

# Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion



Photo Jean-Paul PERSY

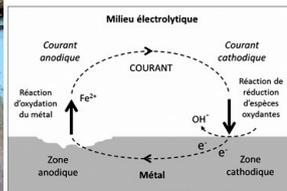


Photo LASSARAT

## PRÉSENTATION

Les ouvrages d'art ont comme vocation de durer le plus longtemps possible. Dans ce cadre, l'acier a l'avantage d'être un matériau qui présente une chimie bien maîtrisée mais dont l'ennemi principal est la corrosion.

Heureusement, depuis longtemps, on sait protéger l'acier face à cette corrosion. Différentes techniques de protection existent, que ce soit par simple usage de traitement chimique superficiel, ou la mise en œuvre de revêtements filmogènes de nature métallique ou polymérique seuls ou en association de plusieurs couches de propriétés complémentaires, ou bien par la mise en place de solutions de protection cathodique par anodes sacrificielles ou par courant imposé.

Ces opérations, pour la plupart, visent à conférer une bonne durabilité aux structures métalliques dans le temps, soit en les amenant à un potentiel électrochimique qui leur confère une stabilité face aux éléments extérieurs, soit par passivation superficielle, soit en empêchant tout contact entre l'oxygène de l'air, l'eau et le substrat métallique.

Avec la participation de



# Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion

## RECOMMANDATIONS

### Définition de la corrosion métallique

La corrosion est la dégradation de l'état métallique initial sous l'action du milieu ambiant, par un processus chimique, électrochimique ou biochimique. Il existe plusieurs sortes de corrosion : la corrosion généralisée, galvanique, cavernueuse, par piqûres, la corrosion-érosion et la corrosion-abrasion, la corrosion-cavitation, la corrosion intergranulaire, sélective, la corrosion-frottement, sous contrainte, la fatigue-corrosion, la corrosion bactérienne, la corrosion en milieu gazeux **(FAME 2 chapitre 1.3)**.

### Protection anticorrosion

La protection anticorrosion peut se réaliser selon les techniques suivantes :

- la protection de surface :
  - par revêtement non métallique : peinture, films plastiques...
  - par revêtement métallique par dépôt d'une couche d'un autre métal de potentiel électrochimique inférieur au métal à protéger : galvanisation, métallisation, electrozincage...
  - par procédé chimique superficiel (exemple : phosphatation) ;
- la protection cathodique :
  - par courant imposé,
  - par anode sacrificielle pour les ouvrages immergés.

**Cette RECOS a trait uniquement à la protection de surface par revêtement non métallique.**

### Modes opératoires

Avant travaux, une reconnaissance préalable **(FAME 2 chapitre 3)** est primordiale pour, à la fois, définir les risques inhérents à l'ouvrage (état des anciennes peintures en place, présence de matériaux toxiques, problématique d'accès, contraintes liées à l'environnement de l'ouvrage, etc.), mais également pour préciser les paramètres qui permettront d'établir le futur cahier des charges de consultation respectueux des critères de performances définis par le maître d'ouvrage (critères économiques, techniques et qualitatifs, sanitaires et environnementaux, etc.).

**Cette reconnaissance préalable doit se faire en 4 temps :**

- analyse documentaire de l'historique de l'ouvrage ;
- visite de reconnaissance de l'ouvrage **(FAME 2 chapitre 3.1)** ;
- diagnostics complémentaires **(FAME 2 chapitre 3.3)**, notamment pour les risques liés à la présence d'amiante et de plomb sur l'ouvrage ;
- essai de décapage préalable.

### Choix du système de peinture et méthodes d'intervention **(FAME 2 chapitre 4.7)**

Ces choix sont autant liés à l'ouvrage en lui-même qu'à son environnement, aux normes et réglementations, aux périodes d'interventions et conditions d'exploitation de l'ouvrage, aux critères de performance attendus par le maître d'ouvrage, etc.

## Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion

### RECOMMANDATIONS

Ces paramètres peuvent se résumer à **(FAME 2 chapitre 4.2/3/4/5)** :

- l'accès à l'ouvrage (échafaudage) ;
- la capacité de l'ouvrage à résister aux nouvelles sollicitations et modifications imposées par les travaux (surcharges...);
- aux contraintes d'exploitation (circulation, environnement) ;
- aux contraintes de coactivités ;
- aux contraintes liées aux Risques Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique (CMR) qui imposent des dispositions spécifiques pour le plomb et l'amiante ;  
*Dispositions collectives à mettre en place : confinement étanche de la zone de travail ; traitement de l'air ; équipements pour admission d'air (ventilation/extraction et filtration absolue) ; réalisation d'un bilan aéraulique. **Pour l'amiante seules des entreprises certifiées peuvent intervenir.***
- aux contraintes liées au vieillissement, état d'avancement quantification et qualification des dégradations constatées **(FAME 2 chapitre 4.5)** ;
- aux critères de performances du maître d'ouvrage : durabilité /garanties / prix /esthétique.

