

techniques et méthodes
des laboratoires des ponts et chaussées



Guide technique

**Entretien
de la protection anticorrosion
des ouvrages métalliques**

Les collections du LCPC

Le libre accès à l'information scientifique est essentiel pour favoriser la circulation du savoir et pour contribuer à l'innovation et au développement socio-économique. Pour que les résultats des recherches soient plus largement diffusés, lus et utilisés, l'Université Gustave Eiffel a fait le choix de numériser et de mettre à disposition en téléchargement gratuit, l'intégralité des ouvrages publiés dans les collections du LCPC de 1969 à 2014, du fait de son caractère patrimonial.

La collection « techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées »

Issus de l'expertise du réseau scientifique et technique (RST), les ouvrages publiés dans la collection « techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées » ont été conçus et rédigés en vue des applications sur le terrain par les professionnels du BTP. La collection se décline en deux séries : guide technique et méthode d'essai.

- La série « guide technique » réunit des synthèses de connaissances, fruits de groupes de travail nationaux associant partenaires publics et privés. Ces guides n'ont pas de valeur normative mais servent de support au développement des techniques.
- La série « méthode d'essai » réunit des méthodes à caractère normatif ou de recommandations. Les méthodes font l'objet d'une qualification par le service qualité du LCPC.

La collection « études et recherches des laboratoires des ponts et chaussées »

La collection ERLPC « études et recherches des laboratoires des ponts et chaussées » se décline en 8 séries thématiques : construction routière, environnement et génie urbain, géotechnique et science de la terre, mécanique et mathématiques appliquées, ouvrage d'art, physique chimie, sécurité et exploitation routières, sciences de l'ingénieur. Des mémoires de thèses ou d'habilitation à la direction de recherche, des résultats d'études générales et d'expérimentations en laboratoire et *in situ* ont été notamment publiés dans cette collection.

La collection « rapport de recherche du laboratoire central des ponts et chaussées »

De 1969 à 1990, les travaux de recherche les plus significatifs du LCPC ont été publiés dans la collection « rapport de recherche du laboratoire central des ponts et chaussées ». Cette collection historique a ensuite laissé la place à la collection « études et recherches des laboratoires des ponts et chaussées ».

La collection « actes des journées scientifiques du laboratoire central des ponts et chaussées »

Les ouvrages de la collection « actes des journées scientifiques du laboratoire central des ponts et chaussées » regroupent les communications présentées par les intervenants à l'occasion de manifestations scientifiques organisées ou co-organisées par le LCPC.

Les ouvrages des collections du LCPC sont diffusés sous la licence Creative Commons CC BY-NC-ND. Cette licence ne permet que la redistribution non commerciale de copies identiques à l'original. Dans ce cadre, les documents peuvent être copiés, distribués et communiqués par tous moyens et sous tous formats.



 Attribution — Vous devez créditer l'œuvre et intégrer un lien vers la licence. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens possibles mais vous ne pouvez pas suggérer que l'Université Gustave Eiffel vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé son œuvre.

 Pas d'utilisation commerciale — Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de cette œuvre, tout ou partie du matériel la composant.

 Pas de modifications — Dans le cas où vous effectuez une adaptation, que vous transformez, ou créez à partir du matériel composant l'œuvre originale (par exemple, une traduction, etc.), vous n'êtes pas autorisé à distribuer ou mettre à disposition l'œuvre modifiée.

Entretien de la protection anticorrosion des ouvrages métalliques

Guide technique

Décembre 2005



Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
58, bd Lefebvre, F 75732 Paris Cedex 15

Ce document a été rédigé par :

- ◀ Daniel André (LCPC), animateur
- ◀ Philip Hackranyi (CETE de l'Est – LRPC de Nancy)
- ◀ Serge Hampariau (CETE de Lyon – LRPC de Lyon)
- ◀ Laurent Joly (CETE de l'Est – LRPC de Nancy)
- ◀ Guy Maire (CETE Normandie-Centre – LRPC de Blois), animateur
- ◀ Philippe Touzé (LCPC)
- ◀ Gérard Trauchessec (DREIF – LREP Le Bourget)

Ce document a également été relu par :

- ◀ Thierry Kretz (LCPC)
- ◀ Marie-Laure Thaveau (CETE de Lyon – LRPC de Lyon)
- ◀ Loïc Divet (LCPC)

Pour commander cet ouvrage :

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
DISTC-Diffusion des Éditions

58, boulevard Lefebvre
F-75732 PARIS CEDEX 15
Téléphone : 01 40 43 50 20
Télécopie : 01 40 43 54 95
Internet : <http://www.lcpc.fr>

Prix : 25 euros (HT)

Ce document est propriété du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
et ne peut être reproduit, même partiellement, sans l'autorisation de son Directeur général
(ou de ses représentants autorisés)

© 2006 - LCPC
ISSN 1151-1516
ISBN 2-7208-0420-7

Sommaire

Préambule	5
A. Visite de reconnaissance de la protection d'un ouvrage	7
A1. Démarches préalables à la visite	9
A2. Visite proprement dite	9
A21. Détermination de la nature des systèmes de protection en place	9
A22. Qualification de l'état et de la qualité des protections en place	11
A23. Évaluation de l'étendue et de la répartition des dégradations	15
A3. Détermination de la corrosivité d'un site	17
A4. Le compte rendu de visite. Premières orientations vers l'entretien et l'essai préalable de décapage	18
B. L'essai préalable de décapage	19
B1. Objectifs de l'essai préalable de décapage	21
B2. Opérations préalables à la programmation de l'essai	21
B3. Exécution de l'essai	21
B31. Décapage complet	22
B32. Avivage	22
B4. Gestion des déchets	23
B41. Contexte législatif et réglementaire	24
B42. Traitement des résidus de décapage	27
B5. Contenu du rapport	27
C. Choix de la technique d'entretien	29
C1. Préambule	31
C2. Choix de la technique de préparation de surface	31
C3. Choix du système de protection	33
C31. Principes	33
C32. Remise en peinture d'un ouvrage peint	33
C33. Remise en peinture d'une galvanisation peinte ou non peinte ou d'une métallisation peinte	34
C4. Conseils généraux	34
C5. Quelques éléments de coûts	35

<i>D. Techniques de suivi d'un chantier</i>	37
D1. La préparation des surfaces	39
D11. Domaine d'application	39
D12. Les différents types de travaux	39
D13. Organisation de la préparation des surfaces	39
D14. Nettoyage des surfaces avant décapage	39
D15. Décapage	40
D16. Dépoussiérage après décapage	41
D17. Aptitude de la surface à recevoir un revêtement	41
D2. L'application des produits	46
D21. Contrôle des produits	46
D22. Préparation des produits	47
D23. Application des systèmes de peinture	47
<i>E. Contrôle de réception du système complet appliqué</i>	51
E1. Contrôle des épaisseurs sèches	53
E11. Support en acier ou acier métallisé	53
E12. Support en acier galvanisé	53
E2. Contrôle de l'adhérence	54
E21. Essai de quadrillage NF EN ISO 2409	54
E22. Essai d'adhérence par traction NF EN ISO 4624	54
E3. Contrôle de la porosité ASTM D 5162	55
E4. Contrôle de la couleur et de l'aspect	55
E41. Contrôle de la couleur NF T 34-554	55
E42. Contrôle de l'aspect	56
<i>Bibliographie</i>	57
<i>Annexe : Prélèvement et évaluation de la salinité globale sur une surface</i>	61

Préambule

Ce guide est un guide technique à l'attention des ingénieurs et techniciens ayant en charge la protection anticorrosion d'un ouvrage métallique par peintures.

Il vient expliquer, développer et approfondir certaines dispositions du chapitre 4 du fascicule 56 du CCTG (arrêté du 12 février 2004) qui traite de cet entretien.

Ainsi, l'article 4.4 de ce fascicule impose au marché de préciser la « consistance des travaux » et notamment le type de préparation de surface (« primaire » ou « secondaire ») ainsi que le type de système de peinture « pour travaux neufs ou pour travaux de maintenance ». Pour déterminer cette consistance des travaux, le fascicule renvoie à son annexe 4, non contractuelle, traitant de deux opérations préalables :

- la visite de reconnaissance de l'ouvrage et de la protection en place,
- l'essai préalable de décapage.

Les deux premiers chapitres de ce guide développent ces deux opérations préalables qui servent de support au choix de la technique d'entretien (la « consistance des travaux »), objet du troisième chapitre du guide.

Ensuite et une fois le chantier lancé, le chapitre 4 développe les techniques de suivi : suivi de la préparation de surface et suivi de l'application des produits.

Enfin le dernier chapitre fait le point des méthodes utilisables pour évaluer la conformité de la protection mise en place à celle spécifiée. Ces méthodes peuvent faire l'objet de normes précises (épaisseurs, couleur) ou en cours de développement (adhérence, porosité). Elles peuvent, également, ne pas faire l'objet de norme comme la détection des défauts du feuillet mettant en cause la durabilité.

Les deux derniers chapitres s'adressent particulièrement aux agents chargés des contrôles qu'il s'agisse de ceux du contrôle intérieur comme de ceux du contrôle extérieur.

Il faut remarquer que si les trois premiers chapitres sont spécifiques à l'entretien de la protection des ouvrages existants, les deux derniers sont également applicables à la protection des ouvrages neufs.

Chapitre

A

***Visite
de reconnaissance
de la protection
d'un ouvrage***



Pour ce qui concerne la protection anticorrosion, l'objectif de la visite d'un ouvrage métallique existant est de :

- faire le diagnostic de l'état de la protection,
- donner quelques orientations préalables sur le besoin d'un entretien et sur les techniques envisageables.

A1. Démarches préalables à la visite

Recherche documentaire

Il est bien évident que toute visite détaillée de la protection est précédée d'un examen d'archives et des documents de référence qui établira, si possible :

– la date et la nature des derniers travaux de protection. Ceux-ci peuvent aller de la réfection de l'ensemble de la protection avec mise à nu des aciers à la réalisation de simples retouches sur des zones localement corrodées, retouches suivies ou non d'une application générale de peinture d'entretien (intermédiaire et finition). Une description détaillée des travaux sera souvent utile au spécialiste réalisant la visite :

- dénomination, nature chimique et couleur des produits appliqués,
- préparation de surface,
- entreprises ayant réalisé les travaux,
- cahier de suivi de chantier et compte-rendu d'un organisme de suivi et de contrôle ;

– l'évolution du comportement du ou des systèmes de protection en place à travers les rapports des visites périodiques. Une attention particulière doit être portée aux problèmes d'étanchéité détectés lors de ces visites ;

– l'évolution éventuelle de l'environnement de l'ouvrage et notamment l'évolution de l'urbanisation et l'installation plus ou moins récente d'usine pouvant produire des substances agressives.

Si les archives livrent, en général, des données assez précises et fiables pour la charpente, il en va autrement des équipements (barrières, garde-corps, candélabres...) qui, pourtant, sont soumis à des contraintes supplémentaires (accès du public). En plus des données ci-dessus, on veillera à s'assurer de la nature du subjectile : équipement simplement peint ou galvanisé et peint.

Accès aux surfaces

Pour l'inspection du système de protection, l'accès aux surfaces est indispensable. Il convient d'organiser cet accès dans des conditions de sécurité permettant un travail normal du spécialiste et qui soit conforme à la réglementation (passerelle de visite, échafaudage provisoire, nacelle automotrice...). À cet effet, une visite préalable est souvent nécessaire.

A2. Visite proprement dite

Trois aspects de la visite seront développés.

Le premier vise à reconnaître la nature des systèmes de protection en place et de confirmer, si on en dispose, les données qui auront été préalablement collectées dans les archives. Le deuxième vise à qualifier l'état et la qualité résiduelle des protections. Enfin le dernier aspect traite de l'évaluation de l'étendue et la répartition des dégradations sur l'ouvrage.

A21. Détermination de la nature des systèmes de protection en place

Nature du subjectile

La première vérification à faire est la 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. Pour les équipements (garde-corps, candélabres, dispositifs de retenu...), les plus récents auront été vraisemblablement galvanisés (et peints) ; mais les autres pourront avoir été simplement peints.

Le subjectile se reconnaît visuellement après enlèvement du feuillet de peinture. On pourra s'aider du tableau I ci-après.

Si l'observation visuelle ne permet pas d'identifier de façon certaine le subjectile, on peut alors utiliser un appareillage de mesure d'épaisseur des feuillets de peinture avec une sonde dont le principe de fonctionnement est basé sur l'induction magnétique (appareillage couramment utilisé lors des contrôles d'application). Après enlèvement de

la peinture, ce matériel indiquera une épaisseur (zinc) dans le cas d'une métallisation ou d'une galvanisation, mais donnera un signal voisin de 0 s'il s'agit d'un acier décapé.

La reconnaissance du subjectile est importante car elle conditionne la conduite de l'essai préalable de décapage (cf. chapitre B) et elle influence fortement la technique d'entretien (cf. chapitre C).

Nature chimique des peintures

À défaut d'archives ou de données sur la nature chimique des peintures en place, il est possible d'en déterminer sur site, rapidement et simplement, leur famille selon leur mode de séchage. L'essai consiste à mettre la surface peinte au contact de MEK¹ (Méthyl Ethyl Cétone) puis d'examiner, après 2 ou 3 minutes, le comportement de la peinture. S'il y a dissolution, on a affaire à une peinture à séchage physique, s'il y a « frisage » (rétraction du feuillet), il s'agit d'une peinture à séchage par oxydation. Enfin, aucune réaction ne correspond aux peintures à séchage par réticulation (tableau II).

Il faut souligner qu'il ne s'agit là que d'une simple identification et que seule une analyse effectuée en laboratoire sur des prélèvements obtenus par grattage permet de déterminer avec sûreté les familles chimiques des peintures en place.

De plus et c'est un point très important à détecter lors de la visite de reconnaissance, la présence de

substances dangereuses telles que l'amiante, le plomb, les chromates, etc. ne pourra être confirmée que par une analyse de laboratoire.

Pour ces analyses et afin d'éviter des interférences avec des plastifiants provenant de sachets en plastique, il faut transférer les prélèvements dans des emballages en verre ou en papier aluminium.

En pratique, on obtient sans trop de difficultés (par recoupement entre archives, observations et essais *in situ* et, éventuellement, analyses en laboratoire), la nature chimique des liants des peintures. Par contre, la détection de la présence éventuelle de substances dangereuses est beaucoup plus hypothétique au niveau des archives, pratiquement impossible sur site (hormis le minium de plomb de couleur orange caractéristique...) et ne peut donc être confirmée que par analyse de laboratoire.

Nous verrons que la présence éventuelle de substances dangereuses dans la protection en place peut fortement influencer le choix de la technique d'entretien.

Il convient donc, lors de la visite de reconnaissance, d'effectuer le prélèvement de quelques grammes de peinture en place en essayant, si possible, de prélever couche par couche afin d'individualiser par couche la nature du liant et la présence éventuelle de substances dangereuses.

Composition des systèmes en place

À moins de disposer d'archives absolument fiables et précises, il est prudent et nécessaire de vérifier la composition des systèmes en place. Par composition, il faut entendre le nombre de couches et l'épaisseur de chacune.

On peut utiliser, pour cela, un appareillage de type PIG (Paint Inspector Gauge) (Fig. 1).

Il s'agit d'un essai destructif consistant à réaliser une entaille jusqu'au subjectile avec un angle contrôlé. À l'aide d'un micromètre, on lit ensuite le nombre de couches (si elles ont des couleurs différentes) et l'épaisseur de chacune.

1. Ce produit est soumis à étiquetage (produit inflammable et irritant) et ne doit être utilisé qu'avec les précautions et protections d'usage (gants, lunettes).

Tableau I – Reconnaissance de la nature du subjectile

	Dureté au cutter	Interface avec peinture	Couleur
Acier décapé	Dure	Rugueuse ou lisse	Gris foncé
Métallisation	Friable	Rugueuse	Gris clair
Galvanisation	Dure	Lisse	Gris clair

Tableau II – Essai à la MEK – Type de peinture selon mode de séchage

		Comportement à la MEK
Séchage physique	Caoutchoucs chlorés, acryliques, vinyliques, brai-vinyliques, bitumineuses...	Dissolution
Séchage par oxydation	Peintures à l'huile, glycérophthaliqes, oléo-glycérophthaliqes...	Frisage
Séchage par réticulation	Époxydes, brai-époxydes, polyuréthanes, polyesters, silicates...	Néant

Pour la suite des opérations (notamment l'essai préalable de décapage), il est aussi utile de noter leur couleur.

Il existe d'autres appareillages équivalents et basés sur le même principe que le PIG.

A22. Qualification de l'état et de la qualité des protections en place

Il est rare qu'une protection évolue d'une façon uniforme sur l'ensemble de l'ouvrage. Il y a toujours, par exemple, une face plus au sud que l'autre et donc plus exposée aux UV. Il y a également toujours une face plus exposée aux vents dominants et donc aux intempéries...

Pour une protection donnée, il faut donc commencer par évaluer visuellement l'importance de l'hétérogénéité des dégradations constatées. Par exemple, on constate que le système de protection des parties structurales d'un ouvrage a évolué selon quatre grands modes :

- aucune évolution sur les surfaces protégées (faces nord non exposées aux UV, hors vents dominants et non condensantes),
- farinage important des mêmes surfaces protégées (hors vents dominants et non condensantes), mais exposées aux UV,
- dégradations intrinsèques du feuillet par décollements sur les surfaces exposées aux vents dominants,
- et enrrouillement des surfaces condensantes.

À partir d'une telle constatation, on peut, ensuite, qualifier d'une façon plus « quantitative » la dégradation du système pour chacun des quatre cas ci-dessus. Cette qualification fait l'objet du présent chapitre.

