

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 2 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, résistance d'un conducteur, loi d'Ohm
 - o Quantité d'électricité
 - o Association des résistances en série et en parallèle, notion de résistance équivalente
 - o Puissance électrique, énergie, unités
 - o Générateurs de courant continu, piles, accumulateurs, panneaux photovoltaïques, autres sources
- Courant alternatif
 - o Définition
 - o Transformateurs de courant
 - o Le redressement du courant alternatif

- Mesures et matériels de mesure
 - o Tension, intensité, résistance, contrôle de diode
 - o Multimètres, impédance d'entrée et son influence sur la mesure, erreurs intrinsèques
 - o Notions de courant électrique continu et de densité de courant
- Protection électrique, sécurité
 - o Protection contre les contacts directs et indirects (équipotentialité du poste de travail, disjoncteurs différentiels et mise à la terre des masses métalliques)
 - o Sécurité électrique des personnes lors des interventions (protections individuelles, outils isolants)

Corrosion, électrochimie et revêtements en rapport avec la PC

Terminologie

- o Atomes, molécules, électrons, ions, réactions chimiques
- o Conducteurs électroniques et conducteurs ioniques
- o Notions de résistivité et de conductivité
- o Métaux, alliages, électrolytes, notion de pH
- Réactions d'électrodes
 - o Echange d'électrons, oxydation, réduction
 - o Anode, cathode, électrode
 - o Potentiel d'électrode et électrodes de référence
 - o Notion de série galvanique, échelle de Nernst
 - o Notions sur la loi de Faraday
 - o Notions de courbes de polarisation, dégagement d'hydrogène, d'oxygène, de chlore, modifications de pH
- Les milieux électrolytiques
 - o L'eau et ses principales caractéristiques : ionisation, pouvoir de dissolution
 - o Les sels et gaz dissous, influence sur la conductivité et le pH, influence de la température
 - o Les milieux spécifiques : Les eaux naturelles, l'eau de mer, les sols, le béton
- Les métaux et alliages
 - o Généralités sur les grandes familles de matériaux métalliques industriels concernés par la protection cathodique
 - o Les aciers au carbone
- La corrosion
 - o Définition
 - o Corrosion électrochimique aqueuse ou humide
 - o Corrosion par l'oxygène dissous
 - o Mesure du potentiel d'électrode d'un métal dans un électrolyte
 - o Approche thermodynamique de la corrosion, diagrammes potentiel – pH (de Pourbaix)
 - o Notions de passivation
- Modes de corrosion
 - o Corrosion généralisée
 - o Corrosions localisées, importance du rapport des surfaces anodique et cathodique, cas principaux (corrosion par piqûres, corrosion caverneuse, corrosions galvaniques dont corrosion bimétallique, corrosion par aération différentielle, piles géologiques et corrosion par différence de température)
 - o Corrosion par les courants continus vagabonds, influence des courants alternatifs, corrosion bactérienne.

- Vitesse de corrosion
 - o Notions et unités

Revêtements

- Rôles des revêtements
 - o Revêtement complétant la protection cathodique
- Propriétés principales des revêtements
 - o Risques de corrosion sous revêtements non adhérents à l'acier, principaux facteurs
 - o Le maintien de l'adhérence, objectif principal d'un bon revêtement
- Les effets défavorables de la protection cathodique : cloquage des peintures, délamination cathodique
- Les principaux types de revêtements associés à 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 : Influence de la résistivité, de la température, des développements bactériens
- Densités de courant de protection pour les métaux et alliages, influence des revêtements (coefficient de dégradation, valeur d'isolement)
- Méthodes de protection cathodique, leurs avantages, inconvénients et limitations respectifs
 - o Système à courant imposé
 - o Système par anodes galvaniques
- Notions élémentaires sur la corrosion bactérienne par les bactéries sulfato-réductrices (BSR)
- Critère de protection en présence de risque de corrosion bactérienne

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
- Connaissances de la corrosivité des sols selon la norme 12501-2
- Limite d'utilisation et d'efficacité de la protection cathodique
 - o Risques liés à un manque de continuité électrique dans l'ouvrage métallique. Interposition de matériaux conducteurs, corrosion interne aux raccords isolants, cas des armatures du béton

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

- Système de protection par anodes galvaniques
 - o Matériaux anodiques disponibles, notions générales sur leurs caractéristiques (potentiel à vide et en charge, rendement électrochimique, consommation massique pratique et énergie massique pratique)
 - o Critères de choix du matériau anodique dans les principaux milieux électrolytiques
- 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

