DIAGNOSTIC DE LA PROTECTION ANTICORROSION PAR PEINTURE D'UN OUVRAGE MÉTALLIQUE EXISTANT

CONTEXTE

Généralités

Le présent document concerne les structures métalliques de génie civil en fer, fonte ou acier non allié qui sont protégées contre la corrosion par peinture.

Il ne traite pas des structures en aciers spéciaux de type inoxydables, des structures protégées par protection cathodique, ni des structures galvanisés et peintes.

La protection anticorrosion par peinture est mise en œuvre après préparation de surface par décapage du subjectile métallique. Historiquement, le décapage était réalisé par la projection d'un abrasif (minéral ou métallique), mais plus récemment (depuis le début des années 2000) il peut également être exécuté par projection d'eau sous ultra-haute pression. L'application des différentes couches du système de peinture a lieu en atelier ou sur site (ou les deux). Le revêtement de protection par peinture est obtenu après séchage ou réticulation des différentes couches de peinture.

Le nombre de couches varie selon la formulation et donc le type de peinture et les développements de la chimie de la formulation des produits. Les anciens systèmes (avant les années 1990, à base de peinture glycérophtalique) peuvent être composés de 4 voire 5 couches, les systèmes plus modernes (après les années 1990, à base d'époxyde et de polyuréthanne) sont composés de 3 voire 2 couches.

L'exposition aux agents agressifs extérieurs provoque le vieillissement du système de peinture et génère différents types de défauts dont les conséquences sur l'efficacité de la protection peuvent être plus ou moins néfastes. Les conditions d'exploitation, ou une évolution de la catégorie de corrosivité atmosphérique de l'ambiance de l'ouvrage, peuvent également avoir une incidence sur le vieillissement de la protection anticorrosion.

Il peut s'agir, par exemple de exposition aux sels de déverglaçage ou à une pollution chimique atmosphérique (usine).

La présente méthodologie précise l'ensemble de la démarche de l'expert pour réaliser le diagnostic de la protection anticorrosion par peinture. Cette démarche est en partie traitée par certaines dispositions du chapitre 4 du fascicule 56 du CCTG (arrêté du 12 février 2004) [1] développées et approfondies par le guide technique LCPC de décembre 2005 [2].

Ces deux documents sont en cours de révision à la date de rédaction du présent document.

Il est indispensable que l'expert chargé du diagnostic dispose de la certification d'inspecteur ACQPA-FROSIO.

Identification des toxiques présents dans les anciennes peintures

Les peintures anticorrosion peuvent contenir des produits toxiques pour la santé de l'homme et pour l'environnement. Dans le cadre d'une démarche d'analyse des risques, il faut donc identifier les produits toxiques auxquels les opérateurs sont susceptibles d'être exposés lors de la réalisation du diagnostic de la protection anticorrosion afin de prévoir les mesures de prévention adaptées. D'autre part dans l'éventualité de travaux d'entretien, ces diagnostics seront à joindre au dossier de consultation des entreprises.

La règlementation HSE est dense, en constante évolution et fait appel à des compétences spécifiques dans les domaines de la chimie et de la médecine. Sur ces aspects, en l'absence d'une réglementation spécifique au domaine du génie civil, il n'existe pas une liste exhaustive de produits toxiques susceptibles d'être présents dans les anciennes peintures anticorrosion.

Dans ce paragraphe, il est donc proposé une méthodologie basée sur le retour d'expériences dans le domaine de la protection anticorrosion par peinture des ouvrages métalliques de génie civil et sur une approche pragmatique de la réglementation du bâtiment qui impose un diagnostic pour les 2 substances suivantes :

– amiante : RAT (repérage amiante avant travaux) [3],
– plomb : CREP (constat des risques d'exposition au plomb) [4].

L'arrêté d'application du décret du 9 mai 2017 « repérage amiante avant travaux » [3], spécifique au domaine des ouvrages du génie civil n'est pas encore publié à ce jour.

