chômage

Une mise au chômage correspond à un arrêt d'exploitation prolongé de l'équipement pour une durée indéfinie à l'origine. L'application des actions de surveillance prévues dans son PI est suspendue. Une surveillance minimale veillant à s'assurer des bonnes conditions de conservation de l'équipement est mise en œuvre.

Le chômage est une période pendant laquelle un équipement ou une installation n'est pas exploité, mais soumis à des dispositions de conservation nécessaires au maintien de son bon état.

En cas de chômage des installations, l'exploitant prend toutes les dispositions de conservation nécessaires au maintien en bon état de marche des équipements pendant toute la durée de celui-ci, conformément à un guide approuvé par décision du ministre chargé de la sécurité industrielle publiée au Bulletin officiel du ministère chargé de la sécurité industrielle.

Sous réserve du respect de ces dispositions, la période de chômage n'est pas prise en compte pour déterminer les échéances des actions de surveillance. Dans le cas contraire, la remise en service est subordonnée au résultat favorable d'une inspection périodique si son échéance est dépassée, ou d'une requalification périodique si son échéance est dépassée.

6. Documentation minimale

L'exploitant détient les documents qui lui permettent de justifier :

- de l'applicabilité du CTP à ses équipements sous pression en graphite dont, le cas échéant, les éléments complémentaires justifiant du respect des éventuelles dispositions constructives,
- qu'il met correctement en œuvre les PI et, à ce titre, détient :
 - o les PI des équipements sous pression en graphite suivis, approuvés par un OH dans les conditions définies au § 5.2.2.3,
 - o les enregistrements relatifs à la désignation et à la compétence du personnel désigné par l'exploitant qui met en œuvre le PI,
 - o les justificatifs des habilitations ou certifications des agents en charge des inspections et des END,
 - o les rapports relatifs aux actions de surveillance et contrôles mis en œuvre dans le cadre des PI,
 - o les enregistrements et analyses relatives aux dépassements COCL lorsque des COCL ont été identifiées.

Sans préjudice des règles définies à l'article 6 de l'arrêté du 20/11/2017, la durée de conservation de ces documents est a minima celle correspondant à l'intervalle séparant deux requalifications

périodiques ou l'intervalle entre la mise en service et la première requalification périodique, pour les équipements soumis à cette opération de contrôle.

7. Relations avec l'administration

En complément de la documentation exigible au titre des autres dispositions réglementaires applicables, l'exploitant met à disposition des agents chargés de la surveillance des appareils à pression l'ensemble des documents et des informations permettant de répondre aux exigences du présent CTP et relevant de sa responsabilité.

Il tient à disposition des agents chargés du contrôle des appareils à pression, la liste des équipements conformément à l'article 6- III de l'arrêté du 20/11/2017 (avec ou sans plan d'inspection).

L'article L. 557-49 du Code de l'environnement dispose que « [...] tout opérateur économique, tout exploitant et tout OH porte dès qu'il en est informé, à la connaissance de l'autorité administrative concernée :

1° Tout accident occasionné par un produit ou un équipement ayant entraîné mort d'homme ou ayant provoqué des blessures ou des lésions graves ;

2° Toute rupture accidentelle en service d'un produit ou d'un équipement soumis à au moins une opération de contrôle prévue à l'article L. 557-28. »

En complément, l'exploitant déclare, dès qu'il en est informé, au service en charge du suivi des équipements sous pression territorialement compétent, notamment les pertes de confinement avec rejet à l'extérieur du site ou à l'intérieur du site avec dommage corporel et/ou déclenchement du plan d'opérations interne ou toute situation définie dans une décision de l'autorité administrative compétente.

Annexe 1 : Illustration de différents types d'équipements en graphite imprégné:

En 2012, un recensement, réalisé parmi les industriels regroupés au sein du CTNIIC, a permis de mettre en évidence que chez ces industriels il y avait environ 250 équipements en graphite imprégné en service. Sur ces 250 équipements recensés, on peut noter :

- que 65% environ étaient soumis au suivi en service dans le cadre de l'arrêté du 20/11/2017,
- que 80% environ de ces 250 équipements étaient des échangeurs à blocs

Les illustrations jointes ci-dessous permettent de visualiser les principales familles d'équipements en graphite imprégné. Il apparaît que pour toutes ces familles d'équipement, le principe de base est le même, à savoir des composants en graphite démontables assemblés à l'aide de système de tirants.

Echangeur tubulaire : tubes et plaque en graphite et calandre en acier

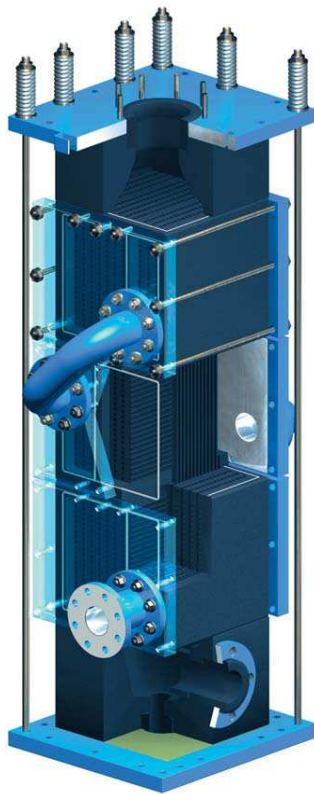


Echangeur de chaleur à canaux croisés (échangeur à blocs) :

Blocs cylindriques :



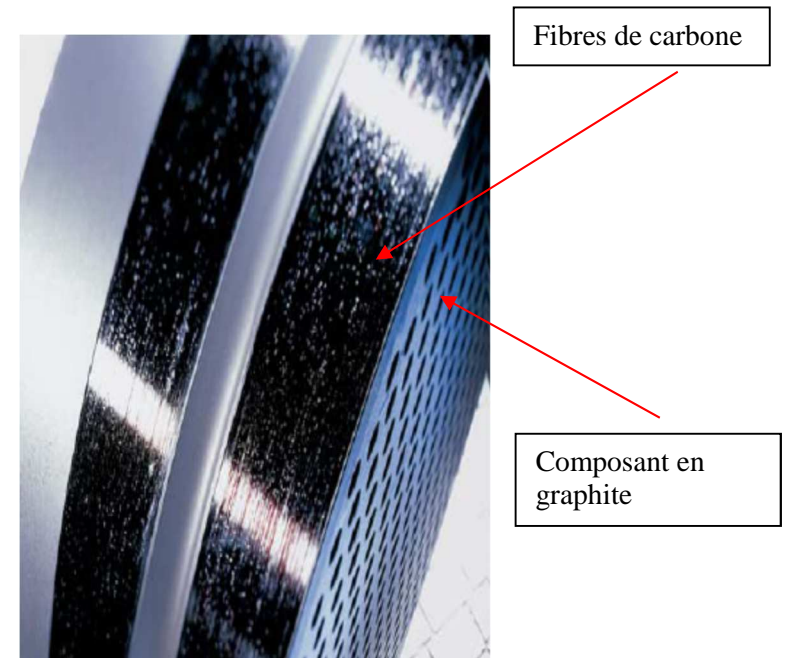
Blocs cubiques :



Colonne en graphite imprégné :



Composant en graphite imprégné renforcé fibre de carbone :



Annexe 2 (informative) : Principaux milieux utilisables (liste à vocation non exhaustive donnée à titre indicatif)

Produits minéraux	Acide arsénique Acide borique Acide bromhydrique aqueux et gaz Acide chlorydrique aqueux et gaz Acide fluosilicique Acide phosphorique Acide sulfureux aqueux et gaz
-------------------	--

Divers	acide sulfhydrique anhydride sulfureux chlorure de thionyle oxychlorure de phosphore phosgène solutions ammoniacales sulfure de carbone thiosulfate de sodium acides aminés acide sulfonique anhydrides carboxyliques
--------	---

Produits organiques	hydrocarbures aliphatiques hydrocarbures aromatiques hydrocarbures halogénés alcools mercaptans phénols esters amines nitriles nitrés aldéhydes cétones acides carboxyliques éthers
---------------------	--

Sels en solutions aqueuses	acétates chlorures fluorures nitrates nitrites sulfates sulfites
----------------------------	--

Les tables de corrosion des fournisseurs de graphite imprégné sont très fiables. Elles listent les espèces chimiques qui peuvent poser problème. Il est donc indispensable de s'y reporter.

