

**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 structure .....2
    - 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 chimique .....2
    - nickel
    - chrome
    - cuivre
    - aluminium
    - titane
    - tantale
    - zirconium

## 2.2. Matériaux plastiques

- a) Grandes définitions .....2  
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 risques .....2
- d) revêtements réfractaires ou grès .....2
- 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 transition ..... 2
- Résilience CHARPY ..... 1 et 2
- Résistance au fluage ..... 2
- Limite d'endurance ..... 2
- 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 / compression ..... 2
- 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<sup>+</sup> sur les aciers
  - action de H<sub>2</sub> à chaud
- c) protection contre la corrosion .....2
- 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 cœur .....2
- ultrasons focalisés.....2
- courants de Foucault.....2
- radiographie – gammagraphie ..... 1 et 2
- gammamétrie.....2
- prise de répliques pour examens micro et macrographiques .....2
- 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, macrographie .....2
- 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.