Ces deux diagnostics doivent être réalisés pour toutes les peintures présentes sur l'ouvrage à inspecter. Cela implique de réaliser des prélèvements de toutes les couches du système de peinture, ce qui peut être délicat pour une couche primaire très adhérente au subjectile, mais également d'avoir identifié les différents systèmes de peinture de l'ouvrage qui peuvent être complexes en fonction de l'historique.

Dans le passé, il a souvent été appliqué des systèmes de peintures différents sur les parties vues et non vues d'un ouvrage.

Pour l'amiante, l'analyse chimique des prélèvements doit être confiée à un laboratoire accrédité par le COFRAC. Si le diagnostic du plomb peut être réalisé à l'aide d'un appareil portable à fluorescence X (concentration surfacique en plomb total) qui est apposé directement sur le revêtement, il est recommandé d'évaluer la concentration massique en plomb acido-soluble par des mesures en laboratoire sur prélèvements de peinture [5].

Le résultat du diagnostic amiante est rendu sous la forme « positif » ou « négatif » avec le cas échéant, identification du type de fibre d'amiante. Le résultat du diagnostic plomb prend la forme d'une concentration surfacique (mg/cm2) ou massique (mg/g).

La norme NF X 46-030 [5] définit qu'un revêtement contient du plomb si sa concentration surfacique ≥ 1 mg/cm2, ou sa concentration massique ≥ 1,5 mg/g.

Dans le cas d'un diagnostic amiante positif, il ne semble pas judicieux de faire procéder à l'analyse chimique du plomb des revêtements car la prévention du risque amiante couvrira le risque plomb. Une mesure surfacique peut néanmoins être réalisée.

Enfin, dans le cas de diagnostics amiante et plomb négatifs, il est recommandé de faire réaliser l'analyse d'autres métaux lourds (principalement l'arsenic, le cadmium, le chrome, le mercure, le nickel, le sélénium) qui peuvent en effet être présents dans les anciennes peintures, mais également du benzo(a)pyrene. Ces analyses chimiques complémentaires prennent un caractère plus important dans le cas où il est décidé de réaliser des travaux sur le système de peinture.

Les HAP (hydrocarbure aromatique polycyclique) qui peuvent être présents dans les peintures à base de brai voire de bitume utilisées pour la protection de câbles/suspension ou sur des ouvrages immergés, présentent un caractère dangereux pour l'homme qui a été identifié, mais qui n'est pas encore caractérisé par l'existence d'une Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP) règlementaire. Néanmoins ces substances sont aujourd'hui encadrées par une recommandation de la CARSAT qui est exprimée en concentration du benzo(a)pyrène.

La qualification professionnelle de la personne qui réalise les diagnostics assure qu'elle prend toutes les dispositions adaptées pour se protéger du risque d'exposition. La certification d'inspecteur ACQPA-FROSIO ne couvre pas spécifiquement ce domaine de compétence.

MÉTHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC

ÉTAPE 1
ANALYSE DU DOSSIER DE L'OUVRAGE
	Objectif : Recherche documentaire
	
	On identifiera dans le dossier de l'ouvrage et les archives de travaux d'entretien de la protection anticorrosion tous les éléments utiles au diagnostic :
	
	– Renseignements généraux :
	  – date de construction de l'ouvrage,
	  – catégorie d'exposition de l'ouvrage à la construction,
	  – nature du(des) subjectiles (présence d'éléments galvanisés, métallisés),
	  – date et nature des travaux initiaux de protection anticorrosion par peinture,
	  – date et nature des derniers travaux de protection anticorrosion par peinture : l'entreprise en charge des travaux de peinture,
	  – conditions d'exploitation de l'ouvrage (viabilité hivernale) ;
	– Exécution des travaux de peinture (CCTP, plans peinture, cahier de suivi de chantier, compte rendu de réunions, PV de contrôle, etc.) :
	  – nature de la préparation de surface (procédé, degré de soin, profil),
	  – si entretien depuis la construction, la nature de la préparation de surface (avivage ou décapage complet et procédé),
	  – composition du système de peinture :
	  • fiche d'homologation CIH [6]),
	  • fiche de certification ACQPA [7],
	  – noms et familles chimiques des peintures (fiches techniques, fiches de données de sécurité le cas échéant),
	  – anomalies éventuelles lors des travaux (problème d'exécution de la préparation de surface, problème sur les produits, conditions ambiantes de mise en œuvre ou de séchage des produits, etc.).