Annexe 3 : Modes de dégradation des équipements en graphite imprégné

Partie en graphite

Pour comprendre les modes de dégradation, il est nécessaire de comprendre comment est constitué le matériau. Les éléments en graphite sont issus de blocs de coke, mélangés à du brai de houille. Ils subissent une extrusion pâteuse puis une cuisson vers 3000°C qui va conduire à la graphitisation c'est-à-dire à une forme cristalline du carbone, lui conférant ses propriétés (conduction thermique, électrique). Cette opération rend le graphite très poreux. Sa principale application est la fabrication des électrodes de fours d'aciéries électriques.

Pour utiliser le graphite dans les équipements de génie chimique, il est nécessaire de boucher tous les pores, ce qui est réalisé par une imprégnation de résine à cœur des éléments en graphite. L'essentiel des équipements sont imprégnés par de la résine phénolique. Il existe cependant, des éléments en graphite imprégné de PTFE. Ce dernier est inattaquable chimiquement. Cependant, l'imprégnation PTFE est techniquement plus difficile que l'imprégnation en résine phénolique. On réserve l'imprégnation PTFE aux cas d'application pour lesquels la résine phénolique ne convient pas.

Enfin, il est important de noter que la résine ne recouvre pas le graphite. Il ne s'agit pas d'une couche anti-corrosion, elle ne sert qu'à boucher les pores. Les deux matériaux (graphite et résine) sont donc exposés aux milieux chimiques.

Compte tenu de la nature même du matériau, il n'existe que trois modes de dégradation du graphite :

- attaque du graphite lui-même
- attaque de la résine d'imprégnation (si phénolique)
- rupture d'origine mécanique. C'est de loin le cas le plus répandu. Il recouvre de nombreux aspects.

3 - GRAPHITE	Corrosion	Corrosion du graphite dans les milieux très oxydants (acide nitrique, chlore, H ₂ O ₂ , etc.) Dissolution du liant formophénolique dans les solvants	Perte d'épaisseur, Décohésion
	Dégradation liée à des facteurs mécaniques	Rupture par choc	Fissuration, rupture
	Dégradation liée à des facteurs thermiques	Dégradation thermique des liants (formophénoliques et PTFE)	Décohésion

1 - Corrosion

Pour ce qui concerne les deux types d'attaque chimique, la lecture des tables de corrosion fournies par les principaux constructeurs sont très riches d'enseignement. Elles permettent de voir les milieux dans lesquels le graphite est attaqué et les milieux dans lesquels la résine est attaquée, ce qui permet d'anticiper les espèces agressives éventuelles à surveiller dans le fonctionnement des unités. Cependant, le REX des industries chimiques montre que les cas de corrosion sont très rares comparés aux cas de ruptures mécaniques.

Il est difficile de donner la liste des produits auxquels peuvent résister les équipements en graphite imprégné. Il est nettement plus efficace, pour la maîtrise des risques industriels, de donner les principaux produits chimiques pouvant conduire à une corrosion rapide des équipements.

1.1- Corrosion du graphite

Le graphite reste du carbone qui « s'oxyde » facilement. Les milieux conduisant à la corrosion du graphite sont donc les milieux très oxydants. Dans ces situations, il n'est pas possible d'utiliser les équipements en graphite. Citons :

- Le chlore, le brome, le fluor, l'iode humides,
- L'eau de Javel (par extension tous les hypochlorites, hypobromites ...) de sodium, calcium, potassium,
- L'acide chromique ainsi que ses sels comme les chromates,
- L'acide nitrique ainsi que les mélanges sulfonitriques et l'eau régale (Mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique concentrés),
- Les peroxydes, tel que l'eau oxygénée par exemple.

Signalons également une attaque importante par les deux produits ci-dessous :

- oléum sulfurique (en fait SO_3 libre dans l'acide sulfurique)
- chlorure de soufre.



Graphite d'apparence extrêmement friable

1.2- Corrosion de la résine phénolique

Les résines (formo)phénoliques d'imprégnation vont être essentiellement attaquées par :

- soude, potasse (concentration supérieure à 20%)
- acide fluorhydrique (concentration supérieure à 60%)
- amines aliphatiques (attaque modérée)
- solvants chlorés (attaque modérée)
- mono ou diéthanolamine (attaque modérée)

La corrosion des liants d'imprégnation (à base de résine formophénolique ou de PTFE) se manifeste généralement par une décohésion du graphite issue des dégradations liées à des facteurs chimiques mais aussi thermiques.

Lorsqu'on est face à un problème d'attaque de la résine phénolique, l'utilisation de graphite imprégné PTFE permet de solutionner le problème. Si c'est le graphite qui se corrode, il n'y a pas de solution avec un équipement en graphite.

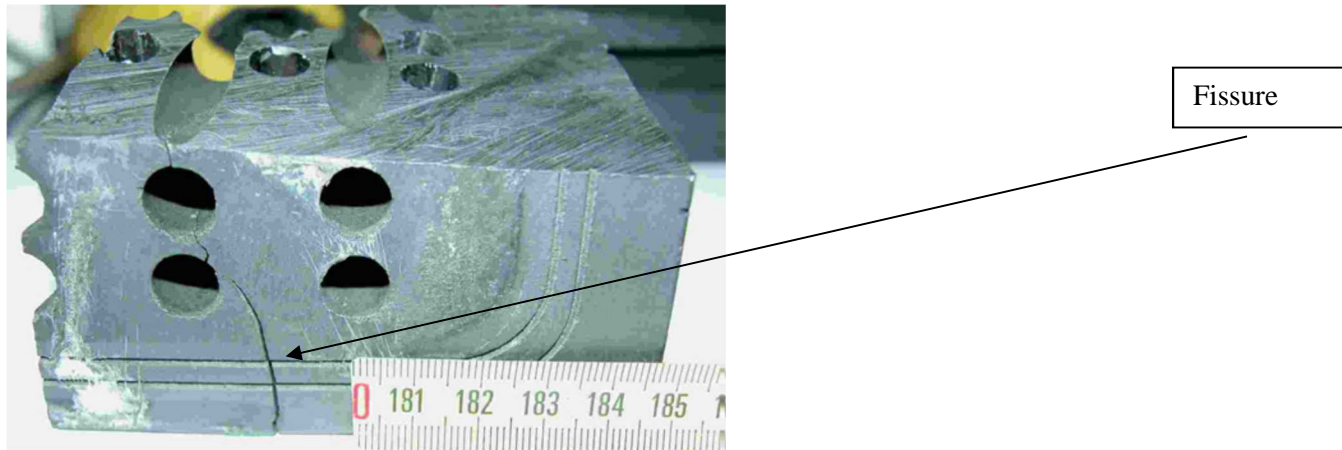
On voit donc qu'il existe un nombre limité de milieux pour lesquels le graphite imprégné peut être attaqué. Les milieux donnés plus haut en § 1.1 et 1.2 sont tous issus des tables de corrosion des fournisseurs et correspondent très bien à l'expérience industrielle. Les molécules chimiques désignées en 1.1 et 1.2 sont celles à rechercher ou à suivre dans un process chimique pour vérifier l'absence de risque de corrosion. Bien entendu, leur concentration influe sur le risque de corrosion mais cette liste constitue une excellente approche de risque.