L'ACQPA est un organisme qui, en se basant sur les normes ISO 12944, certifie à la fois les systèmes de peintures anticorrosion ainsi que l'ensemble des intervenants (opérateurs, inspecteurs anticorrosion) dans la mise en œuvre des solutions de protection par revêtement de peintures.

Ces normes définissent notamment :

- le type de surfaces et de préparation de surfaces ;
- les systèmes de peintures ;
- les essais de performance en laboratoire et le développement de spécifications pour les travaux neufs et de maintenance.

Les systèmes de peintures y sont définis en fonction de la catégorie de corrosivité de la nature des peintures et système de peintures, de la nature du substrat (acier, acier galvanisé, acier métallisé), du degré de préparation de surface et de la durabilité attendue.

#### Mise en œuvre (FAME 2 chapitre 5)

##### Installation de chantier.

On veillera tout particulièrement à l'implantation des unités de décapage, de récupération de déchets, de filtration de l'air et d'extraction/ventilation, dont les distances avec les zones de travail doivent être optimisées pour en assurer pleinement la performance.

Une analyse de risques complète préalable à l'intervention est nécessaire pour identifier l'ensemble des risques propres à l'ouvrage et aux méthodes d'intervention envisagées tant sur le plan technique, matériel, d'hygiène de sécurité et d'environnement qu'au niveau du facteur humain et organisationnel. Cette analyse de risques devra intégrer et être en adéquation avec l'ensemble des obligations normatives, légales et réglementaires et spécifications propres au propriétaire de l'ouvrage. Les choix d'intervention devront être conformes aux obligations qui découleront de cette analyse de risques.

Dans le cas spécifique d'intervention en présence de produits CMR (cancérogène, mutagène, reprotoxique / plomb, amiante par exemple), l'installation nécessite des dispositions très particulières ; l'entreprise doit s'y conformer et procéder aux essais réglementaires (tests fumées, prélèvements en situation d'opération, etc.). Un bilan aéraulique détaillé avec schéma des implantations permettra de bien maîtriser les risques liés à cette activité : risques CMR amiante plomb – contamination par les COV (composés organiques volatils) - risques d'explosion avec les poussières et les COV.

On veillera au stockage des peintures conformément aux exigences thermiques et hygrométriques du fabricant et à la réglementation en matière de sécurité, d'hygiène et d'environnement, ainsi qu'au stockage et au tri des déchets.

# Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion

## RECOMMANDATIONS

### Préparation de surface (FAME 2 Chapitre 5.5)

La préparation de surface doit être réalisée conformément aux dispositions du marché tant en termes de méthode, que de moyens engagés et de résultats à obtenir. Dans le cas de la maintenance d'ouvrages de génie civil métalliques, nous aurons affaire essentiellement à ces surfaces déjà peintes. Selon le résultat des phases préliminaires, il pourra être décidé d'orienter la préparation de surface vers une préparation primaire ou secondaire. Toutes les surfaces devront être à minima nettoyées selon un procédé adapté à la propreté de surface évaluée [présence d'huile, graisses, mousses, algues, champignons, traces d'oxydes, sels et autres polluants, ...].

Cette préparation peut être réalisée par nettoyage à l'eau froide ou chaude avec ou sans détergents, ou par nettoyage chimique (solvants ou autre), complétée par un nettoyage manuel et mécanique avec utilisation de brosses, spatules, grattoirs à l'aide d'outils types brosses rotatives, diverses meules, marteaux à percussion, pistolets à aiguilles ainsi que par différentes méthodes de décapage à l'abrasif pour lesquelles il existe un grand nombre de technologies par voie sèche ou humide dont l'usage, les capacités et les résultats diffèrent quelque peu.

La qualité des surfaces préparées est définie par le degré de préparation des surfaces [ou degré de soin **annexes A et B de l'ISO 12944.4**] et par le profil de surface [ou rugosité **ISO 8503.1 et 2**] (**FAME 2 chapitre 4.7.2.1.3**).

L'entreprise en charge des travaux devra réaliser après chaque phase de préparation de surface et juste avant l'application du primaire, la réception des surfaces préparées en respect des critères de qualité définis au marché (**FAME 2 chapitre 5.5.3**).