ÉTAPE 2 INSPECTION DÉTAILLÉE	**Objectif : Repérer globalement les désordres de façon à préparer l'auscultation si celle-ci s'avère nécessaire.** Cette inspection doit viser l'ensemble des parties de l'ouvrage en déployant les moyens nécessaires à leur visite. Bien qu'essentiellement visuelle, elle peut utilement être complétée par des mesures permettant la caractérisation de pertes de métal, ou la quantification des imperfections géométriques. L'inspection détaillée doit caractériser le vieillissement de la protection anticorrosion à l'échelle globale de l'ouvrage (essentiellement le degré d'enrouillement NF EN ISO 4628-3), cerner les défauts localisés ainsi que l'état du système de protection anticorrosion, notamment dans les zones de rétention d'eau (nœuds de triangulation des poutres treillis, jonctions âmes/cornières, zones d'about). Le relevé des défauts est effectué sur la base du tableau figurant au paragraphe 3.4 du fascicule 33 de l'ITSEOA [8]. Il convient de distinguer les défauts d'aspect n'affectant que superficiellement le feuil de peinture, des altérations profondes, plus graves, affectant l'intégralité du feuil de peinture ou du système de peinture.

ÉTAPE 3
AUSCULTATION

Pour des raisons d'hygiène et de sécurité des intervenants, l'étape d'auscultation commence par un diagnostic des toxiques éventuellement présents dans les anciennes peintures avant d'effectuer une visite de reconnaissance de la protection anticorrosion par un expert qui pourra prescrire un complément d'auscultation.

En cas de présence avérée de toxiques dans les anciennes peintures, il faut mettre en œuvre les moyens de protection adaptés à la nature des risques pour intervenir sur le revêtement ou adapter le programme d'investigations.

Étape 3.1 : Identification des toxiques dans les anciennes peintures

Objectif : Réaliser le diagnostic des toxiques présents dans les anciennes peintures

Il convient de faire réaliser le diagnostic des anciennes peintures pour déterminer la présence d'amiante, de plomb (et autres métaux lourds) et du benzo(a)pyrène.

Cette responsabilité de faire faire un diagnostic des toxiques est une obligation du maître d'ouvrage.

Compte-tenu de la hiérarchisation des contraintes réglementaires, il est recommandé de procéder aux analyses suivantes par étapes en ayant au préalable réalisé tous les prélèvements correspondants

– 1. Diagnostic amiante : prélèvement d'écailles de peinture par un personnel qualifié (intervention en sous-section 4 de la réglementation amiante) et analyses chimiques par un laboratoire accrédité COFRAC.
– 2. Diagnostic plomb : peut-être réalisé par mesure de concentration surfacique (non destructif) ou de préférence par concentration massique (prélèvement d'écailles de peinture).
– 3. Diagnostic d'autres métaux lourds : arsenic, cadmium, chrome, mercure, nickel, sélénium (peut être réalisé sur les écailles prélevées pour le plomb).

Diagnostic HAP : traceur benzo(a)pyrène (prélèvement d'écailles de peinture).

L'assistance technique d'un inspecteur ACQPA FROSIO pour participer au plan d'échantillonnage est recommandée.

Étape 3.2 : Visite de reconnaissance de la protection anticorrosion par un expert (inspecteur ACQPA/FROSIO)

Détermination de la nature des systèmes de protection en place

Objectif : Déterminer la nature des systèmes de protection en place, et vérifier les données relatives aux peintures collectées dans les archives

Cette phase est décomposée en 3 opérations :

– **Nature du subjectile :** Pour les éléments structuraux l'acier est le plus probable, il convient toutefois de vérifier si celui-ci n'a pas été métallisé. Si l'observation visuelle ne permet pas d'identifier de façon certaine le subjectile, on peut utiliser un appareil de mesure d'épaisseur sèche avec sonde électromagnétique (fiche B7-1). Après avoir éliminé le revêtement, le matériel indiquera une épaisseur (zinc) dans le cas d'une métallisation.