2 - Ruptures d'origine mécanique

Le graphite est un matériau intrinsèquement fragile. Comme tous les matériaux fragiles, sa résistance à la compression est nettement supérieure à sa résistance à la traction ou au cisaillement. Le matériau est fragile mais cependant reste très peu dur, il s'usine très facilement (La meilleure image est celle de la mine de crayon). Les ruptures d'origine mécanique peuvent avoir de nombreuses origines et revêtir différentes formes :

- ruptures par choc direct lors de la manutention des éléments d'équipements. Un choc, ne conduisant pas à une rupture immédiate, peut, en revanche, conduire à une rupture brutale en service lors de l'application de la contrainte de service sur l'entaille préétablie,
- ruptures lors du remontage et du serrage des tiges filetées d'assemblage. La notice de montage doit être scrupuleusement respectée (ordres de serrage, nombre de tours à chaque serrage ...)
- ruptures par coup de bélier dans les réseaux d'eau de refroidissement
- ruptures par des coups de bélier liés à un mauvais positionnement de purgeurs lorsque la vapeur est utilisée sur des échangeurs graphite. Un résidu d'eau liquide à la remise en vapeur conduit à un coup de bélier

- ruptures liées à des à-coups de pression sur un process dont le réglage de la régulation n'est pas satisfaisant
- ruptures liées à des chocs thermiques
- abrasion par des fluides accidentellement chargés. Attention, visuellement, on peut confondre l'abrasion avec une attaque chimique du graphite. Il faut donc bien poser le diagnostic.



3 - Dégradation des éléments qui ne sont pas en graphite

Ces éléments qui ne sont pas en graphite sont constitués :

- pour les échangeurs à blocs démontables en graphite, des éventuelles parois sous pression des enceintes contenant les fluides « de type utilité » (vapeur d'eau, eau de refroidissement) généralement en acier non allié. Les modes de dégradation sont alors constitués de ceux qui affectent généralement une capacité dans le même couple matériau / milieu. La mise en place de COCL sur le circuit « utilité » peut contribuer à maîtriser préventivement toute dégradation qui serait la conséquence d'une fuite interne venant modifier la nature du fluide « utilité » le rendant ainsi corrosif vis à vis de la paroi.
- des systèmes de fermeture et de maintien d'assemblage des composants démontables en graphite tels que les plaques d'extrémité, les tirants avec leur boulonnerie de serrage, les ressorts de compensation de dilatation. Ces pièces sont généralement en acier non allié.
- des dispositifs de fixation de l'équipement : consoles angulaires, structure de type chaise mécano-soudée généralement en acier non allié.

Selon la nature du fluide contenu dans l'enceinte métallique, les modes de dégradation doivent être analysés en se reportant au tableau ci-dessous.

Nota : La terminologie utilisée dans cette annexe pour classifier les modes de dégradation et définir leurs types n'est donnée qu'à titre indicatif.

CLASSIFICATION	TYPE	SOUS-TYPE	EXEMPLES	EFFETS	
1 - CORROSION HUMIDE (ou EN PHASE AQUEUSE)	1.1 - Générale (ou généralisée)		Corrosion atmosphérique	Perte d'épaisseur	
			Corrosion sous calorifuge des aciers non ou faiblement alliés		
			Corrosion par les gaz humides (uniforme avec ou sans dépôt ou localisée sous dépôt)		
			Corrosion par le triéthylène glycol		
			Corrosion par les amines		
			Corrosion externe par le sol		
			Aciers non ou faiblement alliés dans les acides (H ₂ SO ₄ , HCl, acide formique, acide acétique, etc.)		
			Aciers non ou faiblement alliés dans la soude concentrée et chaude		
			Alliages de nickel non passivables du type B dans les milieux oxydants (milieux aérés, présence de Fe ³⁺ , etc.)		
			Corrosion par les fumées au voisinage et en dessous de leur point de rosée		
		Corrosion-érosion (FAC ou <i>flow accelerated corrosion</i>)	Aciers non ou faiblement alliés au contact de l'eau ou de la vapeur humide circulant à grande vitesse		
	1.2 - Galvanique	- Bimétallisme - Soudures hétérogènes		Couplage galvanique entre les tubes en laiton et la plaque tubulaire en acier non allié d'un échangeur en milieu eau industrielle	Perte d'épaisseur localisée
				Initiation de la corrosion sous dépôt par aération différentielle	
		Aération différentielle	Paroi interne de tubes pendant les périodes d'arrêt avec conservation par voie humide		
	1.3 - Localisée	- Par piqûres - Corrosion caverneuse - Corrosion sous contrainte (CSC) non cyclique		Corrosion atmosphérique ou sous calorifuge des aciers non ou faiblement alliés	Perte d'épaisseur, piqûres
				Fissuration sous tension des aciers inox austénitiques en présence de chlorures, sous calorifuge ou par les acides polythioniques	Fissures
				Corrosion bactérienne (ex. : bactéries sulfato-réductrices)	Cavernes
				Aciers inox austénitiques dans des solutions chlorurées et aérées	Piqûres
				Corrosion par les eaux de refroidissement (et essentiellement celles contenant des chlorures)	Cratères, Piqûres
Corrosion des inox du type X2CrNiMo17-11-02 sous joint				Cavernes	
Fatigue corrosion des aciers non alliés (ex. : dégazeurs thermiques)				Fissures	
Aciers non alliés en présence de nitrate ou de soude				Fissures	
Aciers inox austénitiques en présence de vapeur à haute température				Fissures	
Corrosion fissurante par le méthanol				Fissures	

CLASSIFICATION	TYPE	SOUS-TYPE	EXEMPLES	EFFETS
1 - CORROSION HUMIDE (ou EN PHASE AQUEUSE)	1.4 - Par courants vagabonds		Mise à la terre non maîtrisée en particulier à proximité des salles d'électrolyse ou de voies ferrées	Perte d'épaisseur localement
	1.5 - Liée à des facteurs métallurgiques	Corrosion sélective	Dézincification des laitons Graphitisation des fontes	Dénaturation de l'alliage
		Corrosion intergranulaire	Déchromisation des joints de grains des aciers inox austénitiques ou austéno-ferritiques sensibilisés	Décohésion des grains
	1.6 - Assistée par des facteurs mécaniques	Corrosion avec érosion	Aciers non ou faiblement alliés dans un flux d'acide sulfurique concentré ($v > 0,8$ m/s)	Perte d'épaisseur
		Abrasion avec corrosion	Matériaux métalliques dans un milieu contenant des particules solides en mouvement	Cratères à fond rugueux
		Frottement avec corrosion (ou tribocorrosion ou fretting-corrosion)	Cas des assemblages boulonnés soumis à des vibrations	Perte d'épaisseur
	1.7 - Liée à la présence d'hydrogène	Formation d'hydrures	Cas du titane, zirconium et tantale	Dénaturation
		Rupture différée (SSC ou Sulfide Stress Cracking)	Cas des aciers non ou faiblement alliés dans H ₂ S humide Cas de certains aciers fortement alliés dans H ₂ S humide	Fissures Fissures
		Hydrogen induced cracking (HIC) :		
		- Blistering (par cloquage) - Fissuration en gradins (SWC pour StepWise Cracking) - Fissuration mixte (SOHIC pour Stress Oriented Hydrogen Induced Cracking)	Rupture des aciers à basse teneur en nickel (3,5 à 10%) en présence d'hydrogène provenant du procédé ou suite à phénomène de corrosion interne ou externe (sous calorifuge ou ignifuge)	Cloques - Fissures

