



Thème 2 – Corrosion et matériaux

- Les milieux spécifiques : les sols, les eaux naturelles, l'eau de mer
- La corrosivité des sols, relations avec la résistivité et l'humidité, connaissances générales de la norme NF EN 12501-2
- Rappels sur les métaux et alliages utilisés pour les ouvrages au contact du sol par la protection cathodique : Aciers au carbone, fontes, acier galvanisé, aciers inoxydables, plomb, alliages d'aluminium, alliages de cuivre
- Risques de fissuration par corrosion sous contrainte sous revêtement décollé

Thème 3 – Electricité générale

- Association des piles en série et en parallèle
- Durée de vie des piles
- Courbes caractéristiques des diodes

Thème 4 – Théorie générale de la protection cathodique

- Electrodes de référence et électrodes de mesure employées dans les sols et eaux naturelles, influence des chlorures
- Critères de protection cathodique dans les sols et eaux naturelles pour les aciers au carbone et les fontes
 - o Influence de la résistivité, de la température, des développements bactériens
 - o Critères de la protection cathodique concernant les ouvrages complexes
 - o Risques liés à la surprotection cathodique : Fragilisation hydrogène, décollement des revêtements
 - o Influence des courants alternatifs sur l'efficacité de la protection cathodique
- Critères de protection cathodique dans les sols et eaux naturelles pour les autres métaux et alliages
 - o Aciers inoxydables
 - o Cuivre et alliages
 - o Plomb
 - o Aluminium et alliages
 - o Acier galvanisé
 - o Risques liés à la surprotection cathodique des métaux amphotères (corrosion alcaline)
- Méthodes de protection cathodique
 - o Comparaison des différents systèmes de protection cathodique
- Limites d'utilisation et d'efficacité de la protection cathodique
 - o Risques de corrosion liés à l'emploi des raccords isolants
 - o Influence de la distance anode/structure protégée.

Thème 5 – Systèmes de protection cathodique

- Conception et dimensionnement des systèmes de protection cathodique
 - o Détermination du courant de protection cathodique
 - o Calcul de la résistance des anodes selon la forme et la disposition des éléments (lits anodiques horizontaux, puits verticaux, treillis, etc...)
 - o Masse anodique à installer en fonction de la durée de vie recherchée
- Système de protection par anodes galvaniques
 - o Matériaux anodiques disponibles, compositions chimiques et caractéristiques électrochimiques (potentiel, rendement électrochimique, consommation massique pratique et énergie massique pratique)
 - o Critères de choix du matériau anodique



Programmes d'examens Niveau 2 – Secteur Terre

- Les mélanges régulateurs
- Les dispositions constructives (durée de vie, nombres d'anodes à installer, répartition, facteur de couplage)
- Système de protection par courant imposé
 - Matériaux utilisables (caractéristiques, tension, milieu anodique)
 - Critères de choix du matériau anodique, conditions d'utilisation
 - Les dispositions constructives (durée de vie, nombre d'éléments)
 - Les mélanges régulateurs (conducteurs ioniques et conducteurs électroniques)
 - Les différents types de postes de protection à courant imposé : transfo-redresseurs, batteries, piles, panneaux photovoltaïques, groupes électrogènes, thermo-générateurs
 - 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, dispositifs d'écoulement des courants d'influence, etc.
- Dispositions constructives concernant les traversées sous fourreau (routes, voie ferrées), les forages dirigés, les traversées de cours d'eau, les proximités des lignes haute tension, les croisements de conduites, les passages en encoffrement le long des ouvrages d'art, etc.
- Mise en service et contrôle des installations
 - Systèmes de protection cathodique, fourreaux, raccords isolants, systèmes d'écoulement des courants alternatifs ou des courants d'influence, influences électriques, etc.)
 - Procédures de mise en service
 - Procédures de contrôle et de maintenance
 - Périodicité des contrôles et des mesures