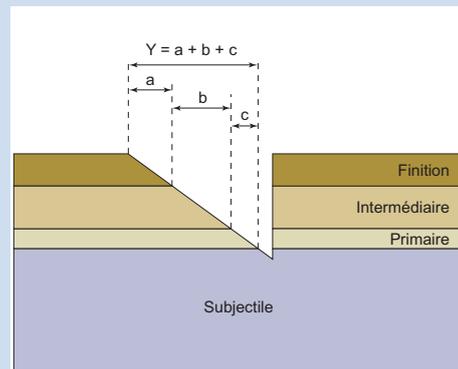
Qualification visuelle de la dégradation d'un feuillet de peinture

La qualification visuelle des principaux défauts de peinture liés à un vieillissement du feuillet peut être réalisée en utilisant la norme 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*).

Cette norme comporte six parties utilisables pour une visite de reconnaissance :

- partie 1 : Introduction générale et système de désignation,

Figure 1 – PIG
Nombre et épaisseur des couches



- partie 2 : Évaluation du degré de cloquage,
- partie 3 : Évaluation du degré d'enrouillement,
- partie 4 : Évaluation du degré de craquelage,
- partie 5 : Évaluation du degré d'écaillage,
- partie 6 : Évaluation du degré de farinage par la méthode du ruban adhésif.

La partie 1 est le « chapeau » de la norme. Elle introduit un système général pour décrire de manière standardisée les types de défauts et pour déterminer leur intensité, quantité et taille.

La cotation se fait sur une échelle de 0 (*aucun défaut ou défaut invisible*) à 5 (*quantité ou dimension telle qu'aucune classification supplémentaire n'a de signification pratique*).

Deux types de défaut sont définis :

- les défauts ou détériorations uniformes tel que le farinage dont l'intensité est exprimée par un seul chiffre (de 0 à 5),
- les défauts dispersés tels que le cloquage, l'enrouillement, le craquelage et l'écaillage qui sont décrits par deux chiffres, l'un exprimant la dimension et l'autre la quantité.

À titre d'exemple, la figure 2 ci-après montre les clichés de référence pour le cloquage (4628-2) de dimension (S4) et pour les quantités 2, 3, 4 et 5. La

surface ayant l'aspect de la photo en haut, à droite, sera qualifiée en « cloquage 3 (S4) ».

La partie de la norme sans doute la plus utilisée est la partie 3 concernant le degré d'enrouillement dont l'importance est exprimée en terme de pourcentage d'aire rouillée allant de 0 % (« Ri 0 ») à 40/50 % (« Ri 5 »). Le degré « Ri 3 » (souvent considéré comme état d'enrouillement à partir duquel il faut entretenir avec mise à nu de l'acier) correspond à un pourcentage d'enrouillement de 5 %.

Il n'est pas question ici de développer tous les détails de cette norme. Il est, par contre, important

de souligner que son utilisation est intéressante car elle permet d'exprimer la dégradation d'une façon normalisée donc compréhensible par une autre personne que le spécialiste ayant réalisé la visite. Une bonne maîtrise de cette norme par ce spécialiste est donc indispensable.

Il faut également signaler qu'il existe de nombreux autres défauts d'un feuillet de peinture. Il faut alors essayer d'en expliquer l'origine et d'en évaluer la dangerosité en terme de perte de protection ou de perte de la fonction recherchée pour cette protection.

Ainsi, la norme NF EN ISO 4628 décrit cinq défauts d'altération d'un feuillet de peinture découlant de son exposition dans le milieu dans lequel il se trouve. Mais parmi ces cinq défauts, le cloquage, l'enrouillement, le craquelage et l'écaillage diminuent les capacités de protection du feuillet alors que le farinage n'en altère que l'aspect. Il est facile de comprendre que l'urgence des travaux d'entretien et les techniques possibles pour ceux-ci peuvent ne pas être les mêmes.

Pour la description des défauts et des altérations du feuillet de protection, il convient donc de distinguer entre :

- les altérations découlant de l'exposition au milieu ambiant (donc évolutifs) et diminuant les capacités de protection anticorrosion : enrouillement, cloquage, craquelage, écaillage... mais aussi : exfoliation, lézardes, friabilité, faïençage, pelage...
- les altérations découlant de l'exposition au milieu ambiant mais n'altérant pas ses capacités de protection (altération de l'aspect et de couleur) : farinage... mais aussi : blanchiment, marbrure, moirure...
- les altérations dues à des défauts initiaux (donc susceptibles de ne pas évoluer) : floculation,

Figure 2 – NF EN ISO 4648-2 dimension (S4) – quantités 2, 3, 4 et 5

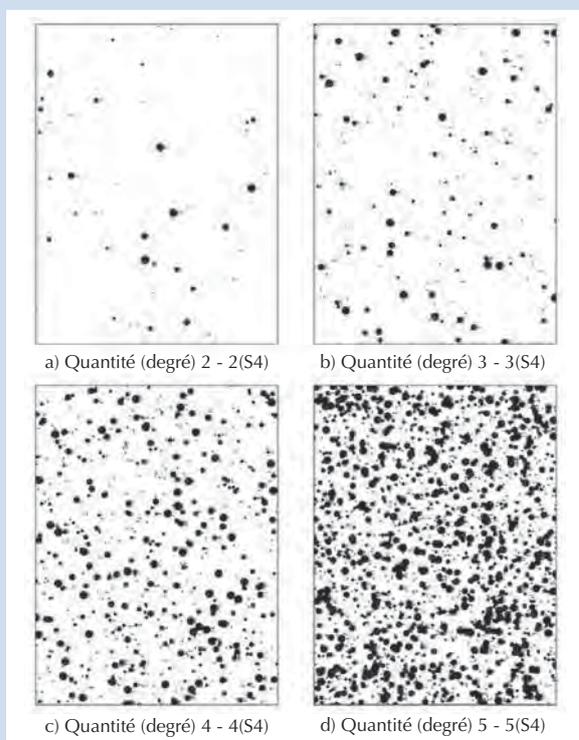


Figure 3 – Quelques exemples de défauts à caractère évolutif



Figure 3.1 – Cloquage osmotique



Figure 3.2 – Décollements



Figure 3.3 – Pelage



Figure 3.4 – Enrouillement sous-jacent



Figure 3.5 – Faïençage



Figure 3.6 – Manque

Figure 4 – Quelques exemples de défauts à caractère non évolutif



Figure 4.1 – Coulures



Figure 4.2 – Frisage



Figure 4.3 – Peau d'orange

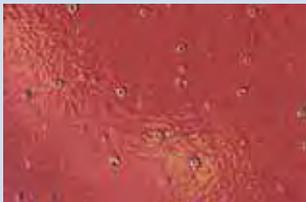


Figure 4.4 – Pinholes (n'atteignant pas l'acier)



Figure 4.5 – Bullage



Figure 4.6 – Pulvérisation sèche (« overspray »)

traces d'eau, bullage, frisage, coulures, saignement, pulvérisation sèche (« overspray »), piquûres (« pinholes »), peau d'orange... ainsi que celles dues à des dommages non susceptibles d'évolution : brûlure, manque, impact, ragage, rayure....

Pour leur quantification, on peut essayer d'utiliser la logique de la norme NF EN ISO 4628, mais une photo sera bien souvent plus « parlante ».

Les figures 3 et 4 montrent (d'une façon non exhaustive) des défauts caractéristiques. On a essayé de les classer en « évolutifs » et « non évolutifs ». L'attention est toutefois attirée sur le fait qu'un même défaut peut être évolutif ou non suivant son importance. Par exemple, une « pinhole » (piquûre), défaut initial se formant lors de la formation du feuillet, peut être évolutive ou non selon qu'elle atteint ou non le substrat métallique. Dans le cas où elle l'atteint, on a alors affaire à une porosité détectable par le test électrique à l'éponge humide par exemple (cf. paragraphe ci après).

Mesure des épaisseurs résiduelles

L'épaisseur résiduelle est, évidemment, une donnée importante à acquérir. Nous avons vu au paragraphe ci dessus « Composition des systèmes en place » que l'utilisation d'un appareil du type « PIG » permettait d'y accéder couche par couche.

Mais cet essai est destructif et relativement long à mettre en œuvre par rapport aux appareillages de mesure non destructifs des épaisseurs basés sur le flux ou l'induction magnétique. Ces types d'appareillages sont bien connus et largement utilisés pour les contrôles d'application.

Il est donc intéressant de les utiliser pour :

- avoir une idée de la dispersion des épaisseurs résiduelles d'un système de protection sur une surface dont l'aspect est à peu près homogène,
- détecter rapidement et simplement une hétérogénéité de la protection de cette surface. Il peut s'agir, par exemple, d'une zone qui aurait déjà été entretenue par décapage des surfaces oxydées et maintien des surfaces saines. La mesure des épaisseurs avec un appareil non destructif permet de détecter très rapidement un tel cas de figure qui pourrait très bien ne pas être ressorti ni des archives ni de la simple observation visuelle. Une telle zone une fois détectée, il faut ensuite confirmer et préciser la composition des systèmes en place en utilisant un appareillage destructif du type PIG... en évitant, évidemment, de répéter cette opération trop souvent pour ne pas détruire le système de protection en place.

Évaluation de l'adhérence, de la cohésion et de la friabilité

Un feuillet de peinture peut ne présenter aucun défaut à l'observation visuelle et pourtant ne plus avoir d'adhérence au substrat et/ou de cohésion interne et/ou être devenu friable.

Si la friabilité est toujours indicatrice d'une altération du feuillet due au vieillissement et au milieu ambiant (donc à caractère évolutif), il n'en va pas de même pour un défaut d'adhérence ou de cohésion interne. Ces derniers défauts peuvent être dus au vieillissement (évolutif), mais aussi à des problèmes d'application et donc être présents dès l'origine. Dans ce cas, il n'y a pas de caractère évolutif sauf, évidemment, s'il y a une agression mécanique.

Figure 5
Essai de quadrillage



Figure 6
Essai de traction



Mais dans tous les cas, il faut évaluer ces propriétés car même si la durabilité n'est pas forcément atteinte, elles influencent directement la conduite de l'essai préalable de décapage et les orientations sur les techniques envisageables pour l'entretien.

Ainsi, une grande friabilité de la totalité du système en place (jusqu'au subjectile) ou une adhérence au subjectile très faible voire inexistante, empêche un entretien par avivage. Il sera donc inutile d'envisager cette possibilité pour l'essai préalable de décapage. Par contre, la même friabilité ou mauvaise adhérence, mais de la couche de finition uniquement n'empêche pas, *a priori*, la possibilité d'un avivage et le besoin d'évaluer sa faisabilité par l'essai préalable de décapage.

On voit donc, au moyen de cet exemple, la nécessité d'évaluer les qualités d'adhérence, de cohésion et de friabilité.

On dispose, pour ce faire, de deux essais :

- l'essai de quadrillage (NF EN ISO 2409) utilisable pour des revêtements d'épaisseur $\leq 250 \mu\text{m}$,
- l'essai de traction (NF EN ISO 4624) utilisable pour toutes les épaisseurs de revêtement.

L'essai de quadrillage consiste à réaliser six incisions parallèles du feuillet jusqu'au subjectile, puis six autres perpendiculaires aux premières (Fig. 5). Les incisions sont espacées de 1 à 3 mm selon l'épaisseur du feuillet. On délimite ainsi vingt-cinq carrés dont le comportement est examiné après application puis arrachement d'un ruban adhésif.

Le résultat est noté de 0 (aucun carré ne se détache) à 5 (détachement de la quasi-totalité du feuillet). La norme comporte des clichés comme aide à cette notation.

Il faut noter que de nombreux spécialistes considèrent que la grandeur évaluée par cet essai n'est pas une « adhérence », mais une sorte de « friabilité » et préféreraient utiliser l'expression « résistance au quadrillage »... **On considère, généralement, que l'adhérence ou la résistance au quadrillage d'un feuillet mesurée selon cette méthode est satisfaisante si la note obtenue est égale ou inférieure à 2. Mais il convient de noter, également, le niveau de détachement des carrés car, comme il a déjà été dit ci dessus, un détachement au niveau du subjectile n'a pas la même « valeur » qu'un détachement « superficiel ».**

Les résultats pouvant être dispersés, il faut réaliser plusieurs essais par zone considérée comme homogène... mais l'essai étant également destructif, on ne multipliera pas ce type d'essai à l'infini !

Quand l'épaisseur du feuillet est trop importante pour réaliser un essai de quadrillage, on réalise *l'essai de traction* selon la norme NF EN ISO 4624 (Fig. 6). L'attention est attirée sur le fait que de nombreux facteurs influencent le résultat de cet essai (conditions climatiques, épaisseur (et donc rigidité) de la tôle, type de colle, type du matériel de traction, « coup de main » de l'opérateur...) et qu'il est au moins absolument nécessaire de respecter certaines dispositions de la norme telles que :

- la vitesse de montée en traction (vitesse inférieure à 1 MPa/s) et qui doit fournir une rupture après 90 s au maximum,
- la direction de la force de traction parfaitement perpendiculaire au plan du subjectile, sans aucun moment de flexion.

De façon évidente, cet essai est réservé à des techniciens expérimentés aussi bien pour sa réalisation que pour son interprétation. Comme pour le quadrillage, il donne des résultats assez dispersés ce qui oblige à en réaliser plusieurs par zone homogène... mais sans trop les multiplier, cet essai étant destructif.

Il y a, sur le marché, de nombreux appareillages adaptés à la mesure sur site et se différenciant entre eux par le mode de traction essentiellement : appareillages mécaniques, pneumatiques, hydrauliques... avec commande manuelle ou motorisée... Il est considéré que ces différents appareillages donnent des résultats pouvant être très différents.

Pour le type d'appareillage adapté à la mesure sur site et le plus utilisé en France (appareillage mécanique manuel) **on considère que la force minimale de rupture à la traction pour avoir une adhérence suffisante est de 1,5 MPa. Mais, comme pour le quadrillage, l'observation du mode de rupture est aussi importante que sa valeur brute.** Il a déjà été dit plusieurs fois que la conduite de l'essai préalable de décapage et les orientations sur les techniques envisageables pour l'entretien pouvaient dépendre du mode de rupture du système de protection en place : rupture adhésive au subjectile ou rupture adhésive/cohésive interne au système.

Évaluation de l'étanchéité – détection des porosités

Dernier outillage pouvant être utile à la qualification de l'état et de la qualité des protections en place : le détecteur de porosité basse tension, couramment connu sous le terme « d'éponge humide ».

Le document ASTM D 5162 décrit deux types d'appareillage pour la détection des porosités d'un feuil de peinture :

- pour les feuil épais ($\geq 500 \mu\text{m}$) : détecteur de porosités haute tension dite « balai électrique »,
- pour les feuil minces ($< 500 \mu\text{m}$) : détecteur de porosité basse tension » dite « éponge humide » (Fig. 7).

Pratiquement, les épaisseurs des systèmes de peinture appliqués sur les ouvrages d'art métalliques étant toujours inférieures (ou voisines) de $500 \mu\text{m}$, nous n'évoquerons ici que la méthode basse tension qui, de plus, a l'avantage de ne pas être destructive contrairement au balai électrique.

Le principe de cet appareil consiste à détecter un court-circuit entre un point du subjectile métallique conducteur (acier ou zinc) et une porosité

Figure 7 – Détecteur électrique de porosités
Appareillage « Éponge humide »



par le passage d'une éponge humide. Pour les détails de mise en œuvre de cette méthode, on se reportera au document ASTM D 5162 ou aux références bibliographiques 12 et 13.

Cet appareillage est utile pour :

- détecter rapidement des micro porosités trop petites pour être vues facilement à l'œil nu,
- savoir si une porosité visible atteint ou non l'acier.

Par exemple, une surface révèle un début faible d'enrouillement (Ri 1) sur certaines parties de cette surface (les plus exposées). Le système de peinture ne révèle pas d'autre défaut et s'avère bien adhérent (note 0 au quadrillage). Mais l'exploration à l'éponge humide (confirmée ensuite par une observation à la loupe) montre un feuil non étanche dans les zones légèrement enrouillées comme dans celles ne présentant aucun enrouillement. Il est alors facile de comprendre que cet enrouillement est évolutif et qu'il faut envisager rapidement une opération d'entretien.

A23. Évaluation de l'étendue et de la répartition des dégradations

Importance de la répartition uniforme ou localisée des défauts et altérations sur l'ouvrage

Il a été dit, au début du § A22, qu'il fallait commencer par évaluer visuellement l'importance de l'hétérogénéité des dégradations constatées. La répartition « géographique » d'un type de dégradation sur l'ouvrage va effectivement influencer fortement le mode de réparation correspondant à ce type de dégradation.

Ainsi, le même paragraphe A22 donne un exemple subdivisant en 4 les surfaces d'un ouvrage selon leur état :

- les surfaces protégées n'ayant pas du tout évolué et sur lesquelles on pourrait ne pas du tout intervenir,
- les surfaces uniquement exposées aux UV, dont la seule évolution est un farinage (ne mettant pas en cause la durabilité de la protection anticorrosion), sur lesquelles on ne pourrait envisager qu'une intervention de type « cosmétique »,
- les surfaces exposées aux vents, présentant des décollements de la couche de finition et sur lesquelles il pourrait être envisagé, compte tenu de l'évaluation faite de leur état, une reconstitution du système de protection par avivage et application de tout ou partie d'un système de maintenance,
- et, enfin, les surfaces les plus exposées (vents, embruns, condensation...), enrouillées (plus que « Ri 2 ») qu'il faut réparer par une reconstitution

complète d'un système de protection après mise à nu des surfaces.