CLASSIFICATION	TYPE	SOUS-TYPE	EXEMPLES	EFFETS
2 - CORROSION À HAUTE TEMPERATURE	2.1 - Corrosion par les gaz et les liquides	Oxydation, sulfuration, carburation, nitruration	Oxydation, sulfuration ou carburation des tubes de fours, de vapocraquage, de chaudières	Dénaturation
		Attaque par l'hydrogène à chaud	Décarburation des aciers non et faiblement alliés en fonction de la température et de la pression partielle en hydrogène (voir courbes de Nelson)	Décohésion interne et/ou décarburation superficielle
		Poudrage (<i>Metal Dusting</i>)	Poudrage des aciers non ou faiblement alliés, inox, alliages base nickel, etc., dans des atmosphères très carburantes	Corrosion généralisée pour les aciers non ou faiblement alliés - localisée pour les autres
		Corrosion par les liquides	Corrosion par les acides (ex. : cas des composés soufrés, acides naphthéniques)	Perte d'épaisseur
	2.2 - Corrosion par les sels fondus		Corrosion des matériaux métalliques en contact avec des sels ou eutectiques à bas point de fusion ($\text{Na}_2\text{O}/\text{V}_2\text{O}_5$, Na_2SO_4 , NaHSO_4)	Perte d'épaisseur
	2.3 - Corrosion par les métaux liquides		Corrosion et fissuration des alliages cuivreux et des alliages d'aluminium par le mercure	Corrosion généralisée et/ou fissuration
			Fissuration des inox en présence de zinc fondu	
3 - DEGRADATION MECANIQUE ET PHYSIQUE DES MATERIAUX	3.1 - Dégradation liée à des facteurs mécaniques	Fluage	Tubes de chaudière en acier allié	Déformation
		Rupture fragile	Acier ferritique utilisé au-dessous de sa température de transition ou dans son domaine de température de transition, chocs thermiques, etc.	Rupture
		Rupture ductile	Cas des matériaux utilisés à haute température	Rupture
		Arrachement lamellaire	Matériaux contenant des inclusions sur lesquels s'exercent des contraintes de traction dans le sens de l'épaisseur	Fissuration en gradins (faciès de « bois pourri »)
		Fatigue mécanique	Équipements soumis à des cycles de contraintes	Fissures
		Fatigue thermique	Tubes de chaudières en acier non allié soumis à des fluctuations thermiques	Fissures
		Abrasion ou érosion	Acier austénitique sous flux d'une bouillie de silice	Perte d'épaisseur
		Cavitation	Endommagement de pompes ou en aval d'organes de robinetterie, mal dimensionnés	Perte d'épaisseur
		Frottement ou usure	Contact avec un arbre de machine tournante	Perte d'épaisseur
		Flambage	Acier soumis à des contraintes de compression	Déformation
		Érosion par les liquides	Présence de particules solides	Pertes d'épaisseur
		Érosion par gouttelettes	Présence de gouttelettes dans la vapeur	Parois rugueuses, aspérités
		Érosion par vaporisation (<i>flashing</i>)	Endommagement des organes déprimogènes (vannes, diaphragmes, venturis, clapets, etc.)	Parois rugueuses
		Écrouissage	Fissuration des soudures bimétalliques par dilatation différentielle	Fissures

CLASSIFICATION	TYPE	SOUS-TYPE	EXEMPLES	EFFETS
3 - DEGRADATION MECANIQUE ET PHYSIQUE DES MATERIAUX	3.2 - Dégradation liée à des facteurs métallurgiques		Formation de phases σ des inox du type X6CrNi25-20 après maintien prolongé à 600°C	Fragilisation Dénaturation
			Fragilisation à 475°C des alliages à 13-17% de chrome après maintien à 400-540°C	Dénaturation
			Précipitation de phases intermétalliques (cas des alliages du type Inconel 625 entre 500 et 700°C)	Dénaturation
			Fragilisation des aciers austénoferritiques après maintien à une température > 315°C	Dénaturation
			Fragilisation de revenu réversible / irréversible des aciers faiblement alliés	Fissures
			Fissuration à chaud lors du soudage des aciers inox austénitiques	Fissures
			Fissuration des soudures bimétalliques par migration de carbone	Fissures
			Fragilisation des aciers non alliés semi-calmés (soufflés à l'air)	Fragilisation
			Vieillessement accéléré sous écrouissage (<i>Strain Aging</i> et <i>Dynamic Strain Aging</i>)	Fragilisation
			Migration du carbone dans les aciers non alliés exposés au-delà de 425°C (graphitisation et globularisation des carbures)	Modifications métallurgiques, de structure, de résistance

Annexe 4 (informative) : Retour d'expérience des industries de procédé et gestion du retour d'expérience

Annexe 4-1 Retour d'expérience des industries de procédé

L'objectif de l'**annexe 4** est d'établir une synthèse du REX des modes de dégradation rencontrés sur les équipements en graphite dans les industries de procédés.

L'essentiel des REX de défaillance d'équipements en graphite imprégné, pour ne pas dire la totalité, est rencontré sur les échangeurs de chaleur. Nous n'avons pas de REX de défaillance sur des colonnes à distiller. Ceci peut s'expliquer par le fait que les épaisseurs de viroles en graphite sont très épaisses au regard des contraintes de service, de manière à diminuer fortement les contraintes sur le matériau. A l'inverse, les échangeurs de chaleur doivent nécessairement avoir des épaisseurs limitées de graphite à certains endroits pour assurer un échange thermique correct. La calandre des échangeurs joue le rôle d'enceinte de détection.

Nota : les échangeurs disposant majoritairement de calandres en acier, pour les modes de dégradation des composants en acier l'exploitant se reportera à l'**annexe 3**.

En cas de découverte d'un mode de dégradation qui ne figure pas dans ceux cités à l'**annexe 3**, il figurera dans le REX national périodiquement remis à jour.