### Produits et peinture (FAME 2 Chapitre 5.6)

Une peinture est constituée de 4 composants essentiels : la ou les résines (les liants), les matières pulvérulentes (pigments et charges), les composés volatils (solvants, diluants), les additifs.

Avant toute opération, il est nécessaire de prendre connaissance de la Fiche Technique (FT) et des Fiches de Données Sécurité (FDS) des produits.

Au moment de l'ouverture de chaque emballage, une première vérification visuelle est réalisée, tout aspect anormal doit générer l'ouverture d'une fiche de non-conformité et le lot doit être écarté.

Le mode d'application sera choisi en accord avec la fiche technique des peintures : manuelles (brosses, rouleaux) ou par pulvérisation au pistolet conventionnel avec ou sans air « Airless ».

En cours d'application, les règles suivantes devront être respectées :

- humidité relative (HR) < 85 % ou en accord avec les fiches techniques de produits ;
- température du substrat > point de rosée + 3°C ;
- température du substrat < température maximale du substrat indiquée par la FT ;
- température ambiante en accord avec les températures minimale et maximale fixées par les FT.

Les délais de recouvrement entre les différentes couches du système ainsi que le délai entre l'application de la dernière couche et la mise en service devront être respectés, conformément aux prescriptions de fiches techniques des produits.

Le système de peinture devra être adapté à la qualité de préparation de surface retenu et conforme aux exigences du cahier des charges spécifique au projet et autres contraintes telles que rappelées précédemment. Une recommandation technique du fournisseur spécifique à l'ensemble des données du projet est indispensable.

Afin d'assurer la qualité de mise en œuvre des revêtements et la sécurité du personnel intervenant, différentes qualifications/certifications existent ; parfois obligatoires, notamment pour des raisons de sécurité, ou souhaitables notamment sur les aspects de maîtrise technique (**FAME 2 chapitre 5.8**).

# Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion

## RECOMMANDATIONS

En France, l'ACQPA est le seul organisme certificateur.

La certification des compétences et qualification du personnel couvre :

- les opérateurs des entreprises d'application de peinture ;
- les inspecteurs anticorrosion, spécialisés sur les travaux de protection anticorrosion par traitement de surface et mise en peinture, assurant les missions de contrôles extérieurs des travaux et de conseils.

Pour les opérateurs, on considère 3 niveaux de compétences distinctes :

**Niveau 1** : l'opérateur exécutant

**Niveau 2** : le chef d'équipe ou de chantier

**Niveau 3** : le conducteur de travaux

Pour les opérateurs niveaux 1 et 2, les options suivantes existent :

- option a : préparation de surface,
- option b : application de peinture au pistolet,
- option c : métallisation (conformément à la norme NF EN 22 063),
- option d : revêtements spéciaux (ex silicate d'éthyle zinc...),
- option e : application à la brosse et au rouleau,
- option f : décapage à l'eau UHP (Ultra Haute Pression),
- option g : application de peinture sur support béton.

## Points importants

Ainsi que le définit la Loi n° 93-1418 du 31 décembre 1993 modifiant les dispositions du code du travail applicables aux opérations de bâtiment et de génie civil, le maître d'ouvrage, en tant que propriétaire, doit être en mesure d'informer tout intervenant sur son ouvrage des risques et/ou des impacts de son ouvrage sur l'environnement, sur l'Homme (les intervenants) ainsi que sur la dangerosité des déchets qui vont être produits au moment du décapage. À ce titre, il est obligatoire avant toute intervention de réaliser les diagnostics conformes aux obligations de la réglementation en la matière. C'est le cas notamment pour les risques liés à la présence d'amiante et de plomb (ou composés à base de plomb) sur l'ouvrage.

Par ailleurs, il est recommandé de faire un état des lieux initial des pollutions sur site avant travaux. Ce diagnostic environnemental initial permet d'avoir un point de départ permettant de prouver que les pollutions présentes n'ont pas été apportées par les opérations du chantier **(FAME 2 chapitre 3.3.3)**.

Le concepteur de la solution de revêtement dans le cadre de la mise en peinture d'un ouvrage de génie civil, doit intégrer en outre les contraintes d'exploitation qui rendront plus ou moins difficile l'accès à certaines surfaces à traiter au cours de la vie de l'ouvrage. Certaines peintures sont plus ou moins facilement recouvrables avec performance, le choix initial est donc déterminant pour la réalisation des travaux d'entretien et de rénovation tout comme dans le choix des peintures sur ces phases de maintenance en pensant aux opérations suivantes.