Imaginons, maintenant, qu'un tel constat ait été effectué d'une part sur une structure simple comme la structure mixte bi-poutre de la figure 8 et, d'autre part, sur une structure plus compliquée telle que l'arc avec poutres treillis rivetées de la figure 9.

Dans le premier cas, les zones enrouillées sont limitées aux intrados des semelles supérieures et inférieures des poutres et des entretoises. Les décollements de la finition ne se présentent que sur l'extérieur de l'âme de la poutre du côté des vents dominants et le farinage que sur la partie inférieure de l'extérieur de l'âme de l'autre poutre, exposée sud donc aux UV. Toutes les autres surfaces sont intactes.

On a donc affaire, dans ce cas, à des altérations localisées sur des surfaces bien définies de l'ouvrage.

Compte tenu de cette localisation, les travaux envisagés sont :

- décapage avec mise à nu des aciers de l'intrados des semelles supérieures et inférieures des poutres et des entretoises puis application d'un système complet de protection,
- avivage de l'extérieur des deux poutres et application de la seule finition du même système,
- pas d'intervention sur les autres surfaces.

Cette hypothèse de travaux dirige la conduite de l'essai préalable de décapage qui devra évaluer, notamment, la faisabilité de l'avivage sur l'extérieur des poutres.

Bien que la pathologie soit la même (quatre états de surface), la situation est très différente pour le second cas de la structure en arc (Fig. 9). En effet, du fait de la structure, les surfaces condensantes (enrouillées) sont nombreuses et dispersées. Les poutres en treillis laissent le vent atteindre toutes les surfaces dirigées vers l'ouest (vents dominants) y compris celles situées à l'intérieur de l'ouvrage et donc des décollements de la couche de finition interviennent en de nombreux endroits... bref, on a affaire à une répartition uniforme et aléatoire des dégradations sur l'ouvrage et il n'est pas possible, comme pour le premier cas, de localiser tel type de dégradation (et donc tel mode de réparation) à telle ou telle partie de l'ouvrage.

Pour ce second cas, le pourcentage de surfaces enrouillées étant assez important (estimé à plus de 10 %) et celles-ci étant dispersées sur l'ouvrage, le seul mode envisagé de travaux est le décapage

Figure 8
Structure mixte bi-poutre



Figure 9
Structure arc avec poutres treillis



complet (« primaire ») et l'application d'un nouveau système de protection. Dans ce cas, l'essai préalable de décapage visera principalement à caractériser la dangerosité du seul déchet de décapage correspondant au mode envisagé de travaux.

On voit, à travers ces deux exemples, qu'il est important de bien caractériser la répartition (uniforme ou localisée) des dégradations constatées car celle-ci conditionne bien souvent les modes de travaux envisageables.

Définition des « ZPVG » - Zones de Perception Visuelle Globale

Le fascicule 56 du CCTG introduit la notion de « ZPVG », Zone de Perception Visuelle Globale (article 1.5.2.). L'évaluation du respect de la garantie (anticorrosion, aspect, couleur) est faite par rapport aux ZPVG qui sont définies dans le CCTP.

Il s'agit d'une notion complètement nouvelle au moment de la publication de ce CCTG (2004) qu'il va falloir apprendre à utiliser.

Pour la définition de ces ZPVG, le fascicule 56 conseille, d'une part, de rester simple et, d'autre part, de tenir compte des conditions d'exposi-

tion. On voit bien là l'importance de celles-ci sur le comportement d'un système de protection et donc sur la garantie.

L'état d'un système de protection analysé lors de la visite d'un ouvrage, permet d'accéder aux conditions réelles d'exposition de cet ouvrage. Cette visite doit donc être l'occasion de donner quelques indications sur ce que devra être la définition des ZPVG pour les éventuels travaux de protection à venir.

A3. Détermination de la corrosivité d'un site

La corrosivité du site où se trouve l'ouvrage est une donnée fondamentale pour le choix du système de protection. La sous-estimer conduit inévitablement à une diminution sensible de la durabilité de ce système.

Tableau III – Corrosivité atmosphérique – extrait de NF EN ISO 12944-2

Catégorie de corrosivité	Perte de masse par unité de surface/Perte d'épaisseur (première année d'exposition)				Exemples typiques d'environnement en climat tempéré (information)	
	Acier bas-carbone		Zinc		Extérieur	Intérieur
	Perte de masse (g/m ²)	Perte (µm) d'épaisseur	Perte de masse(g/m ²)	Perte (µm) d'épaisseur		
C2 - faible -	10 à 200	1,3 à 25	0,7 à 5	0,1 à 0,7	Bas niveau de pollution et climat sec. Zones rurales surtout	Immeubles non chauffés avec condensation possible (dépôts, salles de sports...)
C3 - moyenne -	200 à 400	25 à 50	5 à 15	0,7 à 2,1	Atmosphères urbaine et industrielle. Pollution modérée en SO ₂ . Zones côtières avec faible salinité	Unités de production avec humidité élevée et air pollué. Ex: usines agro-alimentaires, blanchisseries, brasseries, laiteries
C4 - élevée -	400 à 650	50 à 80	15 à 30	2,1 à 4,2	Zones industrielles et zones côtières avec salinité normale	Usines chimiques, piscines, chantier naval...
C5M - très élevée - (marine)	> 650 à 1500	> 80 à 200	> 30 à 60	> 4,2 à 8,4	Zones côtières et maritimes à salinité élevée	Bâtiments ou zones avec une condensation permanente et avec une pollution élevée

Si la visite de reconnaissance montre des surfaces avec une corrosion anormale, ne pouvant pas s'expliquer par une application défectueuse (défauts initiaux) ni pas des sollicitations particulières (zones de battillage, d'abrasion etc.) et intervenant nettement avant la fin normale de la durée de vie escomptée du système de protection, il faut alors se poser la question de la bonne adéquation entre le choix de ce système et la corrosivité réelle du site de l'ouvrage.

Cette corrosivité peut avoir évolué dans le temps ou avoir été, pour différentes raisons, mal estimée à l'origine.

La corrosivité atmosphérique d'un site s'exprime, selon les normes ISO 9223 et NF EN ISO 12944-2, en terme de perte annuelle d'acier ou de zinc (tableau III).

La détermination de la corrosivité d'un site est effectuée selon la norme ISO 9226 qui consiste à mesurer la perte de masse d'éprouvettes en acier et en zinc exposées *pendant un an* sur le site à étudier.

Cette durée d'un an montre l'intérêt d'installer les éprouvettes de mesure dès la visite de reconnaissance si la détermination de la corrosivité réelle du site de l'ouvrage s'avère nécessaire. Cela permettra de pouvoir préciser cette donnée importante dans le DCE sans être pris par le temps.

*
* *

A4. Le compte rendu de visite. Premières orientations vers l'entretien et l'essai préalable de décapage

Comme il a été dit au début de ce chapitre, les objectifs de la visite de reconnaissance sont, d'une part, de faire le diagnostic de l'état de la protection et, d'autre part, de donner quelques orientations préalables sur le besoin d'un entretien et sur les techniques envisageables pour cet entretien.

La nécessité d'un entretien doit se baser sur l'importance des dégradations constatées, leur caractère évolutif ou non et, bien évidemment, sur le fait qu'elles puissent mettre en cause la pérennité et la solidité de l'ouvrage !

Nous verrons, au chapitre suivant, que la décision d'un entretien déclenche l'essai préalable de décapage. La conduite de cet essai est différente selon les techniques d'entretien et plus particulièrement selon le fait qu'il s'avère envisageable ou non de conserver une partie du système de protection en place (décapage « secondaire » par avivage).

Donc, si un entretien est conseillé, il est nécessaire que le compte rendu de la visite préalable de l'ouvrage précise la possibilité éventuelle d'un décapage secondaire afin que l'essai préalable soit organisé pour en vérifier la faisabilité.

Chapitre

B

***Essai préalable
de décapage***



B1. Objectifs de l'essai préalable de décapage

Après la visite de reconnaissance, l'essai préalable de décapage mis en oeuvre sur toutes les zones susceptibles d'être remises en peinture consiste à déterminer (Fig. 10, 11 et 12) :

- la faisabilité du décapage et le type de technique de préparation de surface ;
- les éventuelles incompatibilités avec les vieux fonds de peinture maintenus ;
- la dangerosité des résidus de décapage, en conformité avec la réglementation en vigueur.

Toutes ces informations servent de support à la rédaction du document de consultation des entreprises (DCE), selon les recommandations de l'annexe 4 du fascicule n° 56 du CCTG.

B2. Opérations préalables à la programmation de l'essai

Pour assurer une efficacité maximale dans la pertinence de cet essai préalable de décapage, il est recommandé au gestionnaire de l'ouvrage de prendre en compte toutes les dispositions particulières liées à ce type de travaux.

Tout d'abord, il doit s'assurer de la mise en application des décisions :

- des réunions antérieures,
- du compte rendu de la visite de reconnaissance.

Dans un second temps, il doit déclencher des actions (si nécessaire) concernant :

- les autorisations d'accès sur le site ;
- dans l'hypothèse où l'ouvrage est situé au-dessus ou à proximité d'un cours d'eau ou de la mer, les autorisations dont les régimes et procédures sont définis dans la loi sur l'eau¹ et ses décrets d'application² ;

- les conditions d'accès sur le site et d'installation de chantier en prenant en compte les problèmes d'exploitation de l'ouvrage, de sécurité du personnel et de protection de l'environnement cela faisant l'objet de la fourniture d'un plan de prévention ;

- le nettoyage de l'ouvrage, préférentiellement dans les zones de décapage ;

–

Parallèlement, il doit s'adjoindre un spécialiste, de préférence certifié inspecteur ACQPA / FROSIO ou équivalent, ayant pour mission, en liaison avec l'entreprise d'application, de :

- suivre l'exécution du chantier de décapage ;
- rechercher les différents degrés de décapage en maîtrisant les conditions de mise en œuvre ;
- récupérer des échantillons de déchets de décapage pour des analyses dans un laboratoire spécialisé ;
- déterminer le code approprié de chaque déchet ;
- dresser un rapport.

Enfin, il doit passer commande à une entreprise d'application pour laquelle il est recommandé que les opérateurs soient certifiés ACQPA niveau N2 ou équivalent pour l'option « Préparation de surface », ayant pour mission de :

- mettre en place les dispositions matérielles d'installation de chantier,
- réaliser l'essai préalable de décapage ;
- de respecter le plan de prévention et les modalités du schéma d'organisation et de gestion des déchets (SOGED)³.

Ces travaux entrent dans le cadre d'une prestation avec paiement sur facture.

B3. Exécution de l'essai

Afin d'éviter une évolution marquée de la qualité de la protection anticorrosion entre l'essai préalable de décapage et le début des travaux de remise en peinture, cet essai doit être réalisé le plus tôt possible avant la rédaction du document

1. Loi n° 92.3 du 03.01.1992.

2. Décrets d'application n° 93.742 et 93.743 du 29.03.1993.

3. La prise en compte des déchets de chantier dans les marchés publics, DDE Haute-Savoie, Guide à destination des maîtres d'ouvrage publics et de leurs maîtres d'œuvre, Juillet 2002.

de consultation des entreprises et avec des conditions climatiques permettant une bonne application des produits.

Les différentes données de la visite de reconnaissance de l'ouvrage et, notamment, l'établissement de l'état et de l'efficacité résiduelle de la ou des protection(s) en place, ont permis de proposer une ou plusieurs méthodes possibles d'entretien. En effet, les zones de perceptions visuelles globales (ZPVG) peuvent présenter des défauts différents (enrouillement, décollements, etc.) selon leurs localisations sur un même ouvrage.

Il s'agit maintenant de valider ces conclusions en observant le comportement de la protection existante soumise à l'impact d'une projection d'abrasif ou éventuellement de l'eau sous haute pression (de 70 à 170 MPa) ou ultra haute pression (supérieure à 170 MPa). Les zones testées doivent, évidemment, être représentatives de l'ensemble de l'ouvrage.

Étant donné la diversité de situations envisageables sur un chantier, l'entreprise doit disposer d'un équipement de décapage permettant de tester tous les cas possibles, par exemple :

- une sableuse réglable (consommation d'abrasif, qualité d'abrasif, vitesse de projection...);
- des flexibles suffisamment longs pour atteindre toutes les zones suspectes ;
- une gamme d'abrasifs de différentes granulométries, aussi bien pour un décapage complet qu'un avivage ;
- du matériel pour récupérer les résidus de décapage ;
- du primaire d'un système de peinture, certifié ACQPA ou équivalent, pour travaux de maintenance ;
- du matériel nécessaire à l'application.

À ce stade, deux techniques sont possibles :

- le **décapage complet** de la protection anticorrosion pour obtenir un acier blanc de degré Sa 3 ou Sa 2 ½ selon la norme NF EN ISO 8501-1 ;
- le décapage léger ou **avivage**⁴ pour obtenir une surface peinte propre et rugueuse apte à recevoir une partie d'un système de protection.

Enfin, il est important de rappeler que :

- ces deux techniques peuvent être testées sur le même ouvrage dans différentes zones ;

- le spécialiste doit s'assurer que l'opérateur est compétent pour mener à bien des avivages car le résultat de cette technique dépend considérablement de son savoir-faire.

B31. Décapage complet

Dans le cas d'un décapage complet (décapage « primaire » selon la norme NF EN ISO 12944-4), les dispositions techniques doivent être réglées pour une élimination intégrale du revêtement en place. Après validation par le spécialiste de la qualité de l'état de surface admissible (obtention du degré de soin, de la rugosité et de la propreté requis), il s'agit de noter les paramètres qui influencent l'efficacité du décapage :

- désignation et complexité des surfaces (croisillons, cornières ...);
- nature et état de la protection de ces mêmes surfaces ;
- méthode de décapage ;
- consommation en abrasif (kg/m²) en précisant la nature et la granulométrie ;
- autres caractéristiques pertinentes du décapage (pression, distance au projectile, rendement, type de buse, ...).

Dans un second temps, il est fortement conseillé de tester l'accrochage de la couche primaire d'un système certifié ACQPA ou équivalent pour travaux de maintenance, adapté à une application sur acier décapé. En effet, certains procédés de décapage, cités par la norme NF EN ISO 12944-4, délivrent une préparation de surface de moindre qualité que celle obtenue par une projection d'abrasif à sec, et qui n'est pas toujours compatible avec un système de peinture certifié ACQPA ou équivalent.

Si le système envisagé est un système certifié ACQPA ou équivalent pour travaux neufs, la question du choix du primaire est encore plus importante ; on évitera les peintures riches en zinc (PRZ).

B32. Avivage

Si les conclusions de la visite de reconnaissance conduisent à envisager un décapage léger (décapage « secondaire » selon la norme NF EN ISO 12944-4), il faut vérifier que l'avivage de la protection en place (qui a pour but de nettoyer et d'éli-

4. Remise en peintures des ouvrages métalliques anciens, ECHELLES D'AVIVAGE, Guide technique du LCPC, Nov. 1993.

miner sélectivement les peintures mal adhérentes ainsi que de conférer une rugosité permettant l'accrochage des couches suivantes) ne perturbe pas l'ancien fond de peinture que l'on envisage de maintenir.

En effet, il peut arriver que cet avivage superficiel des couches saines, ne permette pas de conserver effectivement ces dernières par manque de cohésion interne et, par conséquent, remette en cause le principe des travaux envisagés initialement. Il faut éviter d'arriver à cette conclusion après passation d'un marché rédigé sur la base d'une hypothèse différente (Fig. 13, 14 et 15).

Pour détecter une telle perturbation d'un fond avivé ainsi qu'une éventuelle incompatibilité de celui-ci avec les peintures de recouvrement, on doit procéder à l'application d'une couche de peinture de la même famille (au sens de la norme NF T 36005 Peintures et vernis – Classification des peintures, vernis et produits connexes – Septembre 1989) et sensiblement de la même épaisseur que la couche primaire du système de maintenance qu'il est envisagé d'appliquer.

Au minimum deux semaines après cette application (mais le délai nécessaire peut être plus long, notamment en cas de température basse), l'observation visuelle du comportement de l'ensemble (absence de défaut de type bullage, détrempe, etc.) et la réalisation d'essais tels que la résistance au

quadrillage (NF EN ISO 2409) ou à la traction (NF EN 24624) permettent au conducteur d'opération de se prononcer sur la faisabilité de l'avivage et sur d'éventuelles incompatibilités avec les vieux fonds maintenus.

En complément des paramètres qui influencent l'efficacité du décapage (cités au paragraphe B31), il est important de conserver :

- les clichés photographiques couleurs des degrés de soin atteints ;
- la mesure du profil de rugosité de surface ;
- les résultats de la résistance au quadrillage et à la traction, du système de peinture certifié ACQPA ou équivalent pour travaux de maintenance, adapté à la préparation de surface.

B4. Gestion des déchets

Avant la rédaction du dossier de consultation des entreprises (DCE), il est conseillé au maître d'ouvrage de procéder à un « diagnostic déchet » et de réfléchir sur le contenu du schéma d'orga-

Déroulement d'un essai préalable de décapage



Figure 10 – Choix de la zone à décapage



Figure 11 – Protection de l'ouvrage



Figure 12 – Essai de décapage

Exemples d'aspects d'une surface après avivage



Figure 13 – Avivage d'un système avec primaire minium



Figure 14 – Idem à la figure 13 mais avec des points singuliers



Figure 15 – Avivage finition/intermédiaire d'un système 3 couches caoutchouc chloré

nisation et de gestion des déchets (SOGED), afin de :

- identifier la nature des déchets susceptibles d’être produits (nature et quantités estimés) ;
- être sensibilisé sur les méthodes qui seront employées pour ne pas mélanger les déchets ;
- prévoir les moyens de contrôle, de suivi et de traçabilité des déchets ;
- clarifier le rôle et les responsabilités des différents intervenants du chantier ;
- estimer l’impact financier des dispositions envisageables.