Thème 6 – Protection contre les influences électriques extérieures

- Système de traction ferroviaire à courant continu (rappels)
 - Principe de fonctionnement
 - Dispositions constructives (alimentation, isolement, voies ferrées,...)
 - Règlements applicables
- Protection contre les courants vagabonds
 - Localisation des origines
 - Moyens de protection (drainage, courant imposé, sectionnement des conduites, actions sur la source d'influence, mises à la terre)
 - Drainage de courant : constitution, fonctionnement, moyens de régulation
 - Essais sur site
 - Dispositions de protection électrique
 - Influence des systèmes de protection contre les courants vagabonds sur les ouvrages voisins
 - Procédures administratives en vigueur
- Mise en service et contrôle
 - Vérification des dispositifs et de leurs composants avant mise en service
 - Contrôle de l'efficacité des dispositifs après mise en service
 - Mesure des potentiels sur l'ouvrage à protéger (potentiel instantané, potentiel moyen, potentiels maximum et minimum, enregistrements, mesures sur témoins métalliques amovibles et permanents)
 - Mesure des potentiels concernant sur la source des courants vagabonds continus
 - Procédure de mise en service
 - Procédure de contrôle et de maintenance
 - Périodicité des contrôles et des mesures
- Influences générées par les systèmes de protection cathodique voisins : moyens de protection, liaison directe, liaison polarisée, liaison résistante, sur-revêtement et protection mécanique, prises de potentiel, procédure de contrôle et de maintenance, périodicité des contrôles et des mesures



Programmes d'examens Niveau 2 – Secteur Terre

- Influences générées par la proximité des ouvrages haute tension (conduction, induction, effet capacitif, moyens de protection, réglementation)
 - o Lignes électriques aériennes de transport d'énergie haute tension
 - o Systèmes de traction ferroviaire 50 Hz
 - o Câbles électriques enterrés de transport d'énergie haute tension
 - o Corrosions générées par les courants alternatifs 50 Hz (origine, évaluation des risques, solutions à mettre en œuvre)
 - o Mise en service et contrôle de l'efficacité des dispositifs de protection
 - o Procédure de contrôle et de maintenance
 - o Périodicité des contrôles et des mesures
- Influences générées par la foudre
 - o Différents type de décharges
 - o Caractéristiques des chocs foudre
 - o Coup de foudre direct et indirect (couplage électromagnétique, conduction)
 - o Niveau kéraunique, densité de foudrolement
 - o Facteurs influant sur les percements de canalisations enterrées
 - o Dispositif de protection (raccord isolant, parafoudre, équipotentialité des postes de travail)
 - o Mise en service et contrôle d'efficacité des dispositifs de protection
 - o Procédure de contrôle et de maintenance
- Prévention contre les risques électriques sur le personnel intervenant
 - o Prévention des risques
 - o Matériels de protection
 - o Réglementation

Thème 7 – Techniques de mesures – Appareillage

- Appareillage
 - o Constitution et mise en œuvre des électrodes de référence mobiles ou permanentes (cuivre – sulfate de cuivre saturé) et de mesure permanentes (zinc)
 - o Suivi métrologique suivant NF EN ISO 10012, contrôle des électrodes et des autres appareils de la chaîne de mesure
 - o Témoins (coupons) métalliques, associés ou non à une électrode de référence (constitution et mise en œuvre)
 - o Chronorupteurs
 - o Mesureur de terre (quatre piquets ou quadripôle, telluromètre)
 - o Cellule de résistivité
- Mesures de potentiel
 - o Mesures à courant établi sur ouvrages, ponctuelles ou avec enregistrement
 - o Mesures de potentiel en présence d'influences alternatives
 - o Mesures de potentiel en présence de courants vagabonds
 - o Chute ohmique liée à l'emplacement de l'électrode de référence
 - o Mesures à courant coupé sur ouvrage, ponctuelles ou avec enregistrement
 - o Facteurs influençant les résultats des mesures à courant coupé (courants de compensation, courants vagabonds ou telluriques, influence de systèmes de protection cathodique voisins)
 - o 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, couple galvanique entre les ouvrages de forte valeur d'isolement et l'électrode de référence à courant coupé)
 - o Mesures à courant coupé sur témoin métallique, facteurs influençant les résultats
 - o Mesures de potentiel rapprochées (« CIPS »)
 - o Mesures de potentiel sur les ouvrages complexes
- Mesures d'intensité et de densité de courant