## Normes et références

**Guide STRRES FAME 2** Protection des ouvrages métalliques

**Cahier des Clauses Techniques générales Fascicule 56** pour la Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion

**NF X46-011** Travaux de traitement de l'amiante

**ISO 4628** description de l'aspect visuel de la majorité des dégradations constatées

**ISO 8501-1 et 8503-2** propreté de surface et profil de rugosité

**NF EN ISO 12944** Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture

## Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion

### PROPOSITION DE PLAN DE CONTRÔLE

Phases	Points de contrôle	Moyens de contrôle
Préparation de chantier	Revue documentaire	Analyse documentaire
Préparation de chantier	Diagnostic plomb et amiante	Prélèvement échantillon et analyse en labo spécialisé
Préparation de chantier	Contrôle de l'état de pollution au plomb et à l'amiante du site avant travaux	Constat d'huissier et laboratoire spécialisé certifié COFRAC
Préparation de chantier	Choix des matériaux, produits et systèmes de peintures	Analyse documentaire
Préparation de chantier	Choix des méthodes d'intervention et moyens matériels et organisation associés	Analyse documentaire
Préparation de chantier	Vérification des certifications individuelles du personnel intervenant (opérateurs et inspecteurs)	Analyse documentaire
Préparation	Choix des moyens et conditions de transport, de stockage	Analyse documentaire
Travaux	Contrôle des conditions climatiques de stockage des produits	Visuel / Relevé de température et d'hygrométrie en continu
Travaux	Réception de l'état de surface du substrat métalliques et de la conformité des dispositions constructives en respect de l'ISO 12944.3	Visuel selon l'ISO 12944 .3
Travaux	Contrôle de propreté de l'abrasif	Selon ASTM D4940
Travaux	Contrôle de la surface décapée degré de soin	Point d'arrêt / Visuel selon l'ISO 8501.1
Travaux	Contrôle de la surface décapée rugosité	Pont d'arrêt contrôle avec comparateur Visio tactile selon ISO 8503.2
Travaux	Contrôle d'empoussièrement	Utilisation d'un adhésif + loupe x10 en accord avec l'ISO 8503.3
Travaux	Contrôle de la contamination solubles par Test de Bresle	Contrôle en accord avec l'ISO 8502.6 et 9

## Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion

### PROPOSITION DE PLAN DE CONTRÔLE

Travaux	<p>Contrôle des conditions climatiques (température ambiante, hygrométrie, température du support, point de rosée) en accord avec les données des FT peintures ou autre spécification applicable si plus contraignant</p> <p>A minima :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Hygrométrie <math>\leq 85\%</math></li> <li>■ Température du support <math>&gt;</math> Point de rosée <math>+ 3^{\circ}\text{C}</math></li> <li>■ Température du support <math>&lt;</math> au max fixé par la FT des peintures mises en œuvre</li> </ul>	Enregistrement journalier en continu des conditions climatiques selon Iso 8502.4
Travaux	Délai de recouvrement entre couches conformément aux obligations fixées par les FT des peintures et selon les conditions climatiques d'intervention mesurées	Contrôle interne selon PAQ
Travaux	Contrôle produit des emballages de peintures et diluants	Contrôle visuel : les numéros de lot, les DLUO sont contrôlés avant applications- étiquetage
Travaux	Contrôle produit des peinture	Contrôle aspect à l'ouverture : teinte, aspect sédimentation, mousse, odeur...
Travaux	Échantillonnage	A minima un échantillon par numéro de lot est prélevé pour conservation
Travaux	Contrôle des mélanges (type de malaxeur, durée, vitesses, etc.) et filtration avant emploi	Contrôle visuel
Travaux	Contrôle des épaisseurs humides en cours d'application	Mesure avec jauge humide
Travaux	Test de réticulation des primaires riche en zinc à base de liant éthyle silicate	Contrôle conformément à l'ASTM D4752
Travaux	Contrôle des épaisseurs sèches de chaque couche	Mesure avec jauge magnétique adaptée en accord avec l'ISO 19840
Travaux	Contrôle de l'aspect de chaque couche	Visuel
Réception	Contrôle colorimétrique	Colorimètres ou spectro-colorimètres
Réception	Contrôle après travaux de l'état de pollution au plomb et à l'amianté du site	Constat d'huissier et laboratoire spécialisé certifié COFRAC
Réception	Essai de traction en accord avec l'ISO 16276 sur plaque test ou in situ selon les dispositions du PAQ validé avec le MO	Contrôle par peigne ou équipement de traction selon les épaisseurs sèches du revêtement
Réception	Contrôle des épaisseurs sèches de chaque couche	Mesure avec jauge magnétique adaptée en accord avec l'ISO 19840
Réception	Contrôle de l'aspect de chaque couche	Visuel