

### Programme session théorique tronc commun

Le niveau de connaissance des différents chapitres doit augmenter progressivement en passant du Niveau 1 jusqu'au niveau 4 pour se conformer aux niveaux de compétence définis à l'article 4 de la norme EN ISO 15257 :2017 et aux tâches définies dans le programme de la session pratique.

Description de la connaissance
Électricité en rapport avec l'application de la PC et les mesurages
Corrosion, électrochimie et revêtements en rapport avec la PC
Théorie, principes et critères de la PC
Exigences liées à l'application de la PC
Méthodes d'application de la PC, anodes galvaniques, courant imposé
Mesurages et procédures de contrôle de la PC
Pertinence des erreurs dues au gradient de potentiel et influence sur le mesurage du potentiel structure/électrolyte
Facteurs influençant la sélection correcte des électrodes de référence pour les mesurages de potentiel
Effets d'une PC excessive sur les revêtements, aciers à haute résistance et alliages résistants à la corrosion
Diagnostics des systèmes de PC
Conditions d'interférences (en courant alternatif et en courant continu)
Normes et recommandations pratiques dans le secteur d'application concerné

Les connaissances à connaître afin de satisfaire aux descriptions définies dans le tableau ci-dessus pour une préparation à la certification de niveau 1 Terre portent sur :

#### Electricité en rapport avec l'application de la PC et les mesurages

- Courant continu
  - o Notion de circuit, sens conventionnel du courant
  - o Différence de potentiel, intensité du courant, loi d'Ohm
  - o Générateurs de courant continu, piles, autres sources
- Mesures et matériels de mesure
  - o Tension, intensité, résistance
  - o Multimètres, impédance d'entrée et son influence sur la mesure
  - o Notions de courant électrique continu et de densité de courant
- Protection électrique, sécurité
  - o Sécurité électrique des personnes lors des interventions (protections individuelles, outils isolants)

### Corrosion, électrochimie et revêtements en rapport avec la PC

#### Terminologie

- Atomes, électrons, ions, réactions chimiques
- Notions conducteurs électroniques et conducteurs ioniques
- Notions de résistivité
- Métaux
- Réactions d'électrodes
  - Anode, cathode, électrode
  - Potentiel d'électrode et électrodes de référence
  - Notion de série galvanique
  - Notions sur la loi de Faraday
- Les milieux électrolytiques
  - Les milieux spécifiques : Les eaux naturelles, l'eau de mer, les sols, le béton
- Les métaux et alliages
  - Généralités sur les grandes familles de matériaux métalliques industriels concernés par la protection cathodique
- La corrosion
  - Définition
  - Mesure du potentiel d'électrode d'un métal dans un électrolyte
  - Notions de passivation
- Modes de corrosion
  - Corrosion généralisée
  - Corrosions localisées
  - Corrosion par les courants continus vagabonds,
- Vitesse de corrosion
  - Notions et unités

#### Revêtements

- Rôles des revêtements
  - Revêtement complétant la protection cathodique
- Propriétés principales des revêtements
  - Risques de corrosion sous revêtements non adhérents à l'acier (maintien de l'adhérence)
- Les effets défavorables de la protection cathodique
- Contrôle de l'isolation électrique des revêtements

#### Théorie, principes et critères de la PC

- Définitions et principes de base
- Critères de protection des aciers dans différents milieux
- Méthodes de protection cathodique :
  - Système à courant imposé
  - Système par anodes galvaniques

### Exigences liées à l'application de la PC

- Mise en place d'une protection passive
- Isolation de la structure à protéger vis-à-vis d'autres structures

### Méthodes d'application de la PC, anodes galvaniques, courant imposé

- Système de protection par anodes galvaniques
  - o Matériaux anodique (potentiel à vide et en charge)
- Système de protection par courant imposé
  - o Anodes à courant imposé : Matériaux utilisables
  - o Critères de choix du matériau des anodes dans les principaux milieux électrolytiques
  - o Différents types de poste de protection à courant imposé, à tension imposée, asservi utilisant une électrode de référence pilotée
- Matériels connexes : Câbles, raccords isolants, prises de potentiel

### Mesurages et procédures de contrôle de la PC

- Appareillage
  - o Mesure de tension
  - o Mesure de courants continus ou alternatifs : Ampèremètre, utilisation de shunts, pinces ampérométriques A.C et D .C
  - o Vérification des électrodes de référence et de mesure par rapport à une électrode étalon
  - o Suivi métrologique des appareils de mesure et de contrôle
  - o Témoins (coupons) métalliques, associés ou non à une électrode de référence
  - o Chronorupteurs
- Mesure de potentiel
  - o Mesures à courant établi, ponctuelles ou avec enregistrement
  - o Notion de chute ohmique liée due à l'emplacement de l'électrode de référence par rapport à la surface métallique contrôlée
- Mesures d'intensité et de densité de courant
  - o Mesure du sens et de l'intensité d'un courant circulant dans un ouvrage
  - o Détermination des densités de courant sur ouvrages ou témoins métalliques. Facteurs influençant les résultats
- Mesures diverses
  - o Mesure de la résistivité d'un électrolyte

### Pertinence des erreurs dues au gradient de potentiel et influence sur le mesurage du potentiel structure/électrolyte

Non abordé

### **Facteurs influençant la sélection correcte des électrodes de référence pour les mesurages de potentiel**

Connaitre :

- Les électrodes de référence et électrodes de mesure employées en fonction des différents milieux
- Les facteurs influençant la mesure
  - o influence des chlorures
  - o influence de la température
  - o influence de la lumière

### **Effets d'une PC excessive sur les revêtements, aciers à haute résistance et alliages résistants à la corrosion**

Non abordé

### **Diagnostics des systèmes de PC**

Non abordé

### **Conditions d'interférences**

- Citer les différentes sources d'interférence (continus) et les risques de corrosion associés

### **Normes et recommandations pratiques dans le secteur d'application concerné**

Connaitre l'objet des normes suivantes :

- EN ISO 15257 :2017 Protection cathodique — Niveaux de compétence des personnes en protection cathodique — Base pour un dispositif particulier de certification
- Normes principales liées à la pratique de la PC dans le secteur d'application concerné.