Mais la pertinence de cette étude repose principalement sur le respect de la législation en vigueur.

B41. Contexte législatif et réglementaire

Étant donné que les textes législatifs et réglementaires concernant les déchets évoluent régulièrement, ce chapitre ne présente que les documents de référence et les commentaires associés, à prendre en compte actuellement. Dans le cas de nouveaux chantiers de remise en peinture, il faudra initialement s’assurer que ces documents restent en vigueur et connaître la portée des modifications éventuelles.

B41a. Textes généraux sur les déchets

Textes de référence

- Européen⁵
- Français^{6, 7}

Circulaire

Circulaire du 15 février 2000 relative à la planification de la gestion des déchets de chantier du bâtiment et des travaux publics (BTP) – NOR : ATEP9980431C (BO/MATE n° 2000-03 du 20/02/03)

Site internet

www.environnement.gouv.fr

5. Directive 75/442/CEE du conseil du 15 juillet 1975 relative aux déchets modifiée en dernier lieu par la décision 96/350/CE de la commission.

6. Loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 relative à l’élimination des déchets et à la récupération des matériaux (JO du 16 juillet 1975).

7. Loi n° 92-646 du 13 juillet 1992 relative à l’élimination des déchets et à la récupération des matériaux ainsi qu’aux installations classées pour la protection de l’environnement (JO du 16 juillet 1992).

Commentaires

Le maître d’ouvrage doit s’assurer de la récupération et du traitement des résidus de décapage, dès l’établissement de son projet de remise en peinture. Même s’il peut déléguer certaines opérations, il reste responsable du déchet jusqu’à son élimination finale.

B41b. Détermination de la dangerosité des déchets

Textes de référence

- Européen⁸
- Français⁹

Déchets industriels banals (DIB) = Déchets non dangereux, non inertes, non toxiques produits par les industries, les commerces, les artisans et les services.

Déchets industriels spéciaux (DIS) = Déchets dangereux qui nécessitent un traitement spécial et une collecte par des organismes spécialisés.

Commentaires

Le **catalogue européen des déchets** (CED ou EWC) établit une liste officielle de déchets, destinée à être révisée régulièrement, et de référence commune à tous les états membres de l’Union Européenne. Il précise également, dans l’article 2, toutes les caractéristiques qui permettent de classer certains déchets comme dangereux lorsque des concentrations de certaines substances (toxiques, corrosives, irritantes, cancérigènes, toxiques pour la reproduction ou autres) sont supérieures à une limite fixée.

À partir de ce document, un détenteur peut alors identifier la codification et la catégorie de ces déchets, puis se référer aux textes juridiques et législatifs s’y rapportant. Cette nomenclature permet à tous les acteurs concernés par l’élimination d’avoir un langage commun et d’éviter des défaillances techniques, administratives ou réglementaires tout au long du cycle de l’élimination.

Le tableau IV recense les déchets générés dans un chantier de remise en peinture, identifie leurs codes selon la classification réglementaire des déchets, et précise le responsable chargé de l’élimination.

8. Décision de la commission 2001/118/CE du 16 janvier 2001 (Journal officiel des Communautés européennes L.047 du 16 février 2001).

9. Décret n° 2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets (NOR : ATEP0190045D – JO n° 93 du 20 avril 2002).

B41c. Transport des déchets

Bordereau de suivi des déchets industriels : BSDI

CERFA 07-0320

Textes de référence

Article 8 de la loi n° 75-633 du 15 juillet 1975 modifiée

Décret n° 77-974 du 19 août 1997 relatif aux informations à fournir à l'administration au sujet des déchets générateurs de nuisances (JO du 28 août 1977)

Arrêté du 4 janvier 1985 relatif au contrôle des circuits d'élimination des déchets générateurs de nuisances (JO du 16 février 1985)

Circulaire

Circulaire DPR/SEI n° 4311 du 30 août 1985 relative aux installations de tri et de transit (JO du 17 décembre 1985)

Commentaires

Cette réglementation oblige le maître d'ouvrage à :

1. tenir informer l'administration en remplissant systématiquement un bordereau de suivi pour toutes les familles de déchets ;

2. ne faire intervenir dans le cycle d'élimination que des professionnels agréés.

B41d. Choix de la filière d'élimination

Le traitement des déchets repose sur trois modes d'élimination, choisis non seulement selon des critères techniques (nature, origine, volume, etc.), mais également selon le meilleur compromis technico-économique local :

1. le recyclage. Cette solution est considérée comme prioritaire par les pouvoirs publics mais les filières de valorisation rentables n'existent pas actuellement pour des résidus de décapage par projection d'abrasifs.

2. l'incinération. Cette solution présente l'avantage de réduire considérablement de gros volumes de déchets organiques et d'introduire des minéraux dans une cimenterie. Néanmoins, l'exploitant peut refuser certains déchets s'ils ne sont pas répertoriés dans l'arrêté préfectoral, délivré pour le fonctionnement son installation classée pour l'environnement.

3. le stockage permanent. Cette solution consiste à ne déposer que la fraction ultime du

Tableau IV – Liste des déchets générés dans un chantier de remise en peinture

Désignation des déchets	Codification		À la charge de
	Catalogue Européen des déchets		
Déchets de grenailage contenant des substances dangereuses	12.01.16*	Dis	Maître d'ouvrage
Déchets de grenailage autres que ceux visés à la rubrique 12.01.16*	12.01.17	Dib	
Déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses	08.01.17*	Dis	
Déchets provenant du décapage de peintures ou vernis autres que ceux visés à la rubrique 08.01.17	08.01.18	Dib	
Peintures, encres, colles et résines contenant des substances dangereuses	20.01.27*	Dis	Entreprise d'application
Peintures, encres, colles et résines autres que ceux visés à la rubrique 20.01.27	20.01.28	Dib	
Déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses	08.01.11*	Dis	
Déchets de peintures et vernis autres que ceux visés à la rubrique 08.01.11	08.01.12	Dib	
Emballage papier / carton	15.01.01	Dib	
Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtement de protection contaminés par des substances dangereuses	15.02.02*	Dis	
Absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtement de protection contaminés autres que ceux visés à la rubrique 15.02.02	15.02.03	Dib	

déchet, en respectant les critères d'acceptation du centre d'enfouissement technique (CET). Il existe trois catégories de CET selon la dangerosité des déchets : décharges pour déchets inertes, décharges pour déchets non dangereux, décharges pour déchets dangereux. Pour une admission définitive dans une installation de stockage, les déchets doivent également satisfaire :

- à la procédure d'information préalable avec délivrance du certificat d'acceptation préalable ;
- au contrôle de réception, à l'entrée du site, qui vérifie la pertinence des informations entre la portée du certificat d'acceptation préalable et la dangerosité des déchets prêts au stockage.

Le coût du traitement d'un résidu de décapage dépend fortement de sa dangerosité. Ainsi, selon la nature et la teneur en substances dangereuses (ex : métaux lourds tels que plomb, chrome, etc.), la destination du déchet peut varier entre un centre de stockage et un centre de traitement spécialisé.

Le tableau V recense les filières d'élimination possibles, et précise les textes de référence.

Tout au long du chantier, il est recommandé de trier et stocker les déchets séparément, car la catégorie la plus contraignante caractérise le mélange final. En effet, les collecteurs constatent parfois dans les bennes de récupération de résidus de décapage la présence de déchets indésirables (tôles, planches, réfrigérateurs, etc.) suite à un dépôt sauvage des riverains ou à un comportement irresponsable des intervenants du chantier. Lorsque le contenu des bennes diffère radicalement des échantillons de l'acceptation préalable, le collecteur s'expose à un refus de prise en charge du centre d'élimination ou à la nécessité d'effectuer un tri supplémentaire, coûteux et non prévu au cahier des charges. Par conséquent, les intervenants du chantier doivent être sensibilisés à l'intérêt du tri sélectif, au schéma d'organisation et de gestion des déchets (SOGED) et se prémunir contre tout comportement néfaste.

Tableau V – Liste des filières d'élimination pour les résidus de décapage

Filière d'élimination	Incinération	Stockage		
Texte de référence européen	Directive ¹	Directive ²		
Texte de référence français	Arrêté ³	Arrêté ⁴	Arrêté ⁵	Guide ⁶
Centre d'élimination	Incinérateur	Décharge pour déchets dangereux (Classe 1)	Décharge pour déchets non dangereux (Classe 2)	Décharge pour déchets inertes (Classe 3)
Admission des déchets	Pour chaque filière, un article du texte de référence français définit les critères d'admission des déchets.			

1. Directive 2000/76/CE du conseil du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets.
2. Directive 1999/31/CE du conseil du 26 avril 1999 relative à la mise en décharge des déchets (JOCE du 16 juillet 1999).
3. Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux.
4. Arrêté du 18 février 1994 modifiant l'arrêté du 18 décembre 1992 relatif au stockage de certains déchets spéciaux ultimes et stabilisés pour les installations existantes/nouvelles (JO du 26 avril 1994).
5. Arrêté du 9 septembre 1997 modifié relatif aux installations de stockage de déchets ménagers et assimilés (JO des 2 octobre 1997, 2 mars 2002 et 19 avril 2002).
6. Guide technique relatif aux installations de stockage de déchets inertes, MATE, édition avril 2001.

Tableau VI – Estimation des quantités de déchets à éliminer lors d'un décapage d'une surface de 1 m² recouverte de 200 µm de peinture anticorrosion

Procédé de décapage	Nature du déchet	Quantité de déchet
Décapage eau UHP	Feuil sec anticorrosion	≈ 0,5 kg
Décapage avec abrasif recyclable	Feuil sec anticorrosion	≈ 0,5 kg
Décapage avec abrasif perdu pour un avivage	Abrasif souillé	≈ 30 kg
Décapage avec abrasif perdu pour un décapage Sa 2 ½	Abrasif souillé	≈ 50 kg
Décapage avec abrasif perdu pour un décapage Sa 3	Abrasif souillé	≈ 80 kg

B42. Traitement des résidus de décapage

Étant donné que la fraction polluante des résidus de décapage provient de la protection anticorrosion des ouvrages métalliques, le maître d'ouvrage est responsable du traitement et de l'élimination de cette catégorie de déchet *cf.* tableau IV. Le spécialiste doit donc l'assister dans la définition de sa politique de gestion de déchets et participer au « diagnostic déchet ».

Concernant les autres catégories de déchets (abrasifs usagés non souillés, peintures, emballages, etc.), l'entreprise doit respecter son propre schéma d'organisation et de gestion des déchets.

Avant le démarrage de l'essai de décapage préalable, le spécialiste doit disposer :

- des informations sur la nature des systèmes de peinture à décapier, avec *si possible* les fiches de données de sécurité et les fiches techniques correspondantes ;
- des équipements de protection collective et individuelle adaptés aux conditions de chantier ;
- de matériels adaptés à la récupération (bâches, balais, aspirateurs, etc.) ;
- de matériels adaptés au prélèvement (sac, pelle, échantillonneur, etc.).

Pour **chacune des zones décapées**, une quantité représentative de résidu de décapage est prélevée pour une analyse dans un laboratoire compétent sur les déchets solides. Au final, le bulletin d'analyse doit permettre de déterminer la codification de chaque prélèvement, selon les critères définis dans le catalogue européen des déchets (C.E.D.) :

- 08.01.17* Déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses,
- 08.01.18 Déchets provenant du décapage de peintures ou vernis autres que ceux visés à la rubrique 08.01.17,
- 12.01.16* Déchets de grenailage contenant des substances dangereuses
- 12.01.17 Déchets de grenailage autres que ceux visés à la rubrique 12.01.16.

La recherche des substances dangereuses et de leurs concentrations est d'autant plus simplifiée, lorsque le laboratoire d'analyse peut disposer d'informations sur la nature chimique des charges contenues dans les vieux systèmes.

Après l'établissement des codes pour chaque prélèvement, le maître d'ouvrage doit s'assurer de la bonne attribution de ces codes sur les lots

qui quittent le chantier et vérifier, tout au long du cycle de l'élimination, que ces mêmes codes seront repris dans :

- le dossier de consultation des entreprises,
- les offres des entreprises,
- les certificats d'acceptation préalables des centres d'élimination,
- les bordereaux de suivi des déchets,
- et autres documents liés à la gestion des déchets.

À ce stade, le maître d'ouvrage doit également prendre conscience des futures quantités de résidus de décapage à éliminer. En effet, l'estimation du taux de déchet (*cf.* tableau VI) dépend directement du choix du procédé de décapage du subjectile :

- dans le cas le plus favorable avec recyclage total de l'abrasif, elle correspond à la quantité de revêtement (kg) décapé sur une surface de 1 mètre carré ;
- dans le cas le plus défavorable avec projection d'abrasif perdu, elle correspond à la consommation d'abrasifs (kg/m²) moins un faible taux de déperdition.

B5. Contenu du rapport

Il est important que l'essai de décapage préalable fasse l'objet d'un compte rendu détaillé auquel on se référera pour la rédaction du dossier de consultation des entreprises et le suivi ultérieur du chantier.

Le compte rendu de l'essai de décapage préalable doit préciser, *pour chacune des zones décapées* :

1. **les caractéristiques de la zone décapée** : localisation, dimension, géométrie, nature et état de la protection ... ;
2. **les caractéristiques techniques du décapage** : type de décapage retenu (décapage primaire ou secondaire), qualité de l'abrasif (nature et granulométrie), consommation d'abrasifs (kg/m²), pressions et matériels utilisés ... ;
3. **le degré atteint de décapage, matérialisé par des clichés photographiques** : épaisseurs et nombre de couches maintenues, rugosité obtenue

nues En se référant à l'échelle d'avivage, les photos seront très utiles lors de l'essai de convenue quand il s'agira de les reproduire ;

4. les résultats obtenus pour la **détection d'une éventuelle incompatibilité** : type de système de peinture testé, observation visuelle du compor-

tement, résultats des tests d'adhérence et/ou de quadrillage ... ;

5. le **code à six chiffres des résidus de décapage** approprié à la rubrique du déchet, complété par les bulletins d'analyse qui ont permis l'établissement de cette classification.

Chapitre

C

***Choix
de la technique
d'entretien***



C1. Préambule

Le choix de la technique d'entretien est conditionné par l'état de la protection anticorrosion de la structure ainsi que par les contraintes environnementales liées à la dangerosité des produits de protection en place.

La visite de reconnaissance de la protection d'un ouvrage et l'essai préalable de décapage permettent de monter le dossier de consultation des entreprises. Ce dossier prévoit l'une des deux techniques de préparation de surface possibles :

- le décapage primaire (ou décapage complet),
- le décapage secondaire (ou avivage).

L'essai préalable de décapage permet de vérifier, si on a choisi le décapage secondaire, que les couches de peinture résiduelle sont aptes à recevoir de nouvelles peintures. Cet essai permet également de réaliser le « diagnostic déchets », c'est à dire d'identifier la nature et la quantité des déchets susceptibles d'être produits ainsi que leur dangerosité en regard de la législation en vigueur.

On rappelle à nouveau que si l'essai préalable de décapage n'a pas permis avec certitude de s'assurer de la bonne réalisation d'un décapage secondaire, il vaudra mieux alors au dossier de consultation des entreprises prévoir un décapage complet du système de protection. Cela évite qu'un marché étant monté sur la base d'un avivage, on découvre lors du début des travaux (par exemple lors de l'épreuve de convenance) que l'avivage prévu n'est pas réalisable sur l'ensemble de l'ouvrage.

Le choix de la technique d'entretien comporte donc deux paramètres importants :

- le choix de la technique de préparation de surface,
- le choix du système de protection.

Nota : précisons que le chapitre D « Techniques de suivi d'un chantier » développe les techniques de préparation de surface (méthodes, moyens, contrôles) et le lecteur aura intérêt à s'y reporter pour une meilleure compréhension des techniques.



C2. Choix de la technique de préparation de surface

Le décapage des anciens revêtements constitue une étape importante dans le déroulement des opérations de maintenance d'ouvrages métalliques pour obtenir un état du support compatible avec les travaux d'application des systèmes de peinture d'entretien.

Parmi les procédés de préparation de surface possibles, l'utilisation de système de protection certifiés par l'ACQPA conduit à n'en retenir que deux :

- le décapage par projection d'abrasif avec décapage complet ou décapage primaire,
- l'avivage par projection d'abrasif ou décapage secondaire.

Le choix de la technique, qui dépend des résultats et des observations de la visite de reconnaissance de la protection d'un ouvrage et de l'essai préalable de décapage, est lié :

- à l'efficacité résiduelle de la protection : degré de corrosion, adhérence des couches, friabilité des produits ;
- au type de structure, notamment l'existence de cornières, de rivets, de zones difficiles d'accès ;
- au type de protection en place notamment par rapport à la toxicité des produits ;
- à la durabilité que l'on attend de l'opération d'entretien ;
- au budget disponible pour l'opération de remise en peinture.

Toutefois, il ne faut pas oublier que les contraintes environnementales développées au chapitre B, imposent lors des opérations de décapage, une récupération des déchets (abrasif et peintures anciennes). Aussi la mise en place contraignante sur le plan technique et sur le plan financier, des protections environnementales, demande de bien réfléchir sur le coût de la prestation. Il est évident qu'il serait dommage d'économiser avec un entretien par avivage de la protection sur le coût du traitement, alors que les frais fixes des installations de protection sont très élevés et que la durabilité du complexe d'entretien s'en trouve notablement diminuée.