REX DE RUPTURES MECANIQUES D'EQUIPEMENTS EN GRAPHITE

Il existe de nombreux REX de ruptures liées aux manutentions des équipements ou au remontage. Nous donnons ci-dessous quelques REX plus singuliers :

Fissuration d'un bouilleur de colonne en graphite

Une colonne à distiller fonctionne avec un produit froid à l'entrée (-10°C). Le bouilleur en graphite est alimenté en vapeur. La vanne de régulation du niveau liquide du pied de la colonne est une vanne de type « chasse d'eau ». Il s'en suit une forte variation du niveau liquide du pied de colonne qui conduit, dans certaines circonstances à vider le pied de la colonne. Dans ces conditions, le flux d'alimentation continu froid passe instantanément dans le bouilleur thermosiphon très chaud (160°C), ce qui crée un choc thermique et une fissuration du bouilleur. Détection par acidification des condensats

Fissuration par gel d'un échangeur graphite tubulaire

Lors d'une période d'arrêt hivernale d'une unité, un gros échangeur tubulaire en graphite a été retrouvé entièrement cassé. La durée de l'arrêt a conduit l'usine à arrêter la vapeur dans la calandre, malgré les températures négatives. Ces échangeurs ont une technologie qui tient compte du très faible coefficient de dilatation thermique du graphite des tubes, comparé à celui de l'acier de la calandre. La calandre est donc fixe par rapport à l'une des plaques tubulaires et glissante par rapport à l'autre, avec un système d'étanchéité de type presse étoupe qui avait été resserré pendant l'arrêt. Les températures négatives ont conduit à une contraction de la calandre par rapport aux tubes. Le récent serrage n'a pas permis le glissement de la calandre sur la plaque tubulaire entraînant l'ensemble des tubes en compression. Il s'en est suivi une rupture franche des deux plaques tubulaires en quatre secteurs ainsi que la rupture de la totalité des tubes.

REX DE NON ADEQUATION DU MATERIAU (GRAPHITE) PAR RAPPORT AU FLUIDE CONTENU

Les tables de corrosion des fournisseurs de graphite imprégné sont très fiables. Elles listent bien les espèces chimiques qui peuvent poser problème. Tous les REX de corrosion du graphite, que nous avons, ont permis de montrer, après investigations, qu'ils étaient conformes à ces données de corrosion disponibles. Du fait de la grande polyvalence du graphite imprégné, nous observons une très bonne tolérance à de nombreuses fluctuations de conditions de fonctionnement. Ceci explique que les attaques chimiques sont rares comparées aux cas de ruptures d'origine mécanique.

Néanmoins, nous citerons ci-dessous les principaux REX d'attaque chimique liés à une inadéquation du matériau. La problématique de l'adéquation du matériau par rapport au fluide est à traiter lors de la conception ou modification et ne conduit pas à sélectionner dans les plans d'inspection les modes de dégradation associés à ces cas particuliers. Toutefois l'adéquation fluide / matériau doit être examinée lors de l'élaboration des PI.

Colonne d'absorption HCl

Une colonne d'absorption adiabatique d'HCl en acier vitrifié est équipée d'un condenseur de tête en graphite. En tête de colonne, le flux à condenser est essentiellement de l'eau avec des traces d'HCl. Le graphite convient parfaitement. Dans le process en question, l'HCl contenait 1% de chlore. La condensation d'une eau chlorée a conduit à la ruine de l'échangeur en moins de 12 mois après démarrage de l'unité. Il s'agissait d'une erreur de choix de matériau. La présence de chlore n'a pas été prise en compte. Le chlore humide est bien connu comme très corrosif pour le graphite. La détection a eu lieu par acidification de l'eau de refroidissement.

Echangeur sur acide sulfurique

Un échangeur en graphite, refroidissant un flux process essentiellement constitué d'acide sulfurique à 85%, a fonctionné correctement pendant des années (conforme aux données de corrosion). Il s'est détruit rapidement ainsi qu'un nouvel échangeur, signalant une évolution importante de la corrosivité. Les investigations ont montré que l'introduction d'eau oxygénée dans le process a conduit à la formation de NOx en amont, d'où la

présence d'acide nitrique dans l'acide sulfurique. Les données de corrosion disponibles montrent clairement que le graphite ne résiste pas dans ces conditions. La détection a eu lieu par dilution de l'acide process (pression plus forte dans l'eau de refroidissement)

Echangeur sur acide sulfurique concentré

Un procédé utilise de l'oléum sulfurique pour capter l'eau produite par la réaction chimique. Les régulations du procédé sont conçues pour avoir en permanence un titre de 100% H₂SO₄. Une dérive dans la régulation a conduit à injecter plus d'oléum que nécessaire. Il s'en est suivi une forte attaque du graphite, conformément aux données de corrosion disponibles. La détection a eu lieu par dilution de l'acide, paramètre très suivi du procédé.

Annexe 4-2 Gestion du retour d'expérience

Synthèse du retour d'expérience des contrôles réalisés durant les années :

La Décision BSERR n° xx-yyy du jj/mm/aaaa, relative à la reconnaissance du Cahier Technique Professionnel relatif aux équipements sous pression en graphite imprégné édition de mm/aaaa, précise les modalités d'information du retour d'expérience au BSERR (Article x de la décision BSERR n° aa-nnn)

Cette annexe a pour but de décrire le processus à respecter et de définir les données à prendre en compte et à transmettre à l'UFIP et France Chimie par les exploitants pour permettre la gestion du retour d'expérience.

Processus

Tous les trois ans, le CTNIIC envoie aux exploitants membres de France Chimie ou de l'UFIP les formulaires, joints ci-dessous, en leur demandant de les renvoyer compétés.

Le CTNIIC réalise une compilation des réponses pour établir le bilan de la mise en application du CTP 14. Ce bilan sera communiqué aux exploitants concernés pour accord et envoyé consécutivement au BSERR.

Remarque : Les exploitants qui ne sont pas adhérents ni à l'UFIP ni à France Chimie sont tenus, en application de l'article x de la décision BSERR n° aa_xxx du jj/mm/aaaa, de transmettre à l'UFIP-France Chimie les résultats des contrôles qu'ils ont effectués. A cette fin, ils peuvent se procurer sur le site de l'AFIAP le présent document.

Site AFIAP : <http://www.afiap.org/>

Une partie de ce REX, définie par l'Observatoire des Appareils à Pression (OBAP), lui est envoyée directement par le CTNIIC.

Données à prendre en compte

Le formulaire

Pour répondre à la demande de l'administration, ce formulaire permet aux exploitants mettant en œuvre le CTP 14 d'indiquer quantitativement les contrôles réalisés. Une brève description de la conclusion du contrôle ou de l'inspection est demandée.

La seconde partie du formulaire permet aux exploitants d'indiquer les éventuelles difficultés rencontrées dans l'application du CTP 14 et les évolutions qu'il pourrait être opportun d'envisager.

A l'issue de la collecte des réponses des exploitants concernés par l'application de ce CTP, une note de synthèse est préparée par le CTNIIC, vérifiée par les exploitants concernés et finalement émise au BSERR.

Le CTP en objet est quant à lui révisé suivant les modalités de l'article x de la décision BSERR n° aa-xxx du jj/mm/aaaa si cela est justifié.

Est joint ci-dessous le formulaire à remplir.

CTP 14 : Synthèse du retour d'expérience des contrôles réalisés durant les années aaaa à bbbb

Formulaire

Année :

Société :

Responsable en charge du retour d'expérience :

- Nom et prénom :
- Fonction :
- Adresse mail :

I - Opérations et inspection effectuées relatives à un équipement sous pression en graphite imprégné dans le cadre de l'application du CTP réalisées au cours des années calendaires aaaa à bbbb.

Remarque : Remplir un tableau par type de récipient :

- Echangeurs :
 - 1. A canaux croisés,
 - 2. Tubulaire,
 - 3. Autres échangeurs.
- Autres récipients (Colonne, ...)

