

PROGRAMME DES CONNAISSANCES REQUISES

Validé lors du CCI du : 18.11.2010

Réf. : CCI/DG-01

Révision : 06

Page : 1/7

SOMMAIRE

1. **CODES, NORMES ET REGLEMENTS**
2. **METALLURGIE ET MATERIAUX**
3. **SOUDAGE**
4. **CHAUDRONNERIE, TUYAUTERIES ET ACCESSOIRES**
5. **RESISTANCE DES MATERIAUX**
6. **PHENOMENES DE DEGRADATION**
7. **TECHNIQUES DE CONTROLE DESTRUCTIF ET NON DESTRUCTIF**
8. **SECURITE**



NIVEAUX

1. CODES, NORMES ET REGLEMENTS

- a) Codes de construction des équipements 1 et 2
 CODAP, CODRES, Code ASME, NF T 57-900, NF E 32-100
- b) Réglementation française des Equipements sous pression 1 et 2
 Conception, fabrication, surveillance en exploitation
 Composants et accessoires sous pression, robinets, etc.
- c) Cahier des charges pour la qualification des modes opératoires de soudage : EN 288 2
- d) Norme de qualification des soudeurs : EN 287 2
- e) Généralités sur les normes AFNOR et ASTM pour équipements chaudronnés 2

2. METALLURGIE ET MATERIAUX**2.1. Métallurgie**

- a) Structures cristallines des alliages (généralités)
- solidification des alliages : diagrammes d'équilibre 2
 - transformation à l'état solide : trempe – revenu, durcissement structural, grossissement des grains 2
- b) Propriétés générales des métaux et alliages
- caractéristiques mécaniques 1 et 2
 - écrouissage et restauration 1 et 2
 - fluage 2
 - mécanisme de la rupture : rupture ductile, rupture fragile, rupture par fatigue 2
- c) Méthodes d'essais des métaux
- analyse chimique (principe) 1 et 2
 - examens macrographiques et micrographiques 1 et 2
 - essais par chocs (principe) et différents essais par chocs 1 et 2
 - essais statiques 1 et 2
 - dureté 1 et 2
 - pliage principes et existence des normes de référence 1 et 2
 - traction 1 et 2
 - essais en température – principe 2
 - essais sous charge cyclique 2
- d) Les aciers
- diagramme fer - carbone (principe) 1 et 2
 - aciers au carbone : classification - dénomination - limite d'utilisation - effet du carbone sur les propriétés mécaniques 1 et 2
 - influence des autres constituants de l'acier
 - calcul de l'équivalent carbone 1 et 2
 - effet sur les propriétés mécaniques 2
 - effet sur les phénomènes de corrosion 2
 - aciers alliés : classification - dénomination - limite d'utilisation 1 et 2
- e) Traitements mécaniques et thermiques des aciers
- écrouissage et grenailage 2
 - chaude 1 et 2
 - corroyage 2
 - recuit 1 et 2
 - trempe 1 et 2
 - revenu 1 et 2
 - traitements de détensionnement 1 et 2
- f) Défauts possibles dans les aciers
- défauts de continuité : retassure, soufflures, tapures, fissures ; défauts de surface 1 et 2
 - impuretés (généralités) 2
 - gaz occlus : oxygène, hydrogène, azote

- fragilisation par l'hydrogène
- inclusions solides
- ségrégation
- anomalies de structure2
 - structure de surchauffe
 - décarburation superficielle et carburation
 - grossissement de grain par écrouissage
 - vieillissement par écrouissage
 - fragilisation réversible de revenu

et notion sur les moyens pour limiter ces défauts

- g) Autres métaux
- Généralités sur les métaux et leurs alliages courants 1 et 2
 - Résistance chimique2
 - nickel
 - chrome
 - cuivre
 - aluminium
 - titane
 - tantale
 - zirconium

2.2. Matériaux plastiques

- a) Grandes définitions2
Thermoplastiques, thermodurcissables
- b) Les principaux produits utilisés avec :.....2
- Notions sur :
 - leur tenue chimique et leur tenue en température
 - leur utilisation : SVR - SVR revêtu MTP - MTP chaudronné
 - Produits :
 - résines époxydes
 - résines polyesters
 - polymères : PE, PP, PVC et PVC.C, PS, ABS, PTFE, PVDF, ECTFE, PCTFE
- c) Propriétés mécaniques des matériaux plastiques.....2
- contrainte admissible, allongement, ...
 - courbe de traction, seuil d'écoulement, rupture,
 - fluage,
 - évolution possible des propriétés mécaniques avec :
 - la température
 - la reprise de produit
 - polymérisation - taux de réticulation d'un SVR
 - liaison SVR/MTP et essai de délaminage
- d) Dégradation des matériaux plastiques (généralités)2
- effet de la température
 - effet des UV
 - dissolution
 - reprise de poids et gonflement
 - hydrolyse
 - décollement du revêtement MTP

2.3. Autres matériaux (généralités)

- a) graphite : possibilités d'emploi et risques..... 1 et 2
- b) verre et revêtement émaillé : possibilités d'emploi et risques 1 et 2
- c) revêtements polymères (butyl, ébonite, PTFE, époxy,...) : possibilités d'emploi et risques2
- d) revêtements réfractaires ou grès2
- réfractaires tenant à haute température

- réfractaires ou grès résistant chimiquement.