Il est donc nécessaire pour choisir le type de préparation de surface de réaliser une étude technico-économique la plus complète possible.

Le critère de toxicité des déchets générés par le décapage des peintures anciennes est à prendre en compte en premier. La plupart des peintures appliquées sur les ouvrages depuis plus de dix ans contiennent des éléments toxiques au sens de la réglementation actuelle.

De plus le pourcentage de surfaces enrrouillées est un critère important pour le choix du décapage primaire. La plupart des spécialistes s'accordent sur le fait que au dessus du degré d'enrouilleme nt Ri3 (NF EN ISO 4628-3) le décapage primaire est préférable. Pour ce cliché Ri3, la surface de rouille visible ayant traversé le revêtement correspond à 1 % de la surface de l'ouvrage.

Ce dernier critère est également à moduler en fonction de la répartition des zones corrodées selon que ces surfaces sont réparties de façon homogène ou hétérogène sur l'ouvrage.

Le chapitre A22 de ce guide donne des indications utiles pour la qualification de l'état de la protection en place.

Pour faire ce choix, les principes généraux ci-après sont à prendre en compte.

1 – Système de peinture en place avec enrrouilleme nt et décollements généralisés

La meilleure solution est le décapage complet de la protection, ce qui nécessitera une récupération de l'ensemble des abrasifs souillés de vieilles peintures et ensuite un traitement de ces déchets en conformité avec la réglementation en vigueur.

2 – Système de peinture en place avec enrrouilleme nt et décollements localisés et constitué de peintures anciennes type minium de plomb ou type peintures bitumineuses

Les systèmes de peinture sont considérés comme toxiques au sens de la réglementation actuelle sur les déchets.

La meilleure solution est le décapage complet de la protection ce qui nécessitera également la récupération et le traitement des abrasifs souillés de vieilles peintures.

En effet, l'état de la protection est tel que l'on pourrait en conserver une partie et appliquer une protection compatible avec les zones traitées en décapage primaire et avec les zones traitées en décapage secondaire (avivage).

L'inconvénient d'une telle solution est que l'on doit récupérer et traiter les abrasifs souillés de peintures anciennes et que l'on enfermera dans les zones de décapage secondaire les mêmes peintures anciennes qui seront à traiter lors de l'entretien ultérieur.

3 – Système de peinture avec décollements localisés des couches superficielles et sans enrrouilleme nt

Les systèmes de peinture concernés ne sont pas toxiques au sens de la réglementation actuelle sur les déchets.

La meilleure solution est l'avivage (décapage secondaire) car on conserve alors les couches primaires anticorrosion qui sont encore efficaces et dont le coût d'élimination serait trop important.

Bien évidemment, les paramètres du décapage seront déterminés lors de l'essai préalable de décapage et confirmés lors de l'épreuve de convenance et le « diagnostic déchets » des couches superficielles doit être réalisé, pour connaître le niveau de dangerosité et le type de traitement à réaliser. Enfin, la comptabilité des couches de peinture d'entretien sera vérifiée par l'absence de défauts de type bullage, détrempe,.... et par la réalisation d'essai d'adhérence (cf fascicule n° 56 du CCTG, article 4.5, épreuve de convenance).

4 – Système de peinture en excellent état, mais avec une couche de finition d'aspect incompatible avec l'esthétique de l'ouvrage

C'est l'exemple d'une finition dont la couleur a évolué et pour laquelle on souhaite un entretien d'aspect.

On pourra alors se contenter d'une préparation de surface secondaire, ou encore d'un lavage à l'eau sous pression.

L'importance de l'essai préalable est à souligner car l'application d'une couche d'accrochage (ou de liaison) pour favoriser l'adhérence peut être nécessaire.

Cet entretien est à réserver au cas où l'aspect ou la couleur sont des critères fondamentaux (sites classés, sécurité, etc.) car l'opération d'entretien coûte cher pour ne pas augmenter la durabilité de la protection.

5 – Système de peinture avec revêtement métallique galvanisation ou métallisation

Il est rappelé qu'il est important de conserver l'investissement de départ de la métallisation ou de la galvanisation et donc qu'il est impératif d'entretenir ces protections avant la dégradation des revêtements métalliques.

Le décapage secondaire sera privilégié en essayant de conserver les couches superficielles de peinture.

Les remarques précédentes concernant l'essai préalable, la compatibilité des couches et le

diagnostic déchets sont également à prendre en compte.

Enfin, en plus des critères techniques, environnementaux et économiques décrits ci-dessus, il est primordial de signaler l'importance de la compétence du personnel qui va réaliser ces travaux, en particulier dans le cas du décapage secondaire sur des structures anciennes complexes.

Aussi, il est indispensable que le personnel qui réalise les travaux ait une qualification et que cette qualification soit reconnue par une certification, par exemple ACQPA, opérateur niveau N1 ou niveau N2 pour la préparation de surface.

C3. Choix du système de protection

C31. Principes

Le choix du système de protection d'entretien est fonction :

- de l'agressivité de l'environnement dans lequel se situe l'ouvrage,
- du type de préparation de surface retenue suite aux résultats de l'essai préalable de décapage,
- du type de structure de l'ouvrage.

Le premier choix à faire est la classe de corrosivité

Si les archives existent et que le comportement de la protection anticorrosion est normalement correct, compte tenu de la durée de service on pourra utiliser la même classe de corrosivité.

Dans tous les autres cas, on pourra s'aider de la norme NF EN ISO 12944 (partie 2) qui définit les catégories de corrosivité avec des exemples d'environnement type et les pertes de masse (ou d'épaisseur) associées pour l'acier et le zinc.

L'ACQPA certifie des systèmes de protection dans les classes de certification correspondant aux catégories de corrosivité aériennes ou immergées et sur différentes natures de sujettile.

- Natures de sujettile :

A = acier décapé par projection à sec d'abrasif

Z = métallisation par projection à chaud avec 120 µm minimum de zinc ou d'alliage zinc/alumi-

nium 85/15 ou 200 µm minimum d'aluminium (conforme à la NF EN 22063)

G = galvanisation à chaud par immersion (conforme à la NF EN ISO 1461)

- Catégories aériennes :

C3 = corrosivité moyenne

C4 = corrosivité élevée

C5M = corrosivité très élevée (marine)

- Catégories immergées

Im2 = eau de mer ou saumâtre

Rappelons en commentaires que :

– les systèmes certifiés en classe Im2 sont adaptés pour l'immersion en eau douce ou pour les structures enterrées ;

– les ouvrages correspondant à la catégorie de corrosivité C2 (faible) sont à protéger par des systèmes certifiés en classe C3 ;

– il est toujours intéressant de surclasser l'ouvrage, ce qui conduira à une augmentation de la durabilité de la protection de l'ouvrage.

Le deuxième choix concerne la préparation de surface

Le choix se fait entre les deux grandes techniques de préparation de surface définies précédemment :

- décapage primaire avec remise à nu du sujettile,
- décapage secondaire avec avivage de la protection existante.

Rappelons encore que le choix du décapage secondaire lors du montage du DCE résulte d'un essai de décapage préalable avec la réalisation d'un essai de compatibilité chimique de la couche de peinture d'entretien avec le système de protection en place.

Le troisième choix concerne le type de système de protection d'entretien

Ce choix est lié principalement au type de préparation de surface retenue.

C32. Remise en peinture d'un ouvrage peint

– dans le cas d'un décapage primaire avec remise à nu de l'acier, il est appliqué un système certifié ACQPA ou équivalent pour travaux neufs (N) ou pour travaux de maintenance (M).

Sur certains types de structure et même si le décapage est réalisé à blanc, il est conseillé d'éviter dans les systèmes d'entretien l'utilisation d'une

couche primaire de peinture au zinc (existant dans la plupart des systèmes certifiés N).

En effet, les structures anciennes comportant des singularités comme les cornières, les rivets sont des zones difficiles à décapier complètement et conduisant à des risques de mauvaise adhérence de peinture à base de poussière de zinc.

– dans le cas d'un décapage secondaire avec avivage, il est appliqué un système certifié ACQPA ou équivalent pour travaux de maintenance exclusivement. Le système est certifié dans la classe de certification M et comporte le plus souvent une couche primaire de type époxy surface tolérant compatible avec des résidus éventuels d'anciennes peintures, quelque soit le type de liant.

La réalisation d'un décapage secondaire impose le plus souvent un décapage primaire (mise à nu de l'acier) dans les zones oxydées et l'application de prétouches avec la couche primaire du système de maintenance. Ces prétouches permettant de pallier au manque local d'épaisseur et de donner à l'ensemble de la protection d'entretien une homogénéité de durabilité.

Une attention particulière sera apportée aux zones de liaison entre les zones décapées à blanc et simplement avivées ; il n'est pas rare de voir apparaître lors de l'application de la pré touche, un soulèvement des lèvres du à l'action de la nouvelle peinture sur les anciennes. Des reprises manuelles locales sont à réaliser obligatoirement dans ces zones, en utilisant par exemple un brosse ou grattage manuel.

C33. Remise en peinture d'une galvanisation peinte ou non peinte ou d'une métallisation peinte

Dans ces deux cas, on réalisera un décapage secondaire par avivage avec élimination complète des anciens fonds de peinture pour les cas de la galvanisation peinte et de la métallisation peinte.

On choisira un système de protection pour travaux neufs (N) dans la catégorie de subjectile correspondante (acier galvanisé ou acier métallisé). On pourra aussi utiliser un système pour travaux de maintenance (M) certifié sur la catégorie de subjectile acier (A), mais après les résultats positifs d'un essai de compatibilité chimique de la couche de peinture d'accrochage (cf. fascicule n° 56 du CCTG, article 4.5 épreuve de convenance).

Enfin, dans le cas de métallisation peinte avec dégradation importante conduisant à l'enroulement du support acier, il est conseillé de réaliser un décapage primaire avec mise à nu de l'acier dans ces zones. Après décapage à blanc, on pourra appliquer une couche primaire de type peinture au zinc sur de grandes surfaces et ce pour renforcer la durabilité.

Les zones de liaison avec les anciens fonds seront organisées pour éviter que la peinture au zinc ne vienne recouvrir autre chose qu'un acier décapé à blanc.

C4. Conseils généraux

En guise de conclusion de ce chapitre, les conseils généraux suivants peuvent être donnés.

- Si l'on est en présence de peintures en place avec des formules polluantes vis à vis de la réglementation actuelle (cas général des peintures de plus de dix ans), il faut choisir de les éliminer totalement en récupérant et en traitant les déchets, soit de les conserver en appliquant de nouvelles peintures qui vont les enfermer. La plus mauvaise solution étant le choix d'un avivage par projection d'abrasif qui obligera à traiter la partie d'anciennes peintures décapées, mais conservera également des fonds polluants.
- Si l'on est en présence d'amiante dans les anciens revêtements (cas des peintures bitumineuses), il faut savoir que la réglementation est très contraignante et impose de réaliser des travaux en milieu clos pour éviter toute contamination des personnes. Le coût d'un tel traitement est très élevé. Ce type de peinture se rencontre sur les parties non vues d'ouvrage et sur les câbles et suspentes d'ouvrages suspendus.
- Même si les systèmes de protection certifiés en classe maintenance sont normalement applicables sur tous types de vieux fonds, la règle de base est de rester au maximum compatible pour les peintures d'entretien. Ainsi, pour des vieux fonds en peintures bitumineuses, il vaut mieux utiliser en entretien des brai epoxydes ou des brai vinyliques compatibles avec les vieux fonds mais qui là encore comportent

des règles d'hygiène très strictes pour leur application. Ce type d'entretien est limité aux câbles et suspentes d'ouvrages pour lesquels le décapage primaire n'est pas facile à réaliser.

- Enfin, si lors d'une technique d'entretien on a utilisé un avivage par abrasif, lors de l'entretien suivant il faudra utiliser la technique du décapage primaire avec remise à nu de l'ensemble de la protection. En effet, l'avivage par projection d'abrasif, même s'il conduit à des fonds adhérents et aptes à recevoir des nouvelles peintures, conduit à une fragilité des couches de peinture sous-jacentes. Aussi un second décapage secondaire (avivage) n'est en général pas recommandé. De plus l'avantage d'un décapage complet tous les 20-25 ans est la possibilité supplémentaire d'auscultation de la structure et le repérage d'éventuelles fissures de fatigue. C'est donc l'occasion de réaliser une auscultation complète de la structure métallique, une fois ce décapage primaire réalisé.

- Enfin, le tableau VII donne quelques conseils de technique d'entretien en fonction de différents types de revêtements de protection d'états moyens (corrosion localisée et quelques décollements de peinture) ou médiocre (corrosion généralisée et décollements de peinture nombreux).

C5. Quelques éléments de coûts

Afin d'aider le gestionnaire d'ouvrage pour la prévision des travaux et lui donner des clés supplémentaires pour ses choix techniques, il a été jugé utile d'essayer de donner quelques éléments de coûts (tableau VIII).

Tableau VII – Conseils de technique d'entretien selon la nature et l'état de la protection en place

Revêtement de protection	État de la protection	Durabilité minimale recherchée pour la nouvelle protection d'entretien		Observations
		10 ans	18 ans	
Peintures bitumineuses	Moyen	Décapage secondaire + Brai époxyde ou brai vinylique (1)	Décapage primaire + Système ACQPA (N ou M)	(1) Solution à réserver à l'entretien des câbles et suspentes
	Médiocre	Décapage primaire + Système ACQPA (N ou M)	Décapage primaire + Système ACQPA (N ou M)	
Peintures caoutchouc chloré (2)	Moyen ou médiocre	Décapage primaire + Système ACQPA (N ou M)	Décapage primaire + Système ACQPA (N ou M)	(2) Le décapage secondaire n'est pas conseillé car les peintures caoutchouc chloré ne s'utilisent plus et il faut utiliser une couche d'accrochage avant le système ACQPA (M)
Peintures alkydes (glycérophtaliques)	Moyen	Décapage secondaire + Système ACQPA (M)	Décapage primaire + Système ACQPA (M) (3)	(3) Un système ACQPA N est utilisable mais sans primaire à base de peinture au zinc
	Médiocre	Décapage primaire + Système ACQPA (M)	Décapage primaire + Système ACQPA (M) (3)	
Peintures époxyde-polyuréthane	Moyen	Décapage secondaire + Système ACQPA (M)	Décapage primaire + Système ACQPA (N ou M) (4)	(4) Le décapage secondaire avec un système ACQPA (N ou M) est possible (surclassement de l'ouvrage)
	Médiocre	Décapage primaire + Système ACQPA (N ou M)	Décapage primaire + Système ACQPA (N ou M)	

Mais il convient d'insister ici sur la difficulté d'un tel exercice qui se concrétise par la « largeur » des fourchettes données dans le tableau VIII. Cette situation a plusieurs origines principales :

1. la difficulté pour obtenir la qualité requise de préparation de surface dépend beaucoup de la nature et de l'état de la protection en place d'une part et d'autre part du type d'ouvrage et de la complexité des surfaces. Par exemple, la quantité d'abrasif nécessaire pour un décapage primaire au degré Sa 2 ½ peut varier d'environ 40 kg/m² à plus de 80 kg/m² selon que l'on a un système friable sur de grandes surfaces simples ou un système dur sur du petit treillis riveté, etc. ;

2. le coût de traitement d'un déchet de décapage peut passer d'environ 12 €/t s'il est inerte (stockage classe 3) à plus de 200 €/t dans le cas d'un DIS stocké en décharge classe 1. Si ce même déchet contient des substances particulièrement

toxiques telles que l'amiante par exemple, ce coût peut alors monter à 600 €/T voire plus Il convient, en outre, de signaler que les lois sur les déchets sont d'application récente. On dispose donc de peu de recul pour avoir une bonne fiabilité pour l'estimation des coûts et des techniques applicables d'élimination.

Enfin, le tableau VIII comporte deux opérations signalées pour mémoire car dépendant trop de la géométrie de l'ouvrage et de la contrainte du PAPE (« Échafaudage avec récupération de l'abrasif ») ou de la distance de l'ouvrage à l'installation adaptée de traitement des déchets (« Transport des déchets (abrasif) jusqu'au centre de traitement »).

Le tableau VIII doit donc être regardé avec précaution et les coûts indiqués doivent être considérés comme purement indicatifs et susceptibles d'évoluer considérablement dans le futur notamment pour ce qui concerne le traitement des déchets.

Tableau VIII – Quelques éléments de coûts

Opération	Coût au m ²	Commentaires
Décapage primaire et application du système complet de peinture	25 à 40 €/ m ²	
Avivage et application du système de peinture de maintenance	15 à 30 €/ m ²	
Échafaudage avec récupération de l'abrasif	–	Pas de prix type, dépend trop de la géométrie de l'ouvrage et des exigences du PAPE
Transport des déchets (abrasifs) jusqu'au centre de traitement	–	Pas de prix type, dépend trop de la distance à l'installation adaptée
Traitement des déchets (abrasifs) Cas d'un entretien avec décapage primaire	2,5 à 15 €/ m ²	80 kg abrasif par m ² et traitement allant de 30 €/ t (DIB classe 2) à 200 €/ T (stockage DIS classe 1)
Traitement des déchets (abrasifs) Cas d'un entretien avec avivage	0,5 à 6 €/ m ²	30 kg abrasif par m ² et traitement allant de 12 €/ t (stockage inerte classe 3) à 200 €/ t (stockage DIS classe 1)

Chapitre

D

***Techniques de suivi
d'un chantier***



D1. La préparation des surfaces

D11. Domaine d'application

La préparation de surface permet de rendre un subjectile apte à recevoir un revêtement performant, adhérent et durable.

Cette opération confère au support propreté et rugosité en éliminant les contaminants de surface et/ou les anciens fonds.