(Voir tableau page suivante)

II - Formulez ici :

- **les éventuelles difficultés rencontrées dans l'application du CTP 14,**
- **les évolutions qu'il pourrait être opportun d'envisager**
- **et les modes de dégradation rencontrés sur les équipements contrôlés et ne figurant pas dans ce CTP :**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Opérations effectuées durant les deux années considérées	Indiquer ci-dessous les quantités et types d'équipements concernés par les opérations considérées ainsi que la conclusion suite à la réalisation de ces opérations		
	Nombre d'équipements concernés	Type d'équipement	Conclusion ou remarque
- Première mise en service : Repérage des composants avant 1ère mise en service Constitution du dossier descriptif de l'équipement			
- Etablissement du plan de contrôle : Choix du matériau Détection des fuites internes (cas des échangeurs) Elaboration du plan de contrôle			
- Inspection périodique : Vérification de l'identification de l'équipement et de ses composants Examen visuel interne Examen visuel externe Autres CND éventuels			
- Requalification périodique : Inspection de requalification périodique Epreuve hydraulique lorsqu'exigée			
- Remplacement de composants démontables : Obtention de composant répondant aux exigences du §5.3 Inspection des composants avant montage Essai hydraulique à 110% de la PS			

Annexe 5 : Plan d'Inspection Générique (PIG)

Les PIG sont établis ci-dessous successivement pour les trois types d'équipement suivants : les échangeurs à blocs démontables en graphite, les échangeurs tubulaires en graphite, les récipients en graphite (colonne, réacteur, ...). Cette annexe précise les informations qui doivent figurer dans les PI, chaque exploitant pouvant adopter une forme qui lui est propre pour ses PI.

1 - Informations générales :

Le PI, quel que soit le type d'équipement, doit comporter les informations suivantes :

Site d'exploitation (préciser nom et adresse du site) :	
Nom du rédacteur (Personne compétente) :	
Habilité par :	Habilité jusqu'à :
Référence du Plan d'inspection avec son indice :	Date :
Identification de l'équipement :	
Nom du fabricant :	Numéro de fabrication :
Référence du CTP dont l'indice de révision :	CTP pour l'Inspection en Service des Équipements Sous Pression en graphite imprégné n°14 rev.01 - / septembre 2019
Adéquation entre le matériau (graphite et liant) et le fluide :	OUI NON (Si non, CTP non applicable)

Puis, en fonction du type d'équipement (échangeurs à blocs démontables en graphite, échangeurs tubulaires en graphite, récipients), le PI comporte des informations spécifiques à la famille d'équipement.

2 - Informations spécifiques par famille d'équipement :

Voir les tableaux par famille d'équipement ci-dessous.

	Famille d'équipement		
• la définition de la famille d'équipements concernée telle que définie dans le CTP	Echangeur à blocs démontables en graphite	Echangeur tubulaire en graphite	Récipient en graphite
• une partie relative aux caractéristiques de la famille d'équipements couverte par le PIG	Echangeur thermique généralement constitué : - de blocs en graphite percés de deux réseaux de canaux de circulation de fluide - de blocs en graphite d'extrémité (fixation des tuyauteries, répartition des fluides) - de joints d'étanchéité entre les blocs, - d'une calandre métallique contenant les blocs (assemblés de façon non permanente et donc démontables) équipée de piquages d'entrée et de sortie du fluide d'utilité (eau, vapeur, ...) - de plaques métalliques avec tirants, boulonnerie et ressorts de compensation de dilatation permettant le maintien assemblés des différents blocs - d'un bâti support métallique	Echangeur thermique généralement constitué : - d'un faisceau de tubes droits en graphite assemblés de façon permanente sur deux plaques tubulaires d'extrémité en graphite permettant la circulation du fluide procédé, - d'une calandre métallique contenant le faisceau et permettant la circulation du fluide d'utilité (eau, vapeur, ...) et munie des piquages de raccordement des tuyauteries, - de blocs graphite démontables d'extrémité incorporés dans la calandre et faisant office de boîte d'alimentation avec piquages de raccordement des tuyauteries, - de joints d'étanchéité entre faisceau et blocs, - de plaques métalliques avec tirants, boulonnerie et ressorts de compensation de dilatation permettant le maintien assemblé de l'ensemble faisceau-blocs dans la calandre.	Récipient généralement constitué : - d'un empilement de composant démontables en graphite en forme d'anneau - de joints d'étanchéité entre ces composants - de plaques métalliques avec tirants, boulonnerie et ressorts de compensation de dilatation permettant le maintien assemblé des différents composants ainsi que le raccordement des tuyauteries - d'un bâti support métallique
• les références réglementaires particulières applicables à l'équipement	Une seule ou les deux enceintes de l'échangeur sont assujetties aux dispositions de l'article R.557-9-1 et suivants du code de l'environnement et à l'AM du 20/11/2017. Lorsque les deux enceintes sont assujetties, elles répondent toutes les deux aux dispositions du CTP.	Une seule ou les deux enceintes de l'échangeur sont assujetties aux dispositions de l'article R.557-9-1 et suivants du code de l'environnement et à l'AM du 20/11/2017. Lorsque les deux enceintes sont assujetties, elles répondent toutes les deux aux dispositions du CTP.	L'unique compartiment est assujetti aux dispositions de l'article R.557-9-1 et suivants du code de l'environnement et à l'AM du 20/11/2017

	Echangeur à blocs démontables en graphite	Echangeur tubulaire en graphite	Récepteur en graphite
• les caractéristiques de construction des enceintes soumises	<u>Enceinte procédé 1 :</u> PS en bar TS maxi en °C TS mini en °C Etat du fluide : Gaz Groupe du fluide : 1 ou 2 Catégorie au sens de la directive 2014/68/UE le cas échéant Matériaux <u>Enceinte procédé 2 ou utilités :</u> PS en bar TS maxi en °C TS mini en °C Etat du fluide : Gaz Groupe du fluide : 1 ou 2 Catégorie au sens de la directive 2014/68/UE le cas échéant Matériaux	<u>Enceinte procédé 1 :</u> PS en bar TS maxi en °C TS mini en °C Etat du fluide : Gaz Groupe du fluide : 1 ou 2 Catégorie au sens de la directive 2014/68/UE le cas échéant Matériaux <u>Enceinte procédé 2 ou utilités :</u> PS en bar TS maxi en °C TS mini en °C Etat du fluide : Gaz Groupe du fluide : 1 ou 2 Catégorie au sens de la directive 2014/68/UE le cas échéant Matériaux	<u>Enceinte procédé :</u> PS en bar TS maxi en °C TS mini en °C Etat du fluide : Gaz Groupe du fluide : 1 ou 2 Catégorie au sens de la directive 2014/68/UE le cas échéant Matériaux
• Accessoires de sécurité	Identification des accessoires de sécurité Seuil de déclenchement	Identification des accessoires de sécurité Seuil de déclenchement	Identification des accessoires de sécurité Seuil de déclenchement
• les caractéristiques d'utilisation de l'équipement	<u>Le PI précise a minima pour chaque enceinte de l'équipement :</u> Pression de service normale Température de service normale Régime de fonctionnement (Continu, batch...)	<u>Le PI précise a minima pour chaque enceinte de l'équipement :</u> Pression de service normale Température de service normale Régime de fonctionnement (Continu, batch...)	<u>Le PI précise a minima pour l'équipement :</u> Pression de service normale Température de service normale Régime de fonctionnement (Continu, batch...)
• Dispositif d'isolation thermique	Existence d'un dispositif d'isolation thermique : Oui ou non Nature : Innocuité vis-à-vis du matériau : Oui ou non	Existence d'un dispositif d'isolation thermique : Oui ou non Nature : Innocuité vis-à-vis du matériau : Oui ou non	Existence d'un dispositif d'isolation thermique : Oui ou non Nature : Innocuité vis-à-vis du matériau : Oui ou non