3. SOUDAGE

a) Principales techniques avec avantages et inconvénients liés à chacune : défauts susceptibles d'être rencontrés	1 et 2
b) Procédés de soudage courants	1 et 2
c) Métaux d'apport : emploi et conservation (étuvage)	1 et 2
d) Réparation et rechargement par soudage sur équipements usagés	2
e) Distances entre soudures	1 et 2
f) Carbone équivalent - Diagramme de Schaeffler	2
g) Préchauffage et postchauffage	2
h) Traitement Thermique Après Soudage (T.T.A.S.)	2
i) Dilatation et retrait (relaxation des contraintes)	1 et 2
j) Domaines de validité et d'équivalence des qualifications des procédés (EN 288) et des qualifications de soudeurs (EN 287)	2
k) Notions de soudage des plastiques	1 et 2

4. CHAUDRONNERIE - TUYAUTERIES ET ACCESSOIRES

a) Le vocabulaire	1 et 2
• colonnes, appareils associés	
• ballons/horizontaux, verticaux	
• sphères	
• réservoirs	
• chaudières	
• fours	
• échangeurs : réfrigérant, réchauffeur, condenseur, évaporateur, rebouilleur, ...	
b) Le choix des matériaux paramètres : produits/process	1 et 2
• aciers non alliés	1 et 2
• aciers alliés haute température	1 et 2
• aciers alliés basse température	1 et 2
• aciers inoxydables	1 et 2
• super alliages et non ferreux	2
• aciers plaqués	2
• les types d'aciers définis par le CODAP, et leur relation avec les catégories de construction, les épaisseurs, les contraintes admissibles dans le calcul	2
c) La construction	
• formage, ses limites (chaud, froid, traitement thermique)	1 et 2
• les fonds bombés	1 et 2
• cas particuliers des échangeurs :	1 et 2
- conception en fonction du process	
- les procédés de raccordement des tubes sur les plaques	
- tubulaires	
• réalisation des épreuves	1 et 2
• notion de renfort d'ouverture (règles, mise en oeuvre)	2
d) Les accessoires de tuyauteries	
• les brides : raccordement sur tube, portées de joint, dimensionnement, normes	1 et 2
• les joints	1 et 2
• la robinetterie : différents types, étanchéité	1 et 2
• les organes limiteurs de pression	1 et 2
- soupapes :	
. type/sur gaz/vapeur, à soufflet, pilotées	
. de respiration,	
. gardes hydrauliques	

- disques de rupture
 - essais de ces organes
 - les raccords, les manchons, les têts, les coudes..... 1 et 2
- e) Supportage, dilatation 1 et 2
- les supports fixes, glissants, leur positionnement
 - les compensateurs,
 - les lyres,
 - la précontrainte
- f) Isolation thermique 1 et 2
- Définition des services
 - chaud
 - intermédiaire
 - froid
 - Classement et caractéristiques des matériaux :
 - pulvérulents
 - fibreux
 - cellulaires
 - Réception des ouvrages
 - Inspection et entretien des ouvrages

5. RESISTANCE DES MATERIAUX

5.1. Les caractéristiques mécaniques

a) Matériaux métalliques

- résistance à la traction 1 et 2
- limites d'élasticité conventionnelles
 - à l'ambiante aciers non alliés 1 et 2
 - aciers austénitiques..... 1 et 2
 - à température.....2
- allongement/striction..... 1 et 2
- duretés : Brinell, Rockwell, Vickers; Valeurs de conversion 1 et 2
- ténacité (notions).....2
- température de transition2
- Résilience CHARPY 1 et 2
- Résistance au fluage2
- Limite d'endurance2
- Coefficient de dilatation 1 et 2
- Symboles et unités, équivalences..... 1 et 2
- Bases documentaires existantes (PELOU, Normes,...)..... 1 et 2

Remarque : chaque point abordé comprend les aspects : définition, unités, finalité, techniques d'essais, normes.

5.2. Contraintes et Déformations

Connaissances générales ; domaine élastique.