Conformément à l'article 3.2.5.1 du fascicule 56 du CCTG, l'emploi d'opérateurs certifiés ACQPA, option préparation de surface est obligatoire.

Il est également conseillé de faire appel à un inspecteur ACQPA ou équivalent afin de valider cette phase de travail.

D12. Les différents types de travaux

Deux cas de figure sont à retenir.

Les ouvrages neufs

On entend par ouvrages neufs les ouvrages métalliques non revêtus destinés à recevoir une protection anticorrosion par galvanisation, métallisation ou peinture.

Les ouvrages existants déjà protégés

Cette catégorie regroupe principalement les ouvrages anciens dont la protection anticorrosion nécessite une rénovation et dont on souhaite soit éliminer la totalité, soit conserver une partie des anciens fonds.

D13. Organisation de la préparation des surfaces

La préparation d'une surface avant son traitement anticorrosion s'articule autour de cinq phases successives :

- a. une première inspection visuelle du support permettant d'évaluer son état physique ;
- b. un nettoyage permettant d'éliminer les contaminants susceptibles de rester adhérents au subjectile lors de la phase de décapage ;
- c. un décapage ;
- d. un dépoussiérage ;

- e. un examen de la surface décapée, permettant d'apprécier son aptitude à recevoir un revêtement anticorrosion.

Vérification de l'état physique des subjectiles

Afin de prévenir et réduire les risques de corrosion, il est nécessaire que les surfaces à peindre soient aptes à recevoir une protection anticorrosion. Que ce soit en ouvrages neufs ou anciens, les surfaces doivent être exemptes de défauts telles qu'écaillés de laminage et inclusions de métal ; les soudures doivent être lisses, dépourvues de porosités ; les arêtes vives doivent être meulées ; les pourtours des percements doivent être ébarbés.

Dans le cas de la réalisation d'un ouvrage neuf, le concepteur consultera en particulier la norme NF EN ISO 12944-3 afin de respecter les règles de conceptions et dispositions constructives.

Lors de la visite préalable à la rénovation d'un ouvrage, il peut être utile de s'appuyer sur les principes de norme NF EN ISO 12944-3 afin d'évaluer les travaux à prévoir (meulage, bouchage des interstices, etc.)

Vérification de la propreté

Le premier contrôle de l'état de propreté consiste en une inspection visuelle qui permet de relever la présence de corps étrangers, de protection temporaire ou de marquage.

Cette inspection visuelle s'accompagne d'un touché du matériau. Afin de ne pas déposer de graisse, celui-ci se fait avec des gants latex et au moyen d'un papier absorbant blanc. La mise en contact de ce papier permet une approche qualitative de la présence de poussières (plus particulièrement des particules foncées) et des graisses qui, elles, laissent des auréoles sur le papier.

Il est aussi possible d'effectuer le test de la goutte d'eau. On dépose une petite quantité d'eau sur la surface à vérifier.

- si la goutte d'eau s'étale, on considère la surface non souillée ;
- si au contraire la goutte conserve une forme sphérique, la surface est considérée comme souillée par des corps gras.

D14. Nettoyage des surfaces avant décapage

Importance du nettoyage avant décapage

Avant tout travail de décapage, il est important de s'assurer de l'absence de contaminants de surface

comme des corps gras ou des composés solubles (sels) qui pourraient s'incruster dans le métal lors de son décapage.

Les polluants de surfaces peuvent être inertes mais, par leur seule présence, empêcher l'adhérence du film de peinture au support (poussières, produits de marquage temporaire, dépôts de fumées, graisses) et en plus être initiateurs de réactions physico-chimiques conduisant à la dégradation du support ou du revêtement (eau, chlorures, sulfates, sels dissous).

Selon le fascicule 56 du CCTG, les opérations de nettoyage doivent éliminer les traces :

- d'huiles et graisses provenant du stockage et de l'usinage,
- de transpiration déposées à l'occasion de manipulations manuelles,
- des dépôts provenant de fumées d'oxycoupage, soudage et autres travaux impliquant un chalumeau,
- de produits de protection temporaire,
- de sels, salissures et dépôts provenant de l'environnement,
- des sels de zinc dans le cas de galvanisation.

D'une manière plus générale, on doit procéder à l'élimination de toutes les substances non adhérentes ou sels solubles nuisibles déposés sur les surfaces destinées à recevoir la couche de revêtement protecteur. Ces substances constituent lors de la mise en œuvre, une barrière mécanique ou chimique empêchant l'adhésion du revêtement au substrat.

Les techniques de nettoyage

L'élimination des sels solubles se fait par un lavage à l'eau douce. Les surfaces souillées par des huiles doivent être de préférence nettoyées à l'aide d'un solvant alcalin tandis que l'usage de solvants organiques doit être réservé à l'élimination des hydrocarbures. Il convient de respecter les règles d'hygiène et de sécurité en vigueur (choix, utilisation) et de prendre garde au phénomène de dispersion.

D15. Décapage

Les différents types de décapage

Les différents types de décapage sont définis dans la norme NF EN ISO 12944-4. Le fascicule 56 du CCTG, qui interdit le décapage à la flamme,

prévoit un décapage à sec par projection d'abrasif dans le cas des ouvrages neufs. Dans le cas de rénovation, d'autres méthodes sont envisageables (sablage humide, décapage à l'eau sous pression, etc.).

Dans le cas d'un ouvrage ancien et selon l'état de dégradation des anciens fonds, la visite de reconnaissance et l'essai préalable de décapage (cf. chapitre C) ont permis de faire le choix entre deux niveaux de décapage différents, soit un avivage (décapage secondaire), soit une mise à nu de l'ouvrage (décapage primaire).

Pendant et après leur décapage, ces surfaces doivent être protégées de l'humidité, des projections diverses et de la poussière, y compris lors de leur manutention.

Les méthodes de préparation de surface sont décrites dans la norme NF EN ISO 8504 qui compte trois parties plus une en projet :

- partie 1 : « Principes généraux » ;
- partie 2 : « Décapage par projection d'abrasif » ;
- partie 3 : « Nettoyage à la main et à la machine » ;
- partie 4 : « Nettoyage haute pression » (en projet).

Décapage par projection d'abrasif

Ce mode de décapage consiste à projeter de l'abrasif à l'aide d'air comprimé à la surface de l'acier afin d'éliminer totalement la rouille, la calamine ou les anciens fonds.

Type d'abrasifs

On distingue les abrasifs selon leur nature :

- a) les abrasifs métalliques définis par la norme NF EN ISO 11124 parties 1 à 4 : grenailles, acier, fer, fonte ;
- b) les abrasifs non métalliques définis par la norme ISO 11126 parties 1 à 10 :
 - minéraux (laitiers, scories, corindon),
 - polymères (médioplastique, sponjet),
 - produits chimiques (bicarbonate de sodium),
 - les produits divers (carboglâce, amidon, noyaux de pêches) ;
- c) et selon la forme et la taille des particules projetées :
 - angulaire (abrasifs métalliques et non métalliques),
 - sphériques (grenaille métallique),
 - cylindrique (fils d'acier),
 - alvéolaire (éponges abrasives).

En règle générale, on utilisera plutôt les abrasifs métalliques recyclables pour les ouvrages neufs

décapés en atelier et des abrasifs non métalliques non recyclables pour la rénovation d'ouvrages anciens.

Vérification des abrasifs

Il est fondamental d'employer des abrasifs propres et secs. Le document ASTM D 4940 et la norme NF EN ISO 11127-6 indiquent des méthodes permettant de déceler la présence de contaminants solubles par conductimétrie. Le principe de ces essais consiste à mélanger un volume de 300 ml d'abrasif dans 300 ml d'eau distillée et de mesurer la différence entre la conductivité initiale de l'eau et celle obtenue en fin d'essai. Au cours de cette opération, on doit surveiller la présence éventuelle de corps gras à la surface de l'eau indiquant une pollution de l'abrasif.

Un contrôle visuel d'usure doit être réalisé régulièrement pour les abrasifs métalliques angulaires recyclés afin de s'assurer de leur efficacité.

Les normes traitant des essais pour abrasifs sont :

- NF EN ISO 11125 (parties 1 à 7) : Méthodes d'essais pour abrasifs métalliques,
- NF EN ISO 11127 (parties 1 à 7) : Méthodes d'essais pour abrasifs non métalliques.

Contrôle de l'air comprimé

L'air comprimé utilisé pour la projection des abrasifs doit être propre et sec. Afin de contrôler la qualité de l'air, il suffit d'appliquer un chiffon sec blanc à la sortie de la buse de décapage (après avoir coupé l'arrivée d'abrasif). Si des traces d'humidité ou de graisse sont détectées, il faut vérifier l'efficacité de l'assécheur d'air et/ou du séparateur d'huile.

Décapage à l'eau sous pression

Cette méthode, réservée à la rénovation, consiste à diriger un jet d'eau douce sous pression sur la surface à nettoyer. La pression d'eau dépend des contaminants à éliminer, tels que matières solubles dans l'eau, rouille et revêtements de peinture peu adhérents. Le décapage à l'eau permet également l'obtention d'un décapage primaire ou secondaire. Rappelons que la notion de décapage ne commence qu'à partir de 70 MPa (700 bars).

Les techniques suivantes de décapage à l'eau sous pression sont couramment utilisées :

- décapage à l'eau sous haute pression (de 70 MPa à 100 MPa),
- décapage à l'eau sous très haute pression (de 100 MPa à 140 MPa),

– décapage à l'eau sous ultra haute pression (supérieure à 140 MPa).

La rouille est éliminée du subjectile à partir d'une pression de 170 MPa.

Pour le domaine d'application, l'efficacité et les limites de cette technique, les normes suivantes sont applicables :

- NF EN ISO 12944-4,
- NF T 35 520,
- ISO 8504-4 (en projet).

À noter que cette technique autorise l'utilisation de sable siliceux.

Sablage à l'air comprimé avec abrasif humide

Cette méthode est analogue au sablage à l'air comprimé, mais on ajoute de l'eau douce en proportion variable afin de produire un jet d'air, d'eau et d'abrasif, ce dernier pouvant être siliceux.

Pour le domaine d'application, l'efficacité et les limites de cette technique, il faut se reporter à la norme ISO 8504-2.

D16. Dépoussiérage après décapage

Les surfaces fraîchement décapées devront faire l'objet d'un dépoussiérage soigné à l'aide d'air sous pression propre et sec. Dans le cas où des contaminants de surfaces auraient été détectés, ceux-ci devront être éliminés à l'aide de moyens appropriés. Le cas échéant, un nouveau décapage sera réalisé.

D17. Aptitude de la surface à recevoir un revêtement

Contrôle du degré de soin

Cas du décapage par projection d'abrasif

Le degré de soin est imposé par le système anti-corrosion retenu. Pour contrôler visuellement la propreté d'un subjectile d'acier, on utilise les différentes parties de la norme NF EN ISO 8501 :

- la partie 1 permet d'évaluer le degré de rouille et le degré de préparation des subjectiles d'acier non recouverts et sert également à apprécier la préparation des subjectiles d'acier après décapage sur toute la surface des revêtements précédents ;
- la partie 2 permet d'évaluer le degré de préparation des subjectiles d'acier précédemment revêtus après décapage localisé des couches ;

– un supplément informatif comprenant des clichés représentant les changements d'aspect de l'acier décapé en fonction de l'utilisation de différents abrasifs.

La surface doit être examinée à l'œil nu et comparée aux clichés représentant les différents degrés de soin. Il est important de bénéficier d'un éclairage suffisant pour réaliser le décapage et pour contrôler sa bonne réalisation (nous préconisons un éclairage minimal de 500 lux).

Dans ce cas, le degré de soin est exprimé en fonction de trois paramètres :

- le premier caractère (A, B, C et D) exprime l'état initial de l'acier selon la présence de rouille et de calamine à différents degrés. Cet état initial est remplacé par la lettre « P » dans le cas d'un décapage localisé ;
- le deuxième paramètre (Sa) indique la technique de préparation de surface, la projection d'abrasif à sec étant la seule méthode autorisée par le fascicule 56 du CCTG ;
- la dernière indication (1, 2, 2½, 3) correspond au degré de soin à obtenir.

Cas du décapage par jet d'eau

L'évaluation du degré de soin après décapage à l'eau est réalisée selon les instructions de la norme NFT 35-520. Celle-ci précise que les degrés de soins à obtenir sont constatés par comparaison avec les clichés photographiques de référence, réalisés lors de l'essai préalable avant le démarrage des consultations. Les clichés obtenus prennent en compte le degré de soin obtenu et « l'oxydation flash ».

Les degrés de soins à obtenir sont définis en quatre niveaux

- DHP1 décapage léger : élimination de toute huile, boue, graisse, concrétions, anciennes peintures non adhérentes, rouille, et calamine non adhérente, et tous anciens revêtements et matières étrangères.
- Les fonds ainsi traités sont encore partiellement recouverts d'anciens revêtements sur une surface supérieure à 70 % de la surface totale.
- DHP2 décapage moyen : élimination de toute huile, graisse, boue, concrétions, anciennes peintures, rouille, et calamine non adhérente, et tous anciens revêtements et matières étrangères.

Les fonds ainsi traités sont encore partiellement recouverts d'anciennes peintures, ayant

résisté au jet d'eau, sur une surface représentant jusqu'à 70 % de la surface totale.

- DHP3 décapage poussé: élimination de toute huile, graisse, boue, concrétions, anciennes peintures, rouille, et calamine non adhérente, et tous anciens revêtements et matières étrangères.

Les fonds ainsi traités sont encore partiellement recouverts d'anciennes peintures ayant résisté au jet d'eau, sur une surface représentant jusqu'à 5 % de la surface totale.

Les traces de peinture sont irrégulièrement dispersées.

- DHP4 mise à nu de l'acier: élimination de toute huile, graisse, boue, concrétions, anciennes peintures, rouille et calamine non adhérente, et tous anciens revêtements et matières étrangères.

L'acier mis à nu présente un aspect uniforme, d'aspect « métal d'origine ».

Nota : Ces degrés de soins ne peuvent être reliés à un degré de rugosité, puisque le décapage par jet d'eau ne modifie pas la rugosité initiale de l'acier.

Oxydation flash

Après évaporation de l'eau, la surface de l'acier mis à nu prend une coloration ambrée, laquelle est fonction des conditions climatiques. L'aspect évolue au fil du temps vers une oxydation superficielle devenant pulvérulente. Cette coloration ambrée est appelée « oxydation-flash ».

La norme NFT 35-520 comprend des clichés permettant d'évaluer cette « oxydation flash » :

- Cliché OF0 : état de l'acier mis à nu dès la fin des opérations de décapage et de séchage, sans trace d'oxydation.
- Cliché OF1 : état de l'acier mis à nu après l'opération de décapage, présentant une faible oxydation superficielle non pulvérulente.
- Cliché OF2 : état de l'acier mis à nu, postérieur à l'état OF1, présentant une oxydation superficielle pulvérulente.

L'application de la peinture n'interviendra que sur des surfaces parfaitement sèches présentant un degré « d'oxydation flash » OF0 ou OF1, et toujours avant l'apparition de rouille pulvérulente.

Cas du décapage à la main ou à la machine

Lorsque le nettoyage est réalisé à l'aide de grattoirs, brosses métalliques, ponceuse, meuleuse ou toutes autres méthodes manuelles ou mécaniques définies par la norme NF EN ISO 8503-4, le degré de soin est alors exprimé selon les trois paramètres suivants :

- Le premier caractère (A, B, C et D) exprime l'état initial de l'acier selon la présence de rouille et de calamine à différents degrés. Cet état initial est remplacé par la lettre « P » dans le cas d'un décapage localisé.
- Le deuxième paramètre (St, Ma) indique la technique de nettoyage à la main ou à la machine. « Ma » correspondant à un nettoyage à la machine à abraser réservé au décapage localisé.
- La dernière indication (2, 3) correspond au degré de soin à obtenir.

On obtient donc :

– pour un décapage primaire :

- St 2, St 3 : Préparation de surface par nettoyage localisé à la main ou à la machine.

– pour un décapage localisé :

- P St 2, P St 3 : Préparation de surface par nettoyage localisé à la main ou à la machine ;
- P Ma : Préparation de surface par décapage localisé à la machine à abraser (disque abrasif ou brosse métallique rotative).

Nota : Dans le cas d'un décapage manuel ou mécanique, on constate que ces techniques ne permettent pas d'obtenir un travail parfait. Des impuretés et des particules peuvent être emprisonnées dans le métal et un phénomène de lustrage peut être observé. De plus, il n'est pas possible de créer de rugosité comme le permet la technique de projection d'abrasif.

Contrôle de la rugosité

Le degré de rugosité est lui aussi imposé par le choix du système anticorrosion et doit être contrôlé selon la norme NF EN ISO 8503-2.

Dans le cadre de l'application d'un système ACQPA, le contrôle de la rugosité doit être effectué à l'aide d'un comparateur viso-tactile conforme à la norme NF EN ISO 8503-1. Le profil de rugosité peut être aussi exprimé par des paramètres géométriques (Ra, Rt, Ry) à l'aide d'un appareil à palpeur (rugosimètre) ou par la méthode dite du « press-o-film ».

Nota : La rugosité étant plus difficile à obtenir sur les tranches oxycoupées (trempe superficielle), ces surfaces devront faire l'objet d'une attention particulière lors de la validation du décapage, notamment dans le cas d'une métallisation.

Présentation du comparateur viso-tactile

Le contrôle de la rugosité s'effectue avec un comparateur viso-tactile selon la norme NF EN

ISO 8503-2. Il existe deux comparateurs selon la forme des abrasifs utilisés :

- le type ISO 8503-1 G pour les abrasifs angulaires,
- le type ISO 8503-1 S pour les abrasifs sphériques.

