

Thème 2 – Corrosion et matériaux

- Les milieux spécifiques : L'eau de mer, les fonds marins, la corrosivité en fonction des zones d'exposition
- Notions sur les métaux et les alliages utilisés pour les ouvrages en mer : aciers au carbone, acier galvanisé, aciers inoxydables, alliages d'aluminium, alliages de cuivres, alliages de titane.
- Généralités sur les différentes formes de corrosion en milieu marin.

Thème 4 - Théorie générale de la protection cathodique

- Electrodes de référence et électrodes de mesure employées dans les eaux de mer et saumâtres, influence des chlorures
- Critères de protection cathodique en eau de mer et dans les fonds marins pour les aciers au carbone et autres métaux et alliages
- Risques liés à la surprotection cathodique : Fragilisation hydrogène, décollement des revêtements, corrosion des métaux amphotères (corrosion alcaline)
- Méthodes de protection cathodique par courant imposé et de la protection par anodes galvaniques. Avantages et inconvénients.
- Limites d'utilisation et d'efficacité de la protection cathodique : continuité électrique dans le matériau et dans l'électrolyte, influence des écrans en matériaux isolants, influence des écrans en matériaux conducteurs, risques de corrosion liés à l'emploi des raccords isolants

Thème 5 – Systèmes de protection cathodique

- 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
- Système de protection par courant imposé
 - o Matériaux utilisables, caractéristiques, tension maximale applicable, critères de choix, conditions d'utilisation
 - o Modes de régulation des postes de protection : intensité imposée, tension imposée, potentiel d'électrode imposé (systèmes asservis utilisant une électrode de référence pilote)
- Notions de conception et de dimensionnement des systèmes de protection cathodique
 - o Détermination du courant de protection cathodique des ouvrages en mer
 - o Masse anodique à installer en fonction de la durée de vie recherchée
 - o Calcul de la résistance d'anode selon la forme et la disposition
 - o Les dispositions constructives (dimensions et nombre d'anodes à installer, répartition)
- Equipements divers : câbles, raccords isolants, etc
- Installation des équipements
 - o Anodes et écrans diélectriques
 - o Mise en continuité électrique
- Principaux exemples (ports, navires, ouvrages offshore, pipelines immergés, etc...)
- Mise en service et contrôles

Thème 7 – Techniques de mesures – appareillage

Programmes d'examens Niveau 1 – Secteur Mer

- Constitution et mise en œuvre des électrodes de mesure (Ag-AgCl-eau de mer, zinc), mobiles ou permanentes
- Mesure de résistivité
- Mesure de pH
- Mesure de potentiel
 - o Contrôle des électrodes et des appareils de mesure
 - o Emplacement des électrodes de mesure
- Appareillage utilisé en mer, matériel spécifique aux mesures subaquatiques
 - o Mesure de potentiel à partir de la surface avec des électrodes mobiles déplacées par scaphandrier, engin téléguidé (ROV) ou en immersion libre
 - o Mesure de potentiel à partir de la surface avec des électrodes fixes de monitoring
 - o Mesure de potentiel à l'aide d'un appareil autonome (« pistolet ») opéré par scaphandrier ou engin téléguidé (ROV)
- Mesures de courant en surface (câbles d'alimentation d'anodes à courant imposé) par shunts ou pince ampérométrique, anodes monitorées
- Mesures subaquatiques de courant sur câbles d'alimentation d'anodes à courant imposé ou dans supports d'anodes galvaniques à l'aide de pince ampérométrique marinisée
- Spécificités des mesures sur ouvrages longilignes (pipelines immergés)
 - o Mesure du potentiel par fil déroulé
 - o Mesure de potentiel avec électrode « à l'infini »
 - o Mesure de gradients de potentiel rapprochés
- Détermination des densités de courant sur ouvrages ou témoins métalliques (cathodes monitorées).

Thème 8 – Revêtements

- Rôle des revêtements
 - o Protection passive complétée par la protection cathodique
 - o Complément à la protection cathodique
- Notions sur les principaux revêtements
 - o Les peintures pour ouvrages exposés en mer
 - o Les revêtements de tube appliqués en usine
 - o Les revêtements pour tube de risers offshore
 - o Les revêtements appliqués sur site
 - o Les revêtements internes de capacités
- Propriétés principales des revêtements
 - o L'adhérence
 - o Les effets de la température
 - o Endommagements d'origine mécanique
 - o Effets de la protection cathodique sur les revêtements (délamination cathodique)
 - o La résistance des revêtements aux agressions mécaniques
 - o La résistance physico-chimique des revêtements
- Notions sur les essais de revêtements : adhérence pour les revêtements minces, pelage contrôlé, choc, résistance à la délamination cathodique
- Le contrôle de continuité de l'isolation électrique
- Notions sur les coefficients de dégradation des revêtements
 - o Les revêtements de pipeline
 - o Les peintures exposées à l'eau de mer
 - o Les revêtements internes de capacités