	Echangeur à blocs démontables en graphite	Echangeur tubulaire en graphite	Récepteur en graphite
<p>• les modes de dégradation susceptibles d'affecter l'équipement tels que définis dans le CTP</p>	<p><u>Enceinte procédé 1 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence de mode de dégradation interne ou externe lié aux fluides - Rupture consécutives à des chocs mécaniques lors des manutentions et démontages - Rupture consécutives à des chocs thermiques lors des démarrages <p><u>Enceinte procédé 2 ou utilités (sur composants en graphite) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence de mode de dégradation interne ou externe lié aux fluides - Rupture consécutives à des chocs mécaniques lors des manutentions et démontages - Rupture consécutives à des chocs thermiques lors des démarrages - Erosion localisée (vapeur d'eau) <p><u>Enceinte procédé 2 ou utilités (sur paroi métallique) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Corrosion généralisée sous dépôts (eau de refroidissement) - Erosion localisée (vapeur d'eau) - Corrosion généralisée en cas de passage du fluide procédé dans fluide utilité sur fuite interne - Autres (Voir annexe 3) <p><u>Externe à l'équipement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Corrosion généralisée virole et dispositifs de serrage - Autres (Voir annexe 3) 	<p><u>Enceinte faisceau procédé :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence de mode de dégradation interne ou externe lié aux fluides - Rupture consécutives à des chocs mécaniques lors des manutentions et démontages - Rupture consécutives à des chocs thermiques lors des démarrages <p><u>Enceinte calandre utilités (sur composant en graphite):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence de mode de dégradation interne ou externe lié aux fluides - Rupture consécutives à des chocs mécaniques lors des manutentions et démontages - Rupture consécutives à des chocs thermiques lors des démarrages - Erosion localisée (vapeur d'eau) <p><u>Enceinte calandre utilités (sur paroi métallique):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Corrosion généralisée sous dépôts (eau de refroidissement) - Erosion localisée (vapeur d'eau) - Corrosion généralisée en cas de passage du fluide procédé dans fluide utilité sur fuite interne - Autres (Voir annexe 3) <p><u>Externe à l'équipement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Corrosion généralisée virole et dispositifs de serrage - Autres (Voir annexe 3) 	<p><u>Interne à l'équipement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence de mode de dégradation interne ou externe lié au fluide - Rupture consécutive à des chocs mécaniques lors des manutentions et démontages - Rupture consécutive à des chocs thermiques lors des démarrages <p><u>Externe à l'équipement :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Corrosion généralisée dispositifs de serrage

	Echangeur à blocs démontables en graphite	Echangeur tubulaire en graphite	Récepteur en graphite
<ul style="list-style-type: none"> la localisation des zones sensibles pour chaque mode de dégradation identifié telle que défini dans le CTP 	<p>Partie en graphite :</p> <ul style="list-style-type: none"> Chocs mécaniques : toute surface d'un composant Chocs thermiques : tout composant dans son volume Dégradation chimique : toute surface d'un composant Erosion localisée : au droit de l'arrivée de vapeur d'eau en l'absence d'un bouclier de protection <p>Partie métallique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Corrosion généralisée ou piqures sous dépôts : dans les zones de faible débit de circulation, les volumes morts Corrosion généralisée (fuite interne) : ensemble de la paroi acier exposée au fluide Corrosion généralisée (dispositif de serrage) : ensemble des pièces de serrage notamment en partie basse de l'échangeur Autres (Voir annexe 3) 	<p>Partie en graphite :</p> <ul style="list-style-type: none"> Chocs mécaniques : toute surface d'un composant Chocs thermiques : tout composant dans son volume Dégradation chimique : toute surface d'un composant Erosion localisée : au droit de l'arrivée de vapeur d'eau en l'absence d'un bouclier de protection <p>Partie métallique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Corrosion généralisée ou piqures sous dépôts : dans les zones de faible débit de circulation, les volumes morts Corrosion généralisée (fuite interne) : ensemble de la paroi acier exposée au fluide Corrosion généralisée (dispositif de serrage) : ensemble des pièces de serrage notamment en partie basse de l'échangeur Autres (Voir annexe 3) 	<p>Partie en graphite :</p> <ul style="list-style-type: none"> Chocs mécaniques : toute surface d'un composant Chocs thermiques : tout composant dans son volume Dégradation chimique : toute surface d'un composant <p>Partie métallique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Corrosion généralisée (dispositif de serrage) : ensemble des pièces de serrage notamment en partie basse de l'équipement Autres (Voir annexe 3)
<ul style="list-style-type: none"> les conditions de préparation de l'équipement telles que définies dans le CTP 	<ul style="list-style-type: none"> Dépose totale ou partielle de l'éventuel isolant thermique Débranchement des tuyauteries et dégagement des piquages Dépose et vérification des accessoires sous pression Nettoyage des piquages Accès à tous les piquages, plaque de firme, dispositifs de serrage, bâti support, accessoires de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Dépose totale ou partielle de l'éventuel isolant thermique Débranchement des tuyauteries et dégagement des piquages Dépose et vérification des accessoires sous pression Nettoyage des piquages Accès à tous les piquages, plaque de firme, dispositifs de serrage, bâti support, accessoires de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Dépose totale ou partielle de l'éventuel isolant thermique Débranchement des tuyauteries et dégagement des piquages Dépose et vérification des accessoires sous pression Nettoyage des piquages Accès à tous les piquages, plaque de firme, dispositifs de serrage, bâti support, accessoires de sécurité

	Echangeur à blocs démontables en graphite	Echangeur tubulaire en graphite	Récepteur en graphite
<ul style="list-style-type: none"> • les actions de surveillance à réaliser sur l'équipement en service et/ou à l'arrêt (ou en chômage) telles que définies dans le CTP ainsi que celles qui seraient associées à des modes de dégradation ou des défauts propres à l'équipement : 			
<ul style="list-style-type: none"> • les périodicités des inspections et des requalifications périodiques 	IP et RP à périodicités suivant PI sans dépasser pour les SIR celles imposées par le guide d'établissement des PI appliqué.	IP et RP à périodicités suivant PI sans dépasser pour les SIR celles imposées par le guide d'établissement des PI appliqué.	IP et RP à périodicités suivant PI sans dépasser pour les SIR celles imposées par le guide d'établissement des PI appliqué.
<ul style="list-style-type: none"> • la nature des inspections périodiques 	IP comprenant : <ul style="list-style-type: none"> - Vérification de l'identification de l'équipement et de ses différents composants démontables en graphite - Examen visuel externe de la virole métallique, des piquages raccordés, des portées de joint de raccordement, des composants démontables en graphite visibles, des assemblages visibles de composants démontables en graphite. - Mise en œuvre de CND adaptés (en nature et localisation) aux modes de dégradation des parois métalliques identifiés sur le plan de contrôle ou d'inspection, - Examen visuel interne des parties accessibles après dépose des tubulures et ouverture des piquages (pour le cas spécifique des équipements constitués de composants démontables en graphite imprégné, ceux-ci ne seront pas démontés afin d'éviter tout risque de rupture ou de fissuration), - Examen visuel de l'état des dispositifs de serrage (plaques d'extrémité, tirants, boulonnerie, ressorts) - Examen visuel du bâti support - Examen des accessoires de sécurité 	IP comprenant : <ul style="list-style-type: none"> - Vérification de l'identification de l'équipement et de ses différents composants démontables en graphite - Examen visuel externe de la virole métallique, des piquages raccordés, des portées de joint de raccordement. - Mise en œuvre de CND adaptés (en nature et localisation) aux modes de dégradation des parois métalliques identifiés sur le plan de contrôle ou d'inspection, - Examen visuel interne des parties accessibles après dépose des tubulures et ouverture des piquages (pour le cas spécifique des équipements constitués de composants démontables en graphite imprégné, ceux-ci ne seront pas démontés afin d'éviter tout risque de rupture ou de fissuration), - Examen visuel de l'état des dispositifs de serrage (plaques d'extrémité, tirants, boulonnerie, ressorts) - Examen visuel du bâti support - Examen des accessoires de sécurité 	IP comprenant : <ul style="list-style-type: none"> - Vérification de l'identification de l'équipement et de ses différents composants démontables en graphite - Examen visuel externe des composants démontables en graphite, des assemblages visibles de composants démontables en graphite, des portées de joint de raccordement - Examen visuel interne des parties accessibles après dépose des tubulures et ouverture des piquages (pour le cas spécifique des équipements constitués de composants démontables en graphite imprégné, ceux-ci ne seront pas démontés afin d'éviter tout risque de rupture ou de fissuration), - Examen visuel de l'état des dispositifs de serrage (plaques d'extrémité, tirants, boulonnerie, ressorts) - Examen visuel du bâti support - Examen des accessoires de sécurité