Le comparateur visotactile comporte quatre segments permettant d'évaluer cinq degrés de rugosité du profil du plus petit au plus gros :

- mieux que fin. (profil plus fin que le segment 1),
- fin. (profil de 1 à 2, 2 exclu),
- moyen. (profil de 2 à 3, 3 exclu),
- grossier. (profil de 3 à 4, 4 exclu),
- plus que grossier. (profil 4 ou supérieur).

La rugosité s'exprime donc selon deux paramètres, la finesse du profil et la forme de l'abrasif, le degré de rugosité le plus couramment demandé par les systèmes ACQPA étant « moyen » G.

Recherche des contaminants de surfaces

Conformément au paragraphe 3.2.5.2 du fascicule 56 du CCTG, toutes présences de salissures, souillures et impuretés doivent être éliminées afin de garantir l'adhérence et la pérennité du revêtement.

Une attention particulière est à apporter à la présence de contaminants solubles responsables de nombreux désordres, en particulier les produits solubles de corrosion du fer (sulfates et chlorures de fer).

Les polluants de surfaces peuvent être inertes mais, par leur seule présence, engendrer une diminution d'adhérence du film de peinture au subjectile. En outre, ils peuvent être initiateurs de réactions physico-chimiques conduisant à la dégradation du subjectile ou du revêtement (eau, chlorures, sulfates, autres sels dissous).

La norme ISO 8502 traite des essais permettant de détecter et quantifier les différents contaminants. Les différentes parties de cette norme (tableau IX) traitent, d'une part, de méthodes d'extraction réalisables *in situ* et, d'autre part, d'essais permettant de mesurer les concentrations de ces contaminants.

Méthode d'extraction des polluants de surface

Dans quelques cas, les polluants de surface peuvent être identifiés directement à la surface du subjectile. Sinon, il est nécessaire de procéder à l'extraction des polluants avant de pouvoir mesurer/évaluer leur concentration.

La méthode la plus couramment utilisée pour l'extraction est décrite par la norme NF EN ISO 8502-6 « Préparation des subjectiles d'acier avant application

de peinture et produits assimilés – Essais pour apprécier la propreté d'une surface. Partie 6 – extraction des contaminants solubles en vue d'analyse. Méthode de Bresle »

Le principe réside en la pose d'une poche caoutchouc autocollante (ou patch) sur le sujet. L'injection puis la récupération d'un solvant dans cette poche permet la récupération des polluants qui sont ensuite dosés.

Une planche photographique à la fin de ce guide (annexe) décrit l'utilisation de ce patch dit de Bresle suivie de l'évaluation de la salinité globale par conductimétrie.

D'autres méthodes d'extractions existent et sont décrites dans les normes spécifiques de la série ISO 8502. Elles passent en général par le nettoyage d'une surface calibrée et la récupération des polluants adsorbés sur le moyen de nettoyage.

A – Recherche de produits de corrosion du fer

La norme XP ENV ISO 8502-1 prévoit deux tests permettant de détecter la présence de produits de corrosion du fer :

Le test à la 2,2' – Bi pyridine

Ce test consiste à tamponner pendant 4 minutes une surface de 250 cm² à l'aide d'un tampon imbibé d'eau distillée. Puis, on teste cette eau de lavage avec un papier imprégné de 2,2' – Bi pyridine qui réagit par un changement de couleur en fonction de la quantité d'ions ferreux détectés. Enfin, il suffit de comparer le papier indicateur à une échelle de référence qui permet d'exprimer le résultat en mg/m².

Le test à l'hexacyanoferrate de potassium

Ce test simple consiste à appliquer sur la surface, préalablement humidifiée, un papier indicateur préparé avec de l'hexacyanoferrate de potassium. En cas de présence de produits solubles du fer, le papier indicateur vire au bleu de Prusse.

La norme ISO 8502-12 permet de déterminer la présence des ions ferreux par titrimétrie.

Son objectif est de déceler la présence d'ions Fe²⁺ précurseurs d'oxydation.

Son principe consiste à extraire des sels solubles selon la méthode de Bresle et de réaliser un dosage par oxydation des ions ferreux par le bichromate de potassium en présence d'un indicateur coloré.

B – Recherche de sels solubles

La quantité de sels solubles est déterminée selon la méthode de la norme NF EN ISO 8502-9 « Méthode *in situ* pour la détermination des sels solubles dans l'eau par conductimétrie ».

La différence de conductivité entre l'eau déminéralisée initiale et l'eau d'extraction finale correspond à l'apport de conductivité due à la présence de sels solubles à la surface du sujet. Cette méthode ne permet d'évaluer que la globalité des sels et non de déterminer les différentes espèces.

La norme ISO 8502-13 en préparation traitera ce sujet.

Pour doser sélectivement certaines espèces, il faut avoir recours à des méthodes spécifiques.

Tableau IX – Norme ISO 8502 – Essais « *in situ* » pour apprécier la propreté d'une surface
Objet des différentes parties

XP ENV ISO 8502-1	Détermination des produits de corrosion du fer
NF EN ISO 8502-2	Recherche des chlorures sur les surfaces nettoyées
NF EN ISO 8502-3	Évaluation de la poussière (méthode du ruban adhésif sensible à la pression)
NF EN ISO 8502-4	Principes directeurs pour l'estimation de la probabilité de condensation
ISO 8502-5	Mesurage des chlorures sur les surfaces (méthode du tube détecteur d'ions)
NF EN ISO 8502-6	Extraction des contaminants solubles en vue de l'analyse – Méthode de Bresle
ISO 8502-7 (projet)	Détermination des huiles et des graisses
ISO 8502-8	Détermination réfractométrique de l'humidité
NF EN ISO 8502-9	Détermination des sels solubles dans l'eau par conductimétrie
ISO 8502-10	Détermination titrimétrique du chlorure hydrosoluble
ISO 8502-11 (projet)	Détermination turbidimétrique du sulfate hydrosoluble
ISO 8502-12	Détermination des ions ferreux hydrosolubles par titrimétrie
ISO 8502-13 (projet)	Détermination conductimétrique des sels solubles

Les ions chlorures sont dosables en utilisant les normes NF EN ISO 8502-2 et ISO 8502-10. Elles utilisent le principe du dosage des ions chlorures par du nitrate d'argent en présence d'ions mercuriques.

La norme ISO 8502-5 propose la méthode « dite du tube détecteur d'ion » pour le dosage des chlorures. Cette méthode semble très délicate dans sa mise en œuvre.

Les ions sulfates pourront être dosés selon la norme ISO 8502-11.

C – Recherche de poussières

Ce test d'évaluation des poussières est traité dans la norme NF EN ISO 8502-3. L'essai consiste à appliquer sur la surface décapée un ruban adhésif transparent de 25 mm de large normalisé. Après l'avoir retiré en s'aidant d'une loupe, on compare les particules collées au ruban adhésif à des plaques de visualisation qui permettent d'évaluer la quantité et la dimension des poussières.

D – Recherche de corps gras

Une méthode simple permet de confirmer la présence de corps gras. En effet, il suffit de déposer sur la surface douteuse une goutte d'eau et d'observer son comportement. Une goutte qui forme un dôme plutôt que de s'étaler confirme la présence d'huile ou de graisse.

La norme ISO 8502-7 est en cours de préparation pour la détection des graisses.

E – Recherche d'humidité

Détermination du point de rosée

Une attention particulière est à apporter à la présence d'humidité, les surfaces à décaper doivent être non condensantes.

Conformément aux normes NF EN ISO 8502-4, NF EN ISO 12944-7 et au fascicule 56 du CCTG, la température du subjectile doit être au moins de 3 °C au-dessus du point de rosée.

Méthodologie de l'essai :

1. à l'aide d'un psychromètre ou d'un thermomètre et hygromètre à affichage digital, on détermine la température sèche et l'humidité relative ;
2. à l'aide d'un calculateur de point de rosée ou des tables présentes dans la norme NF EN ISO 8502-4, on détermine la température de rosée en fonction des valeurs trouvées ci-dessus ;
3. Après avoir retenu la température la plus faible du support, mesurée à différents endroits, on s'assure que celle-ci est supérieure d'au moins 3 °C à la valeur du point de rosée.

Nota :

Le psychromètre, qui permet de vérifier l'étalonnage des appareils à affichage digital, reste l'instrument de référence.

Attention le passage de l'humidité relative sous les 85 % n'implique pas que la surface soit immédiatement apte à être mise en peinture, il faut que celle-ci soit sèche !

Des thermomètres et hygromètres enregistreurs régulièrement calibrés sont à placer en permanence à proximité des postes de travail.

Détermination réfractométrique de l'humidité

La norme ISO 8502-8 donne une autre méthode afin de déterminer la présence d'humidité.

Elle consiste à mesurer l'humidité de surface lorsque la température ne permet pas d'atteindre une marge suffisante par rapport au point de rosée (zone à forte humidité relative).

La réalisation de l'essai débute par l'extraction de l'humidité de surface par la méthode de Bresle avec, comme solvant, un mélange eau / éthylène glycol. Puis, on mesure l'indice de réfraction du mélange avant et après l'extraction. La variation de l'indice de réfraction est associée à une densité surfacique en humidité. La précision est de plus ou moins 4 g/m².

Une méthode empirique existe, elle consiste à plaquer une feuille de papier à cigarette sur la surface à tester. Si celle-ci est humide, le papier reste collé sinon il tombera.

Valeurs limites recommandées en polluant de surface

Établir des valeurs limites pour chacun des polluants de surface n'est pas aisé car, même si des études ont été réalisées, les conditions opératoires (type de peinture, milieu, etc.) et les phénomènes mis en jeu sont loin d'être reproductibles. Selon les sources bibliographiques, les données et les seuils admissibles peuvent varier considérablement (parfois dans un rapport de 1 à 25).

Les ions ferreux n'ont pas de valeur seuil, ils permettent surtout de mettre en évidence une corrosion non visible.

La surface à peindre doit être exempte de poussières et de graisses.

La valeur tolérée en sels solubles, valeur au-delà de laquelle il y a risque de conséquences néfastes sur le système de peinture, est de 30 mg/m² pour les surfaces immergées et de 50 mg/m² pour les surfaces aériennes (cf. fascicule 56 du CCTG). Ces limites ont été fixées en assimilant tous les sels solubles à des chlorures.

En exploitant les données issues de l'ISO/TR 15235:2001, il apparaît que la quantité d'ions chlorures induisant l'apparition de dégradations est plus faible que la quantité d'ions sulfates, toutes choses égales par ailleurs. Il n'existe pas de données sur les sels solubles autres que chlorures et sulfates.

Lorsque l'on peut vérifier que les sels solubles ne sont pas des chlorures mais plutôt des sulfates ou d'autres sels, les teneurs citées précédemment peuvent être légèrement dépassées.

Matériel de contrôle (Figure 16)



1. Thermomètre de contact
 2. Comparateur viso-tactile
 3. Rugosimètre à palpeur
 4. Psychromètre
 5. Hygromètre digital indiquant :
 – Humidité relative
 – Température ambiante
 – Point de rosée
 – Température du support

Ce contrôle est réalisé par le contrôle intérieur du fabricant qui doit remettre les fiches de contrôle de chaque lot livré sur demande de l'applicateur.

Il est conseillé au maître d'œuvre de faire réaliser un contrôle statistique en faisant faire des prélèvements pour vérification des valeurs CIR par un laboratoire extérieur spécialisé. Dans ce cadre, il est conseillé de faire contrôler le taux de cendres du produit, en plus de la masse volumique et de l'extrait sec, qui est aussi une donnée certifiée.

Les méthodes d'essais sont précisées sur la fiche de certification du système.

Pour l'établissement de la conformité par rapport aux tolérances spécifiées, on ne considère que le résultat de l'essai, sans tenir compte de l'incertitude qui lui est associée.

Le prélèvement d'une peinture anticorrosion est une opération très délicate. Une peinture est un produit hétérogène, composé notamment d'un liant, de charges lourdes et de solvant volatile parfois très volatile. L'homogénéisation doit être soignée sans pour autant être trop longue (risque d'évaporation d'une fraction du solvant). En cas de résultat négatif, il convient donc d'être très prudent avant de refuser un lot de fabrication.

– **l'étiquetage des récipients** doit au minimum comporter les mentions imposées par le référentiel de certification ACQPA afin de permettre de vérifier la conformité à la commande.

Il s'agit de :

- logo ACQPA suivi du numéro de certification du produit et éventuellement extension /C pour un produit avec certification de stabilité de couleur,
- nom et adresse du fournisseur,
- usine de fabrication ou à défaut le siège social du producteur,
- dénomination commerciale du produit telle qu'elle figure sur la fiche de certification,
- la mention claire de la date limite d'utilisation,
- numéro du lot de fabrication,
- dénomination du composant (base ou durcisseur).

La réglementation concernant notamment l'hygiène et la sécurité impose, par ailleurs, un étiquetage spécifique.

– **les conditions de stockage** qui doivent respecter les consignes de la fiche technique du fabricant et permettant de garantir la bonne conservation du stock (par exemple, mise hors gel des produits en phase aqueuse, protection à un très fort ensoleillement, etc.).

D2. L'application des produits

D21. Contrôle des produits

Le contrôle des produits porte sur :

– **la conformité des produits utilisés** par rapport à ceux qui ont été initialement certifiés ACQPA qui est basée sur les *caractéristiques d'identification rapides* (CIR) à savoir, au minimum, masse volumique et extrait sec pour les peintures liquides.

La bonne gestion qualité du stock produit est aussi un point important : rangement soigné et regroupement des produits par nature (1^{re} / 2^e / 3^e couche, etc.), base avec durcisseur, diluants associés à chaque produit.

D22. Préparation des produits

Les peintures doivent être préparées en fonction des prescriptions de la fiche technique du fabricant qui sont en partie reprises sur la fiche de certification ACQPA du système.

Ces précautions concernent :

- l’homogénéisation du produit par agitation mécanique (celle-ci peut être longue et assez difficile dans le cas de certains produits très chargés de type époxy zinc),
- la nature et la quantité recommandée des diluants pour chaque mode d’application,
- la température des produits.

et plus particulièrement pour les produits bi-composants :

- le rapport de mélange,
- l’homogénéisation de chaque composant et du mélange,
- le temps de mûrissement éventuel ou durée minimale avant utilisation,
- la durée pratique d’utilisation ou « pot-life » ou durée maximale d’utilisation après mélange (celle-ci est très fortement liée à la température du produit).

Nota :

- En ce qui concerne les produits bi-composants, seuls les conditionnements d’origine doivent être autorisés, et il est préférable de proscrire tout fractionnement de kits sur chantier. Si le fractionnement est tout de même effectué, il faut veiller à ce qu’il soit réalisé dans de bonnes conditions, par pesée, ou par volume à la règle graduée par exemple.
- Tout changement de nature et/ou proportion du diluant peut altérer les performances du produit. Il est interdit d’utiliser des diluants de substitution ou dits « universels ». Ceux-ci devront être réservés au nettoyage du matériel d’application.

D23. Application des systèmes de peinture

Les systèmes de peinture sont mis en œuvre conformément aux dispositions prévues par la

procédure d’exécution établie par l’entrepreneur, et validée par l’épreuve de convenance réalisée sur le site pendant la période de préparation des travaux. Le mode d’application de chaque produit conseillé est précisé sur la fiche de certification ACQPA du système.

Modes d’application

- L’application des systèmes de peinture s’effectue habituellement par **pulvérisation** au pistolet haute pression sans air ou Airless®. Cette technique permet en effet l’application d’une couche en forte épaisseur (plusieurs centaines de microns) tout en procurant une grande rapidité de travail.

D’autres moyens d’application par pulvérisation peuvent être cités pour information car ils sont peu employés pour les revêtements anticorrosion. Il s’agit essentiellement du pistolet pneumatique basse pression (pot sous pression ou « marmite ») et du système Airmix®.

- L’application **au rouleau** est réservée pour les petites surfaces ou les retouches. Ce mode d’application ne permet pas en effet de déposer une épaisseur importante et régulière de peinture. Cette épaisseur peut difficilement dépasser 50 à 75 µm secs selon les produits.

Compte tenu du risque de formation de bulles au sein du film, ce mode d’application est déconseillé pour la couche primaire ou toute couche à fonctionnalité anticorrosion.

Par ailleurs, pour la majorité des produits employés, l’aspect du film après séchage est souvent très hétérogène et mal tendu. Ces défauts sont encore plus importants, s’il y a présence de pigments lamellaires dans le produit (exemple aluminium) ou pour des liants thermoplastiques (exemple caoutchouc chloré).

Néanmoins, ce mode d’application, qui doit rester exceptionnel, peut parfois être la seule alternative lorsque l’application par pulvérisation est impossible en raison de contraintes très spécifiques d’un chantier (protection de l’environnement, travaux sous circulation importante, etc.).

Il est alors primordial de vérifier ce point au niveau de la définition du projet et, notamment, lors des essais préalables, car le recours exclusif à ce mode d’application condition-

nera en partie le choix du système de peinture et aura une incidence économique très importante compte-tenu des faibles cadences.

- L'application à la **brosse** est réservée pour les pré-touches ou post-touches des surfaces difficiles d'accès au pistolet (cornières, têtes de rivet, arrières de raidisseurs, arêtes vives, etc.). Elle présente l'avantage de déposer une couche fermée de peinture sur ces points singuliers sensibles avant toute application au pistolet.