- a) Rappel des notions de résistance des matériaux : 1 et 2
- Etat de contrainte plan, relation contrainte / déformation
 - Contraintes de flexion et cisaillement
 - Notions de flambage
- b) Calcul simple des contraintes de traction / compression2
- c) Techniques de mesure..... 2
- d) Unités 1 et 2

5.3. Contraintes admissibles et coefficients de sécurité

- a) Notion de coefficient de sécurité 1 et 2
- Cas général

- Cas des aciers austénitiques
 - Cas du fluage
- b) Exigences réglementaires relatives aux ESP..... 1 et 2
- c) Coefficients de sécurité dans les codes de construction 1 et 2
- CODAP
 - CODETI
 - CODRES
- d) Coefficients de soudure..... 1 et 2
- e) Notions de calcul au fluage.....2
- f) Notions de calcul en fatigue..... 2

6. PHENOMENES DE DEGRADATION

6.1 Corrosion

- a) principales formes de corrosion..... 1 et 2
- corrosion électrochimique en milieu humide
 - corrosion en phase gaz (ou sèche)
 - corrosion uniforme (dite aussi généralisée)
 - corrosion par piqûres
 - corrosion fissurante
- b) principaux mécanismes de corrosion/application à des cas concrets.....2
- piqûres, fissuration sous contrainte et corrosion intergranulaire des aciers inoxydables,
 - corrosion par la soude des aciers,
 - effets des ions H⁺ sur les aciers
 - action de H₂ à chaud
- c) protection contre la corrosion2
- principe de la protection cathodique
 - passivation des aciers inoxydables

6.2. Dégradations mécaniques.....2

- dégradation par fluage
- dégradation par fatigue
- rupture fragile
- rupture ductile

7. TECHNIQUES DE CONTROLE DESTRUCTIF ET NON DESTRUCTIF

7.1. Techniques de contrôles non destructifs

- dimensionnels..... 1 et 2
- visuels (directs ou indirects) avec outillages adaptés tels loupes, miroirs, endoscopes, jumelles, télescopes, caméras-microscopes fixes ou portables, loupes binoculaires... 1 et 2
- photographiques..... 1 et 2
- techniques d'identification des matériaux (avec réactifs chimiques, par étincelage, spectrométrie, fluorescence, ...)......2
- mesures de duretés 1 et 2
- ressuage 1 et 2
- magnétoscopie 1 et 2
- ultrasons pour :
 - mesures d'épaisseurs 1 et 2
 - recherche de défauts à cœur2
- ultrasons focalisés.....2
- courants de Foucault.....2
- radiographie – gammagraphie 1 et 2
- gammamétrie.....2
- prise de répliques pour examens micro et macrographiques2
- émission acoustique.....2
- thermographie infrarouge.....2

- essais d'étanchéité (avec détecteurs de types agent moussant, ammoniac, hélium)..... 1 et 2
- test à la ventouse 1 et 2
- essais hydrauliques – pneumatiques 1 et 2
- mesures de contraintes (avec jauges de contraintes, par diffraction des rayons X).....2
- analyses vibratoires.....2
- techniques de mesures des épaisseurs de revêtements..... 1 et 2
- techniques de contrôles diélectriques 1 et 2
- mesures de résistivité de sols par injection de courant dans des structures enterrées.2

Le candidat devra connaître les domaines de compétence des agents de contrôles certifiés COFREND, niveaux 1-2 ou 3 ou équivalents, et les techniques concernées par la certification NF EN 473.

7.2. Techniques de contrôles destructifs

- techniques de prélèvements d'échantillons pour coupons témoins, essais mécaniques 1 et 2
- techniques de prélèvements d'échantillons sur appareils (weld prober, par électroérosion)2
- essais métallographiques : micrographie, macrographie2
- essais de fatigue 2
- essais d'éclatements 2

8. SECURITE

8.1. Sécurité individuelle spécifique de l'inspecteur 1 et 2

- Protection individuelle et équipement (lunettes, gants, chaussures, gilets de sauvetage, masques, ceintures, etc.)
- Procédures de pénétration dans un appareils, précautions, analyses de risque
- Outillage individuel (risques électriques, électrostatiques, outillage anti-étincelles, nacelles, échafaudages et échelles, etc.)
- Risque azote
- Interventions en altitude
- Risques mécaniques = agitateurs, aéroréfrigérants

8.2. Sécurité collective des personnes présentes 1 et 2

- Protection contre les radiations (sources radioactives)
- Risques dus aux épreuves hydrauliques ou aux essais d'étanchéité
- Danger des fluides d'épreuves autre que l'eau
- Matériel d'inspection générateur d'étincelles
- Risques liés aux techniques et produits utilisés.

8.3. Conséquences des actions d'inspection sur les équipements ou leur exploitation 1 et 2

- Incidence parasite sur les instruments de régulation (gammagraphie, radiographie, magnétoscopie)
- Branchements électriques d'appareils de contrôle en zones à atmosphères explosives
- Effets secondaires de produits chimiques de contrôle sur les appareils (fluides de marquage, ressuage, couplage, fluide d'épreuves)
- Nettoyages chimiques.