Programmes d'examens Niveau 2 – Secteur Terre

- Mesure du courant circulant dans une conduite (raccord isolant avec shunt, méthode des deux fils, méthode des quatre fils, anneau ampérométrique)
- Détermination des densités de courant sur ouvrages ou témoins métalliques. Analyse détaillée des facteurs influençant les résultats
- Mesure de la résistivité des sols et mesure des résistances de terre
 - Mesures en laboratoire (échantillons solides et liquides)
 - Méthode des quatre piquets (dite de Wenner)
 - Analyse des mesures de la résistivité des sols effectuées sur site à différentes profondeurs (problèmes des terrains stratifiés)
 - Analyse des mesures de la résistance de terre des ouvrages (telluromètre, variation de l'intensité du courant émis par une source de courant continu)
 - Valeurs d'isolement des structures enterrées
- Analyse des mesures et des campagnes de mesures
- Encadrement des campagnes de recherche des défauts d'isolement débouchants
 - méthode d'atténuation d'un signal alternatif,
 - méthode utilisant les courants alternatifs (Pearson),
 - méthode utilisant les courants continus (« DCVG » et méthodes dérivées)
- Finalisation des rapports d'intervention
- Localisation des contacts entre l'ouvrage protégé et d'autres éléments métalliques. Cas des fourreaux

Thème 8 – Revêtements

- Le revêtement méthode de protection passive complétée par la protection cathodique (active)
- Le revêtement non compatible avec la protection cathodique : les calorifuges.
- Les principaux types de revêtements (constitution, épaisseurs)
 - Les principaux revêtements appliqués en usine sur les canalisations : 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 revêtements externes des réservoirs enterrés et des fonds de bacs de stockage
 - Les sorties de sol des conduites
- Les propriétés principales des revêtements
 - Le maintien de l'adhérence, objectif principal
 - Risques de corrosion par effet d'écran au courant de protection cathodique sous revêtements non adhérents à l'acier et calorifuges. Importance pratique (risques de corrosion ou de corrosion sous contrainte), mécanismes, principaux facteurs dont la résistivité, incidence sur la validité des méthodes de mesure
 - Les effets défavorables de la protection cathodique : cloquage, délamination cathodique
 - La résistance physico-chimique des revêtements : effets de la température (domaines d'emploi), du pH, des bactéries
 - Résistance des revêtements aux agressions mécaniques (chocs, pénétration sous charge, cintrage)

Thème 10 – Connaissance des normes, des procédures et des textes officiels de réglementation

- Les différents niveaux de compétence et secteurs d'application suivant NF EN 15257
- Procédures de certification du personnel suivant NF EN 15257, examens, durée de validité
- Procédure CFPC PR4000 « Droit d'usage de la certification et déontologie »
- Connaissance générale des normes techniques suivantes :
 - NF EN ISO 10012 « Exigences pour les processus et les équipements de mesure »



Programmes d'examens Niveau 2 – Secteur Terre

- NF EN 12954 « Protection cathodique des structures métalliques enterrées ou immergées »
 - NF EN 13509 « Techniques de mesures applicables en protection cathodique »
 - NF EN 12501- 2 « Protection des matériaux métalliques contre la corrosion - Risque de corrosion dans les sols - Partie 2 : Matériaux ferreux faiblement alliés ou non alliés »
 - NF EN 50162 « Protection contre la corrosion due aux courants vagabonds des systèmes à courant continu »
 - NF EN 14505 « Protection cathodique des structures complexes »
 - NF EN 13636 « Protection cathodique des réservoirs métalliques enterrées et tuyauteries associées »
 - CEN/TS 15280 « Evaluation du risque de corrosion des canalisations enterrées occasionné par les courants alternatifs - Application aux canalisations protégées cathodiquement »
 - prEN 16299 « Protection cathodique externe des fonds de réservoirs de stockage aériens en contact avec le sol ou les fondations »
 - NF EN 62305 « Protection contre la foudre », Parties 1, 2 et 3
- Textes officiels principaux :
- Arrêté du 17 Mai 2001 « Energie électrique – Conditions Techniques de Distribution (modifications ponctuelles apportées par l'arrêté du 26 avril 2002 et suivants »
 - Décret n° 88-1056 du 14/11/1988 « Protection des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques »
 - Arrêté du 10/10/2000 « Vérification des installations électriques »
 - Arrêté du 22 décembre 2000 « Conditions et modalités d'agrément des personnes ou organismes pour la vérification des installations électriques »
 - Code minier
 - Arrêté du 13 juillet 2000 modifié portant règlement de sécurité de la distribution de gaz combustible par canalisations
 - Arrêté du 4 août 2006 portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz combustibles, d'hydrocarbures liquides ou liquéfiés et de produits chimiques