## **Programme session théorique sectorielle Terre**

### **Théorie générale de la protection cathodique**

- Electrode de référence employée dans les sols et eaux naturelles
- Critères de protection des aciers dans les sols et eaux naturelles
- Méthodes de protection cathodique
  - o Système à courant imposé
  - o Système par anodes galvaniques
  - o Comparaison des différents systèmes

### Systèmes de protection cathodique

- Caractéristiques des sols (résistivité)
- Système de protection par anodes galvaniques
  - o Matériaux anodiques disponibles dans les sols et eaux naturelles (potentiel)
  - o Les mélanges régulateurs
- Système de protection par courant imposé
  - o Anodes à courant imposé : matériaux utilisables
  - o Les mélanges régulateurs
  - o Les dispositions constructives
  - o Différents types de postes de protection à courant imposé : transfo-redresseurs, batteries, piles, panneaux photovoltaïques, etc.
  - o Modes de régulation des postes de protection : intensité imposée, tension imposée, potentiel d'électrode imposé (systèmes asservis utilisant une électrode de référence pilote)
- Matériels connexes : Câbles, raccords isolants, prises de potentiel, cellules de polarisation
- Contrôle et maintenance des installations
  - o Poste de soutirage, anode galvanique, fourreaux, raccords isolants, dispositif d'écoulement des courants alternatifs ou des courants d'influence
  - o Procédures de contrôle et de maintenance
  - o Périodicité des contrôles et des mesures

### Protection contre les influences électriques extérieures

- Citer les causes des influences électriques extérieures
- Citer et identifier les moyens de protection
- Contrôle et maintenance
  - o Maintenance des dispositifs
  - o Mesure des potentiels Eon sur l'ouvrage à protéger (potentiel instantané, potentiel moyen, potentiels maximum et minimum, enregistrements, mesures sur témoins métalliques amovibles et permanents)

### Techniques de mesures – Appareillage

- Appareillage
  - o Mise en œuvre des électrodes de référence mobiles ou permanentes (cuivre – sulfate de cuivre saturé)
  - o Principes du suivi métrologique, contrôle des électrodes
  - o Témoins (coupons) métalliques, associés ou non à une électrode de référence (constitution et mise en œuvre)
- Mesures de potentiel
  - o Mesures à courant établi sur ouvrage, ponctuelles ou avec enregistrement (problème des courants vagabonds)
  - o Chute ohmique liée à l'emplacement de l'électrode de référence
  - o Autres facteurs influençant les mesures à courant établi
- Mesures d'intensité et de densité de courant
  - o Détermination du sens d'un courant circulant dans un câble électrique ou dans un ouvrage
  - o Détermination des densités de courant sur ouvrages ou témoins métalliques.

# Programmes d'examens

## Niveau 1 – Secteur Terre

- Mesure de la résistivité des sols

Mesure de la résistance de terre des ouvrages (telluromètre)

### Revêtements

- Le revêtement méthode de protection passive complétée par la protection cathodique (active)
- Connaitre
  - o Les principaux types de revêtements : avantages et inconvénients de chacun
  - o Les revêtements complémentaires de protection mécanique (antiroches)
- Les propriétés principales des revêtements
  - o Le maintien de l'adhérence,

## Programme session pratique

### Tâches à accomplir pour une compétence d'un niveau 1 pour tous les secteurs d'application

- Vérification de la validité de l'étalonnage du matériel de mesure et de contrôle de la PC fondée sur la documentation
- Mesurage du potentiel structure/électrolyte
- Réalisation du contrôle de vérification de l'électrode de référence portable de travail par rapport à une électrode maîtresse de même type fondée sur le mesurage
- Identification d'une polarité incorrecte du système de PC par mesurage du potentiel structure/électrolyte
- Enregistrement et consignation des résultats des mesures dans un format compréhensible
- Mesurage du courant et de la tension dans le circuit de PC
- Réalisation des travaux de maintenance de base sur les systèmes de PC
- Inspection et mesurage du débit de courant et de la tension de sortie de l'alimentation en courant continu
- Inspection et maintenance des connexions de sortie de l'alimentation en courant continu si elles sont accessibles sans exposer les personnes directement à l'équipement en courant alternatif
- Vérification de la tension et du débit de courant de l'alimentation en courant continu à l'aide d'un mesureur portable étalonné
- Garantie du respect des exigences de sécurité relatives à l'application de la PC dans le secteur d'application, pour la tâche et le niveau de compétence
- Réalisation de l'évaluation des risques pour les exigences de sécurité relatives à l'application de la PC dans le secteur d'application, pour la tâche et le niveau de compétence
- Réglage du matériel de mesure et de contrôle et vérification des réglages



# Programmes d'examens

## Niveau 1 – Secteur Terre

### Tâches à accomplir pour une compétence d'un niveau 1 pour le secteur Terre

- Mesurage du potentiel de corrosion naturel métal/électrolyte (corrosion libre)
- Mesurage de la résistivité: méthode des quatre piquets (méthode de Wenner)
- Mesurage du potentiel structure/électrolyte en courant établi
- Contrôle visuel des composants simples de systèmes de PC (par exemple stations de contrôle)