– **Nature chimique des peintures :** Il est possible de déterminer la famille chimique des peintures selon leur mode de séchage. L'essai consiste à mettre la surface peinte au contact de solvant (Ethyl-Méthyl-Cétone ou butanole - MEK) puis d'examiner le comportement de la peinture après 2 ou 3 minutes. S'il y a dissolution, on a affaire à une peinture à séchage physique, s'il y a frisage (rétractation du feuil), il s'agit d'une peinture à séchage par oxydation et s'il n'y a aucune réaction, cela correspond au séchage par réticulation chimique.

– **Composition des systèmes de peinture :** Au moyen du PIG (fiche B7-1) on entaille le revêtement jusqu'au subjectile et on lit ensuite le nombre de couches (si elles ont des couleurs différentes) et l'épaisseur de chacune.

Qualification de l'état et de la qualité de la protection en place

Objectif : Déterminer le besoin de travaux d'entretien de la protection anticorrosion

Il est rare qu'une protection évolue de façon uniforme sur l'ensemble de l'ouvrage. Il convient d'en tenir compte lors du diagnostic. Certaines surfaces peuvent par exemple être plus exposées aux UV, d'autres à la condensation ou aux embruns.

– **Qualification visuelle de la dégradation d'un revêtement par peinture :** La qualification des principales altérations de peinture liées à un vieillissement peut être réalisée en utilisant la série de normes NF EN ISO 4628 parties 1 à 6 [9].

Cette série de normes traite des principaux défauts (cloquage, enrouillement, craquelage, écaillage et farinage). Le principe de la norme est de quantifier par une cotation l'intensité des défauts uniformes (par exemple farinage) et la dimension et l'intensité des défauts non uniformes (par exemple cloquage, craquelage, écaillage).

– **Hiérarchisation des dégradations :** Les défauts et altérations n'ont pas le même impact sur l'efficacité de la protection anticorrosion. Il convient de distinguer :
  – Les altérations évolutives découlant de l'exposition au milieu ambiant qui diminuent les capacités de protection anticorrosion.

Il s'agit par exemple de l'enrouillement, cloquage, craquelage, écaillage, faïençage, pelage, friabilité, etc.

  – Les altérations découlant de l'exposition au milieu ambiant qui ne diminuent pas les capacités de protection.

Il s'agit par exemple du farinage, blanchiment, marbrure, etc.

  – Les altérations dues à des défectuosités initiales, donc susceptibles de ne pas évoluer.

Il s'agit par exemple de trace d'eau, coulures, saignement, peau d'orange, etc.

– **Mesure des épaisseurs sèches résiduelles** (fiche B7-1) **:** L'épaisseur résiduelle est une donnée importante à acquérir car elle permet d'avoir une idée sur la dispersion des épaisseurs résiduelles sur une surface dont l'aspect semble homogène, mais également de détecter une hétérogénéité de la protection.

Il peut s'agir par exemple d'une zone entretenue par avivage, qui n'aurait pas été détectée au moyen des archives.

– **Évaluation de l'adhérence, de la cohésion et de la friabilité** (fiches B7-3 et B7-4) **:** Le revêtement de peinture peut ne présenter aucun défaut à l'observation visuelle et pourtant ne plus avoir d'adhérence au subjectile et/ou de cohésion interne et/ou être devenu friable. Ces propriétés du revêtement sont évaluées au moyen des essais de quadrillage (friabilité et résistance à l'incision) et d'adhérence par traction (adhésion et cohésion). Une grande friabilité ou une adhérence faible empêche un entretien par avivage.

La friabilité est plutôt indicatrice d'une altération du revêtement due à son vieillissement, elle a donc un caractère évolutif. Un défaut d'adhérence ou de cohésion peut être dû au vieillissement mais aussi à des problèmes d'application et donc être présent dès l'origine.

ÉTAPE 3
AUSCULTATION

– **Évaluation de l'étanchéité – détection des porosités** (fiche B7-5) **:** Ce contrôle permet de détecter des micro porosités trop petites pour être vues facilement à l'œil et de savoir si la porosité atteint ou non l'acier.