Programmes d'examens

Niveau 2 – Secteur Terre

- 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
 - Mesure de tension
 - Mesure de courants continus ou alternatifs : Ampèremètre, utilisation de shunts, pinces ampérométriques A.C et D .C
 - Vérification des électrodes de référence et de mesure par rapport à une électrode étalon
 - Suivi métrologique des appareils de mesure et de contrôle
 - Témoins (coupons) métalliques, associés ou non à une électrode de référence
 - Chronorupteurs
- Mesure de potentiel
 - Mesures à courant établi, ponctuelles ou avec enregistrement
 - Notion de chute ohmique liée due à l'emplacement de l'électrode de référence par rapport à la surface métallique contrôlée
 - Mesures à courant coupé sur ouvrage, ponctuelles ou avec enregistrement
 - Facteurs influençant les résultats des mesures à courant coupé (courants de compensation, courants vagabonds ou telluriques, influence de systèmes de protection cathodique voisins)
 - Mesures à courant coupé sur témoin métallique, facteurs influençant les résultats, limitations
 - Mesures de potentiel rapprochées, cartographie de potentiels
 - Mesures de chute ohmique et de gradient de potentiel entre deux électrodes de mesure
- Mesures d'intensité et de densité de courant
 - Mesure du sens et de l'intensité d'un courant circulant dans un ouvrage
 - Détermination des densités de courant sur ouvrages ou témoins métalliques. Facteurs influençant les résultats
- Mesures diverses
 - Mesure de la résistivité d'un électrolyte
 - Mesure de la résistance de terre d'un ouvrage et détermination de sa valeur d'isolement
 - Mesure du pH (papier indicateur, pH-mètre)

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

- Influences des courants vagabonds
- Influences des courants d'égalisation
- Influences des courants telluriques
- Influences des soutirages tiers
- Influences du courant du couple canalisation/électrode

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

- Connaitre :

Programmes d'examens

Niveau 2 – Secteur Terre

- 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

- Connaître les risques liés à la surprotection cathodique : Fragilisation hydrogène, décollement des revêtements.

Diagnostics des systèmes de PC

- Conséquence d'une augmentation ou d'une diminution de I d'un soutirage ou dans une liaison.

Conditions d'interférences

- Courants vagabonds (continus)
 - o Citer les sources de courants vagabonds (continus)
 - o Risques de corrosion associés
 - o Cas des systèmes de traction électrique
 - o Moyens de protection (drainages, soutirages, mises à la terre, sectionnement électriques)
- Corrosion par contournement du RI

Normes et recommandations pratiques dans le secteur d'application concerné

Connaître 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 liées à la pratique de la PC dans le secteur d'application concerné.
-

Programme session théorique sectorielle Terre

Théorie générale de la protection cathodique

- Différents types d'électrodes de référence et électrodes de mesure employées dans les sols et eaux naturelles
- Critères de protection des aciers dans les sols et eaux naturelles : influence de la résistivité, de la température, des développements bactériens
- Risques liés à la surprotection cathodique
- Méthodes de protection cathodique, avantages, inconvénients et limitations respectifs
 - o Système à courant imposé
 - o Système par anodes galvaniques
 - o Comparaison des différents systèmes et des matériaux utilisables

Programmes d'examens

Niveau 2 – Secteur Terre

- Limites d'utilisation et d'efficacité de la protection cathodique
 - o Influence des écrans en matériaux isolants
 - o Influence des écrans en matériaux conducteurs de l'électricité
 - o Influence de la distance anode/structure protégée.
 - o Les raccords isolants (constitution, implantations, contrôle d'efficacité)

Systemes de protection cathodique

- Caractéristiques des sols (nature, constitution, résistivité, humidité)
- Système de protection par anodes galvaniques
 - o Matériaux anodiques disponibles dans les sols et eaux naturelles (potentiel, rendement électrochimique, consommation massique notions de coûts comparatifs)
 - o Critères de choix du matériau anodique
 - o Les dispositions constructives (durée de vie, nombres d'anodes à installer, répartition, notion de facteur de couplage)
 - o Les mélanges régulateurs
- Système de protection par courant imposé
 - o Anodes à courant imposé : matériaux utilisables (consommation massique pratique)
 - o Critères de choix du matériau
 - 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, intervalles de décharge, cellules de polarisation
- Notions élémentaires sur la conception et le dimensionnement des systèmes de protection
 - o Principes de base de la détermination du courant de protection cathodique
 - o Notion sur la masse anodique à installer en fonction de la durée de vie recherchée
 - o Schéma de principe d'installation des anodes à installer
 - o Notion de résistance d'anode
 - o Sensibilisation aux problèmes d'influence
- 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, de maintenance et de dépannage
 - o Périodicité des contrôles et des mesures