	Echangeur à blocs démontables en graphite	Echangeur tubulaire en graphite	Récepteur en graphite
<ul style="list-style-type: none"> la nature des requalifications périodiques 	RP comprenant : <ul style="list-style-type: none"> Les mêmes investigations que celles réalisées pour l'IP à laquelle est ajoutée la vérification des accessoires de sécurité, Une épreuve hydraulique, lorsque requise, des enceintes assujetties sous une pression égale à 110% de leurs PS respectives 	RP comprenant : <ul style="list-style-type: none"> Les mêmes investigations que celles réalisées pour l'IP à laquelle est ajoutée la vérification des accessoires de sécurité, Une épreuve hydraulique, lorsque requise, des enceintes assujetties sous une pression égale à 110% de leurs PS respectives 	RP comprenant : <ul style="list-style-type: none"> Les mêmes investigations que celles réalisées pour l'IP à laquelle est ajoutée la vérification des accessoires de sécurité, Une épreuve hydraulique, lorsque requise, de l'équipement sous une pression égale à 110% de sa PS
<ul style="list-style-type: none"> les nature et périodicité des éventuels contrôles intermédiaires 	Examen visuel externe de la virole métallique et des dispositifs de serrage suivant périodicité imposée par la procédure interne d'établissement des PI.	Examen visuel externe de la virole métallique et des dispositifs de serrage suivant périodicité imposée par la procédure interne d'établissement des PI.	Examen visuel externe de l'équipement et des dispositifs de serrage suivant périodicité imposée par la procédure interne d'établissement des PI.
<ul style="list-style-type: none"> les nature, localisation, étendue et périodicité des essais, notamment des END 	A chaque IP, RP et contrôle intermédiaire, sur les parois sous pression métalliques accessibles depuis l'extérieur : <ul style="list-style-type: none"> Mesures d'épaisseur par sondage par ultrasons, Mesures d'épaisseur par sondage sur zone singulière définie dans le plan de contrôle ou d'inspection, et autres CND suivant mode de dégradation A chaque occasion de démontage de bloc : <ul style="list-style-type: none"> Examen visuel des blocs, évaluation des pertes d'épaisseur localisées en cas d'érosion constatée Examen visuel interne de la virole de calandre si accessible. Mesures d'épaisseur au droit des zones jugées corrodées 	A chaque IP, RP et contrôle intermédiaire, sur les parois sous pression métalliques accessibles depuis l'extérieur : <ul style="list-style-type: none"> Mesures d'épaisseur par sondage par ultrasons, Mesures d'épaisseur par sondage sur zone singulière définie dans le plan de contrôle ou d'inspection, et autres CND suivant mode de dégradation A chaque occasion de démontage, examen visuel interne des composants rendus accessibles.	A chaque occasion de démontage, examen visuel interne des composants.

	Echangeur à blocs démontables en graphite	Echangeur tubulaire en graphite	Récepteur en graphite
<ul style="list-style-type: none"> les critères et les seuils associés aux essais 	<p>Partie en graphite :</p> <ul style="list-style-type: none"> Absence d'indication de type fissure Absence de décohésion des composants du graphite <p>Partie métallique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Corrosion généralisée ou localisée interne : épaisseur restante supérieure à l'épaisseur minimale calculée Corrosion généralisée externe : remplacement des dispositifs concernés si perte d'épaisseur supérieure à 0,5 mm 	<p>Partie en graphite :</p> <ul style="list-style-type: none"> Absence d'indication de type fissure Absence de décohésion des composants du graphite <p>Partie métallique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Corrosion généralisée ou localisée interne : épaisseur restante supérieure à l'épaisseur minimale calculée Corrosion généralisée externe : remplacement des dispositifs concernés si perte d'épaisseur supérieure à 0,5 mm 	<p>Partie en graphite :</p> <ul style="list-style-type: none"> Absence d'indication de type fissure Absence de décohésion des composants du graphite <p>Partie métallique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Corrosion généralisée externe : remplacement des dispositifs concernés si perte d'épaisseur supérieure à 0,5 mm
<ul style="list-style-type: none"> les éventuelles conditions opératoires critiques limites des équipements (COCL ¹) et les seuils associés <p>¹ Si des COCL sont identifiées dans le CTP, le CTP précise que leurs conditions de suivi et d'enregistrement sont définies dans le PI ou dans une procédure de l'exploitant</p>	<p>Le cas échéant :</p> <ul style="list-style-type: none"> Surveillance du pH ou conductivité en sortie du circuit utilité (eau ou condensats de vapeur) Pressions et températures, entrée et sortie, des deux enceintes Vigilance dans les phases de démarrage (procédure spécifique) <p>COCL suivie suivant une procédure du SIR ou de l'exploitant</p>	<p>Le cas échéant :</p> <ul style="list-style-type: none"> Surveillance du pH ou conductivité en sortie du circuit utilité (eau ou condensats de vapeur) Pressions et températures, entrée et sortie, des deux enceintes Vigilance dans les phases de démarrage (procédure spécifique) <p>COCL suivie suivant une procédure du SIR ou de l'exploitant</p>	<p>Vigilance dans les phases de démarrage (procédure spécifique)</p> <p>COCL suivie suivant une procédure du SIR ou de l'exploitant</p>
<ul style="list-style-type: none"> les actions de surveillance applicables aux accessoires de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Examen réglementaire à la périodicité des IP Vérification réglementaire à la périodicité des RP 	<ul style="list-style-type: none"> Examen réglementaire à la périodicité des IP Vérification réglementaire à la périodicité des RP 	<ul style="list-style-type: none"> Examen réglementaire à la périodicité des IP Vérification réglementaire à la périodicité des RP

	Echangeur à blocs démontables en graphite	Echangeur tubulaire en graphite	Récepteur en graphite
<ul style="list-style-type: none"> • Le CTP prévoit également les modalités de révision des PI 	Révision du PI suivant § 5.2.2.6 « Révision du PI »	Révision du PI suivant § 5.2.2.6 « Révision du PI »	Révision du PI suivant § 5.2.2.6 « Révision du PI »