Une porosité jusqu'au subjectile évoluera vers un enrouillement.

– **Mesure de la stabilité de la couleur** (fiche B7-6) **:** Ce contrôle permet de mesurer la stabilité relative ou absolue de la couleur de la couche de finition.

Évaluation de l'étendue et de la répartition des dégradations

Objectif : Déterminer l'importance de la répartition uniforme ou localisée des altérations du revêtement par peinture pour envisager la consistance des travaux et le type de préparation de surface (décapage primaire ou secondaire).

Le décapage primaire consiste à remettre à nu le subjectile en éliminant tous les anciens fonds, le décapage secondaire ou avivage consiste à aviver les surfaces saines et mettre à nu le subjectile uniquement dans les zones oxydées ou dégradées.

La répartition des dégradations sur l'ouvrage pourra influencer le mode d'entretien. Il faut donc identifier si la répartition des altérations est localisée sur des surfaces bien définies ou au contraire, si les altérations sont dispersées sur l'ensemble de la structure métallique.

Dans le premier cas, il peut être envisagé un décapage primaire des surfaces altérées et un décapage secondaire des autres surfaces. Dans le second cas, seul le décapage primaire de l'ensemble de la structure semble adapté.

Une structure complexe de type poutre treillis est composée d'une multitude de singularités (arêtes, interstices, rivets, etc.) ; elle sera plus délicate à traiter par avivage qu'une structure plus moderne de type bi-poutres.

Pour des questions de durabilité, il est fortement déconseillé de procéder à deux avivages successifs d'une même protection par peinture.

Un contrôle de la pollution de surface par des contaminants solubles (voir fiche B7-2) peut utilement être réalisée pour déterminer s'il sera nécessaire de procéder à un lavage avant la mise en peinture ou la réfection de la protection anticorrosion.

RÉFÉRENTIEL

[1] Bulletin Officiel, Marchés Publics de Travaux, CCTG, Fascicule 56 « Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion » arrêté du 12 février 2004

[2] LCPC, Guide technique « Entretien de la protection anticorrosion des ouvrages métalliques » décembre 2005

[3] Décret n° 2017-899 du 9 mai 2017 relatif au repérage de l'amiante avant certaines opérations. Arrêté d'application spécifique aux ouvrages du génie civil en attente de publication

[4] AFNOR NF X 46-030 Diagnostic plomb - Protocole de réalisation du constat de risque d'exposition au plomb

[5] AFNOR NF X 46-031 Diagnostic plomb - Analyse chimique des peintures pour la recherche de la fraction acido-soluble du plomb

[6] CIH, Liste des systèmes de peintures homologués par la CIH Commission Interministérielle d'Homologation (circulaire n°95-2 TO)

[7] ACQPA, Liste des systèmes de peinture certifiés par l'ACQPA Association pour la Certification et la Qualification des Peintures Anticorrosion

[8] CEREMA, Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art - Fascicule 33 - Ponts métalliques et mixtes, 2017

[9] AFNOR NF EN ISO 4628 Peintures et vernis - Évaluation de la dégradation des revêtements - Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect

Recueil de méthodes d'auscultation des matériaux et structures d'ouvrages d'art :

- B7-1 Mesure des épaisseurs sèches de peinture
- B7-2 Contrôle de la pollution de surface par les contaminants solubles avant mise en peinture (méthode de Bresle)
- B7-3 Essai de quadrillage
- B7-4 Mesure d'adhérence par essai de traction
- B7-5 Test de porosité des revêtements de peinture
- B7-6 Mesure de la stabilité de couleur d'une peinture

LOGIGRAMME

Un logigramme ou un schéma décisionnel, visualisant de façon séquentielle et logique les actions à mener et les décisions à prendre pour aboutir au diagnostic résume la méthodologie de diagnostic.

D5-2 : DIAGNOSTIC DE LA PROTECTION ANTICORROSION PAR PEINTURE D'UN OUVRAGE METALLIQUE EXISTANT