Protection contre les influences électriques extérieures

- Système de traction ferroviaire à courant continu
 - o Principe de fonctionnement
 - o Dispositions constructives (alimentation, isolement, voies ferrées,...)
- Protection contre les courants vagabonds
 - o Localisation des origines
 - o Moyens de protection (drainage, courant imposé, sectionnement des conduites, actions sur la source d'influence, dispositif d'écoulement sur des terres auxiliaires)
 - o Drainage de courant : constitution, fonctionnement, moyens de régulation

Programmes d'examens

Niveau 2 – Secteur Terre

- Dispositions de protection électrique
- Contrôle et maintenance
 - Contrôle, maintenance et dépannage des dispositifs et de leurs composants
 - Mesure des potentiels sur l'ouvrage à protéger (potentiel instantané, potentiel moyen, potentiels maximum et minimum, enregistrements, mesures sur témoins métalliques amovibles et permanents)
- Influences générées par les systèmes de protection cathodique voisins
 - Connaître les moyens de protection.
- Influences générées par la proximité des ouvrages électriques :
 - notions de conduction et d'induction, citer les moyens de protection.
 - Notions sur la corrosion générée par les courants alternatifs 50 Hz
 - Contrôle et maintenance des dispositifs de protection

Techniques de mesures – Appareillage

- Appareillage
 - Constitution et mise en œuvre des électrodes de référence mobiles ou permanentes (cuivre – sulfate de cuivre saturé) et de mesure permanentes (zinc)
 - Principes du suivi métrologique, contrôle des électrodes
 - Témoins (coupons) métalliques, associés ou non à une électrode de référence (constitution et mise en œuvre)
 - Chronorupteurs
 - Mesureur de terre (quatre piquets ou quadripôle, telluromètre)
- Mesures de potentiel
 - Mesures à courant établi sur ouvrage, ponctuelles ou avec enregistrement (problème des courants vagabonds)
 - Mesures de potentiel en présence d'influences alternatives
 - Chute ohmique liée à l'emplacement de l'électrode de référence
 - Mesures à courant coupé sur ouvrage, ponctuelles ou avec enregistrement
 - Facteurs influençant les résultats des mesures à courant coupé (courants de compensation, courants vagabonds ou telluriques, influence de systèmes de protection cathodique voisins)
 - Autres facteurs influençant les mesures à courant établi et à courant coupé (résistance de contact de l'électrode de référence avec le sol, résistance de contact au niveau de la connexion avec la structure, mesure effectuée sur un câble qui véhicule un courant)
 - Mesures à courant coupé sur témoin métallique, facteurs influençant les résultats, limitations
 - Mesures de potentiel rapprochées (« CIPS »)
- Mesures d'intensité et de densité de courant
 - Mesure du courant circulant dans une conduite (raccord isolant avec shunt, méthode des quatre fils)
 - Détermination du sens d'un courant circulant dans un câble électrique ou dans un ouvrage
 - Détermination des densités de courant sur ouvrages ou témoins métalliques. Facteurs influençant les résultats
- Mesure de la résistivité des sols et mesure des résistances de terre
 - Prélèvement d'échantillons de sol sur site
 - Méthode des quatre piquets (dite de Wenner)
 - Mesure de la résistance de terre des ouvrages (telluromètre, variation de l'intensité du courant émis par une source de courant continu)

Programmes d'examens

Niveau 2 – Secteur Terre

- Détermination des valeurs d'isolement des structures enterrées
- Techniques de localisation des conduites enterrées en surface et en profondeur
 - Méthode d'atténuation d'un signal alternatif
- Localisation des contacts entre fourreau et canalisation

Revêtements

- Le revêtement méthode de protection passive complétée par la protection cathodique (active)
- Le revêtement non compatible avec la protection cathodique : les calorifuges.
- Connaître
 - Les principaux types de revêtements : avantages et inconvénients de chacun
 - Les principaux revêtements utilisés pour les joints soudés, les pièces de forme et les réparations
 - Les revêtements complémentaires de protection mécanique (antiroches)
- Les propriétés principales des revêtements
 - Le maintien de l'adhérence, objectif principal d'un bon revêtement
 - Risques de corrosion sous revêtements non adhérents à l'acier, importance de la résistivité du milieu environnant
 - Les effets défavorables de la protection cathodique sur les revêtements : cloquage, délamination cathodique

Programme session pratique

Tâches à accomplir pour une compétence d'un niveau 2 en plus des tâches des niveaux inférieurs pour tous les secteurs d'application

- Collecte d'informations générales en vue de la conception sur la base d'instructions techniques pour des systèmes de PC simples
- Réalisation du contrôle de vérification de l'électrode de référence portable de travail par rapport à un autre type d'électrode de référence
- Réalisation du contrôle de vérification de l'électrode de référence fixe par rapport à une électrode de référence portable
- Réalisation des essais préalables à la mise en service
- Vérification que la borne positive du redresseur est reliée à l'anode et que la borne négative est reliée à la structure
- Classification des résultats des mesures
- Inspection et vérification du fonctionnement général de l'alimentation en courant continu
- Inspection et maintenance des composants de l'alimentation en courant continu
- Augmentation/diminution de routine et prévisible du débit de courant pour maintenir une performance prédéterminée

Tâches à accomplir pour une compétence d'un niveau 2 en plus des tâches des niveaux inférieurs pour le secteur Terre

- Mesurage de la résistivité : méthode « Soil box »
- Supervision de la préparation de la surface métallique pour la réalisation des connexions de câbles et pour la réparation du revêtement
- Supervision de l'installation des connexions des câbles : boulonnage, compression et colle conductrice
- Supervision de l'installation des connexions des câbles : brasage tendre, soudage par procédé exothermique, brasage fort de goujons
- Supervision de l'installation des anodes galvaniques
- Supervision de l'installation de l'alimentation en courant continu (alimentation en courant alternatif exclue)
- Supervision de l'installation de lits d'anodes à courant imposé profonds
- Supervision de l'installation de lits d'anodes à courant imposé peu profonds
- Supervision de l'installation des dispositifs d'isolation électrique
- Supervision de l'installation des électrodes de référence (y compris l'étalonnage) et des coupons témoins
- Supervision de l'installation des électrodes de référence (y compris l'étalonnage) et des coupons témoins
- Supervision de l'installation des prises de terre pour réduction des influences du courant alternatif et des dispositifs de découplage de courant continu
- Vérification de la continuité électrique de toutes les parties de la structure à protéger
- Détermination de l'emplacement de la structure protégée et des structures métalliques étrangères, y compris le béton armé d'acier enterré et les systèmes de mise à la terre électriques
- Inspection et contrôle de l'isolation électrique
- Mesurage du potentiel instantané structure/électrolyte à la coupure de courant
- Mesurage de la dépolarisation du potentiel structure/électrolyte
- Consignation des mesures, y compris comparaison des résultats des mesures avec les critères de PC choisis conformément à la procédure
- Mesurage du potentiel à intervalles rapprochés (à courant établi ou naturel)
- Mesurage du potentiel de la structure à la terre distante

Programmes d'examens

Niveau 2 – Secteur Terre

- Mesurage du potentiel à intervalles rapprochés (à courant établi et instantané à la coupure de courant)
- Établissement de la synchronisation des coupures de courant pour les mesures instantanées à la coupure de courant
- Confirmation de la synchronisation des coupures de courant pour les mesures instantanées à la coupure de courant
- Mesurage sur coupons témoins du potentiel en régime établi et corrigé de la chute ohmique et du courant, à la fois en continu et en alternatif
- Mesurage des gradients de potentiel dans le sol
- Recherche et mesurage d'interférences - cas d'une source statique de courant continu
- Recherche et mesurage d'interférences – cas d'une source dynamique de courant continu
- Supervision de la réparation des câbles et des connexions
- Vérification de l'isolation entre les fourreaux et les canalisations
- Contrôle visuel du revêtement pour détecter un endommagement physique
- Prélèvement d'échantillons de sol et de dépôts sur la structure pour l'analyse corrosion en laboratoire
- Réalisation des relevés du potentiel des canalisations enterrées au travers d'étendues d'eau (lacs, rivières, estuaires)