Sur les ouvrages anciens, à structure complexe et aux nombreux assemblages, elle est indispensable au moins au niveau des couches primaire et intermédiaire. Étant donné que cette opération peut être assez longue et coûteuse pour l'applicateur, il faut impérativement l'imposer au niveau du CCTP dans le chapitre « Mode d'exécution » et prévoir un prix spécifique au bordereau des prix. À noter que cette opération est prévue à l'article 4.8 du fascicule 56 du CCTG.

L'usage du guipon (brosse à très long manche 1 voire 2 m) est à proscrire car ne permet aucune maîtrise des épaisseurs.

- L'application au **gant** est citée pour information car elle est essentiellement retenue pour l'application de systèmes traditionnels appliqués en fortes épaisseurs (brai-vinyls à 400 μm) sur les éléments de câblerie. Dans le cas d'utilisation de produits « innovants » tels qu'époxydes ou polyuréthanes, l'applicateur choisira plutôt une application à la brosse.

Nota :

- Pour toute application définie comme « autres modes d'application » dans la fiche de certifica-

tion ACQPA du système (pistolet air, rouleau ou brosse), l'obtention de l'épaisseur nominale sèche de la couche peut exiger l'application de plusieurs « passes » du produit, c'est à dire plusieurs applications successives après séchage de l'application précédente. Cette notion de « passe » n'est pas à confondre avec les « passes mouillé sur mouillé ». L'épaisseur nominale de la couche correspond à la définition contractuelle de la fiche de certification ACQPA, à savoir produit donné à une épaisseur définie

Sur déclaration du fabricant, la fiche de certification du système (chapitre C) précise les cas où l'épaisseur nominale ne peut pas être atteinte en une passe pour « les autres modes d'application ».

Conditions climatiques d'application

Outre l'élimination des différents contaminants traitée au chapitre D1, l'application des différentes couches du système de peinture ne pourra être effectuée que si le support est parfaitement sec et non condensant.

Pour vérifier ce dernier point, il convient de déterminer la valeur du point de rosée. Le point de rosée est fonction de la température ambiante de l'air et de son hygrométrie relative et correspond à la température à laquelle l'air se sature en vapeur d'eau et donc condensera. L'estimation du point de rosée est faite selon la norme ISO 8502 - 4.

De façon conventionnelle, un facteur de sécurité de 3 °C a été retenu, c'est-à-dire que toute application de peinture est interdite si la température du support est inférieure au point de rosée + 3 °C.

Température et taux d'hygrométrie extrêmes de l'air ambiant qui sont définis dans la fiche de certification du système doivent être respectés pendant l'application et toute la durée de formation du film. Le respect de cette dernière condition peut dans certains cas être très contraignante et difficile à maîtriser. Dans les situations extrêmes, elle peut imposer de réaliser un confinement et traitement de l'air (assécheur, chauffage) pendant le séchage des produits.

Nota :

- Les contraintes spécifiques imposées pour la récupération de l'abrasif de décapage nécessite le montage d'un échafaudage étanche autour de la structure à peindre (Fig. 17). Ce type de structure, confine l'ouvrage et permet donc une protection efficace des zones traitées par contre, elle est

Figure 17 – Exemple d'échafaudage étanche fixe à plancher jointif permettant une bonne récupération des résidus de décapage



pénalisante vis à vis du risque de condensation lors d'un changement brusque de temps.

– Certains produits (finition polyuréthane) sont particulièrement sensibles à une élévation rapide de l'hygrométrie pendant la réticulation du film. Il s'ensuit une altération liée à un blocage souvent irréversible du processus chimique de réticulation.

Le contrôle interne d'application

Le contrôle interne tel que défini à l'article 1.6 du fascicule 56 du CCTG réalisé sous la responsabilité d'un opérateur ACQPA niveau N2 doit être mis en place par l'entrepreneur dans le cadre de son plan d'assurance qualité.

Ce contrôle portera notamment sur :

- la gestion des produits (réception, préparation, etc.),
- le relevé des conditions climatiques au démarrage et à la fin de chaque opération de décapage et d'application des produits (avec en plus, le contrôle de l'enregistrement durant le séchage des produits),
- les épaisseurs humides déposées à l'aide d'une jauge humide (Fig. 18),
- l'aspect visuel des surfaces appliquées afin de relever et éventuellement reprendre certaines défauts initiaux (couleur, manque, over-spray ou pulvérisation sèche),
- les épaisseurs sèches (chapitre E).

Nota :

- De manière à différencier plus facilement les différentes couches du système, il est recommandé d'avoir recours à des couches de couleurs différentes.

Figure 18 – Contrôle de l'épaisseur humide à la jauge type peigne



- D'une façon générale, l'entrepreneur doit prendre toutes les dispositions nécessaires et les précautions qui s'imposent pour assurer la protection des surfaces, et équipement divers en place qui pourraient être tâchés, souillés ou attaqués lors de la préparation des supports et de leur mise en peinture. En particulier, l'application par projection des systèmes de peinture doit être assortie de précautions destinées à éviter des retombées de brouillard de peinture (over-spray) sur des surfaces qu'il n'est pas convenu de traiter dans le cadre du marché.

Chapitre

E

***Contrôle
de réception
du système complet
appliqué***



Les contrôles de réception concernent d'une part, la mesure de l'épaisseur sèche et de l'adhérence qui sont des essais destructifs et d'autre part, la porosité, la mesure de la couleur et de l'aspect par des méthodes non destructives.

Les résultats de ces mesures sont à comparer aux spécifications du CCTP.

La répartition et la fréquence du contrôle extérieur exercé par le maître d'œuvre doivent être adaptées au contexte particulier de chaque chantier, qui peut, notamment, varier selon l'importance des surfaces à peindre, les cadences de l'entreprise, les contraintes particulières d'exploitation de l'ouvrage, les résultats du contrôle intérieur ou sa défaillance éventuelle.

E1. Contrôle des épaisseurs sèches

La mesure et les critères d'acceptation sont définis par la norme ISO 19840.

Avant toute mesure, le contrôleur doit régler son appareil de contrôle sur cale lisse au niveau du zéro et en encadrant l'épaisseur du feuillet à mesurer à l'aide de cales calibrées.

Le contrôleur devra vérifier, avant toute mesure, que le film ne « poinçonne » pas sous l'application de la sonde, en effectuant quelques mesures comparatives en intercalant une cale d'épaisseur connue (par exemple 100 µm) entre le film et la sonde.

Cette vérification est d'autant plus importante, que les conditions de séchage du produit auront été sévères (basse température notamment).

Il convient de distinguer les deux supports possibles : acier ou acier métallisé et acier galvanisé.

E11. Support en acier ou acier métallisé

La méthode de mesure la plus employée repose sur le principe de l'induction électromagnétique. À noter que les appareils, couramment appelés « banane », fonctionnant par répulsion magnétique, sont à proscrire en raison de leur trop faible précision.

Pour tenir compte de l'influence de la rugosité obtenue après décapage de la surface, il faut appli-

quer **une valeur de correction** à la lecture de l'instrument de mesure. Cette valeur dépend de la méthode de préparation de surface employée. Dans le cadre d'un décapage par projection d'abrasif avec obtention d'un profil Moyen G selon ISO 8503-1 (cas d'un système certifié ACQPA), cette valeur de correction est de **- 25 µm**.

La norme précise le plan d'échantillonnage à respecter ainsi que les critères d'acceptation ou de refus de l'aire contrôlée, ce qui implique que, préalablement à toute opération de contrôle (intérieur ou extérieur), l'ensemble des intervenants se soit entendu sur la définition des surfaces d'inspection. Il est conseillé d'évoquer ce point important, au démarrage du chantier, lors de la réunion préalable ou des épreuves de convenance.

E12. Support en acier galvanisé

La mesure repose sur le principe du courant de Foucault. L'appareil utilisé peut être identique à celui employé sur support acier (sonde spéciale polyvalente).

Lorsque le contrôle porte sur l'épaisseur du revêtement de zinc, les mesures doivent être réalisées conformément à la norme NF EN ISO 1461 qui précise, entre autre, l'échantillonnage des mesures et les critères d'acceptation et de refus.

Dans le cas où un système de peinture complète la protection par galvanisation (cas des systèmes de la classe de certification C4 G), le problème du contrôle de réception du revêtement réside dans le fait que les deux normes de références (ISO 1461 pour la galvanisation et ISO 19840 pour la peinture) ne se recoupent pas, quant au plan d'échantillonnage et aux critères d'acceptation.

Dans ce cas, un accord est à trouver entre les parties. Il est conseillé d'évoquer ce point au cours de la réunion préalable.

La méthodologie suivante peut être appliquée :

- réception de l'épaisseur du revêtement de galvanisation conformément aux critères (échantillonnage et acceptation/refus) de la norme ISO 1461 ;
- réception de l'épaisseur du revêtement de peinture en prenant en compte le même échantillonnage que celui défini dans la norme ISO 1461 et en exploitant les résultats en fonction des critères d'acceptation/refus de la norme ISO 19840 (sans prise en compte du facteur de correction de 25 µm).

E2. Contrôle de l'adhérence

L'adhérence du feuillet peut être évaluée de deux façons différentes en fonction de l'épaisseur du système :

– si l'épaisseur du revêtement est inférieure à 250 µm, la méthode préconisée est l'essai de **quadrillage** ;

– si l'épaisseur du revêtement est supérieure à 250 µm, la méthode préconisée est l'essai d'**adhérence par traction**.

À noter, que l'essai de quadrillage comme rappelé dans la norme NF EN ISO 2409 paragraphe 1 est un essai « empirique » ... qui « ne peut être considéré comme un moyen de mesurer l'adhérence. Lorsqu'on désire une mesure de l'adhérence, on utilisera la méthode définie dans la NF EN ISO 4624 Adhérence par traction ».

Par ailleurs, ces deux méthodes, et plus particulièrement l'essai de traction, sont difficilement transposables sur chantier dans le cadre de contrôle de réception sans certaines adaptations et précisions. À l'heure actuelle, un groupe de travail international est en train d'écrire deux nouvelles normes concernant les essais *in situ* et les critères de réception/refus.

Ces essais sont destructifs et les résultats sont très dispersés. Il convient donc de les employer qu'en cas de nécessité (doutes sur la préparation d'une surface, pollutions d'une surface etc). En attendant la publication des normes à venir, il est indispensable de trouver un accord avec l'entreprise sur le plan d'échantillonnage, les critères d'acceptation/refus et la réparation des zones d'essai.

Le séchage du film a une incidence particulière sur la l'adhérence et la cohésion du feuillet et il est donc indispensable de consulter l'avis du fabricant pour fixer la durée minimale de séchage du revêtement.

E 21. Essai de quadrillage NF EN ISO 2409

L'essai permet l'estimation de la résistance du revêtement à être séparé de son subjectile lorsqu'on y pratique des incisions allant jusqu'au subjectile. Pour les détails pratiques de réalisation de l'essai voir le chapitre A « visite de l'ouvrage ».

Le résultat de l'essai est particulièrement sensible à la régularité des incisions (guidage, profondeur,

tranchant de la lame), à l'adhésif employé (adhésivité, vitesse d'arrachage). Il faudra réserver sa réalisation à un contrôleur expérimenté compétant qui saura prendre les réserves nécessaires quant à l'interprétation des résultats et les conclusions à en tirer.

Le projet prENISO16276-2 de norme internationale en cours de rédaction, qui s'appuie sur la norme actuelle NF EN ISO 2409, la complète en définissant notamment :

- une autre méthode dite Croix de Saint André,
- un **plan d'échantillonnage** :
 - cinq mesures pour une surface inférieure à 1 000 m²,
 - cinq mesures par 1 000 m² supplémentaires ;
- des critères **d'interprétation et d'acceptation** :
 - chaque valeur individuelle inférieure ou égale à la spécification,
 - pas plus de 20 % des valeurs présentant une cote égale à la cote spécifiée.

E22. Essai d'adhérence par traction NF EN ISO 4624

La plus grande difficulté de transposition de cette méthode sur chantier réside dans le fait que le dynamomètre répondant strictement aux spécifications de la norme est un matériel à montée en charge constante, qui est encombrant, lourd et donc difficile à mettre en œuvre sur chantier.

Aussi, nous pensons qu'un dynamomètre manuel « classique », permettant l'application de l'effort de traction perpendiculairement au subjectile, avec une vitesse de déplacement dont l'utilisateur expérimenté prend la précaution de s'assurer qu'elle est la plus constante possible au cours de l'essai, est préférable.

Cet essai permet la détermination de deux caractéristiques :

- la valeur d'adhérence à la rupture,
- le mode de rupture du système de peinture.

Cette notion, qui permet de différencier une rupture adhésive (décollement entre deux couches) d'une rupture cohésive (rupture au sein d'une même couche) est très importante. Elle est donc à considérer avec intérêt lors de l'exploitation des résultats de l'essai.

Le projet de norme internationale en cours de rédaction prENISO16276-1, qui s'appuie sur la

norme actuelle ISO 4624, la complète en définissant notamment :

– un **plan d'échantillonnage** :

- trois plots par surface de 250 m² pour une surface jusqu'à 1000 m²,
- douze plots + 1 plot par 1 000 m² supplémentaires pour une surface supérieure à 1 000 m² ;

– des **critères précis d'interprétation et d'acceptation des résultats** :

- si la résistance à la rupture dépasse la valeur spécifiée, l'essai est alors valide quel que soit le type de rupture,
- sauf indication contraire dans le cahier des charges, si la mesure dépasse la valeur spécifiée, il n'est pas nécessaire de poursuivre jusqu'à la rupture,
- si la résistance à la rupture ne correspond pas à la valeur spécifiée, la validité de l'essai doit être établie :

- une rupture dans la colle supérieure à 20 % de la surface de la face soumise à l'essai du plot d'essai n'est pas un essai valide et l'essai doit être répété,

- l'essai est valide si le conditionnement a été effectué conformément à l'EN ISO 4624 (par exemple, panneaux d'essai conditionnés à (23 ± 2) °C, à une humidité relative de (50 ± 5) %, pendant une durée minimale de 16 h (sauf accord contraire). Sinon, des essais en laboratoire (6.3.2) conformément à l'EN ISO 4624 sont requis afin de confirmer les résultats. Si les essais en laboratoire donnent une série de valeurs différentes, celles-ci doivent être considérées comme valides.

Nota : Lorsque l'on doit identifier les ruptures d'adhérence ou de cohésion, il est recommandé que la rupture correspondante couvre plus de 80 % de la surface de la face soumise à l'essai du plot d'essai.

E3. Contrôle de la porosité ASTM D 5162

Le terme porosité est utilisé pour décrire des discontinuités dans le film de peinture tels que piqûres ou pores. Le contrôle de l'absence de tels

défauts est primordial pour les zones immergées et beaucoup moins pour les autres zones. Les modalités de réalisation du contrôle sont rappelées au chapitre A « visite de l'ouvrage ».

Cet instrument, bien que facile à mettre en œuvre sur chantier, ne peut cependant pas être employé sur des revêtements conducteurs tel que primaire riche en zinc couramment employé.

De plus, la vitesse de détection est faible et il ne permet pas la détection des discontinuités ne traversant pas le revêtement jusqu'au subjectile.

E4. Contrôle de la couleur et de l'aspect

E41. Contrôle de la couleur NFT 34-554

La mesure est réalisée conformément à la norme NF T 34.554 – 2 au moyen d'un colorimètre, en tant que « point zéro » pour un suivi ultérieur de sa stabilité et dans le cas où la garantie comporterait une clause de cette stabilité (Fig. 19).

Le contrôle permet de déterminer un écart colorimétrique :

- de **constance**, c'est-à-dire de variation dans le temps de la teinte sur l'ensemble de l'ouvrage, par exemple au temps « t » dans le cadre de la garantie ;
- ou d'**uniformité**, c'est-à-dire de variation dans le temps de la teinte entre deux parties d'ouvrage au temps « t₀ » à la réception ou « t » dans le cadre de la garantie.

Figure 19 – Mesure de la couleur par colorimètre tri-stimuli



L'écart colorimétrique ΔE_{ab} permet de suivre l'évolution de la teinte du revêtement. Pour les couleurs du nuancier ACQPA, l'écart colorimétrique acceptable est donné dans la norme NFT 34.554 – 1.

L'attention doit être attirée sur le fait que, dans un certain nombre de cas, la perception visuelle de la variation de la teinte est accentuée par un phénomène complémentaire de dégradation du liant de la peinture appelé farinage, qui se traduit par la formation d'une poudre fine peu adhérente à la surface du feuillet (à ne pas confondre avec l'encrassement) dont on ne peut pas tenir compte lors de la mesure de l'écart colorimétrique, car chaque mesure est précédée d'un lavage ayant pour conséquence l'élimination du farinage et donc le retour à la teinte initiale.

E42. Contrôle de l'aspect

La série des normes NF EN ISO 4628 1 à 6 permet l'évaluation de la dégradation du revêtement par la désignation de l'intensité, de la quantité et de la taille des défauts les plus courants, à savoir : cloquage, enrrouillement, craquelage, écaillage et farinage.

Le principe d'utilisation et de cotation de ces normes est rappelé chapitre A « visite de l'ouvrage ».

L'examen minutieux visuel du revêtement, permet de déceler d'autres types de défauts de type : manque, frisage, saignement, embu, cratère, bullage, écaillage, faïençage, craquelage, matage, poudrage, cordage, coulure, ragage, rayure, etc.

Bibliographie

- [1] Fascicule 56 du CCTG « Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion » (arrêté du 12 juin 2004),
- [2] Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art – fascicule 33 – 2^e partie – Ponts métalliques (acier, fer, fonte),
- [3] norme NF EN ISO 12944 Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture :
 - partie 1 : introduction générale,
 - partie 2 : classification des environnements,
 - partie 3 : conception et dispositions constructives,
 - partie 4 : types de surfaces et de préparation de surface,
 - partie 5 : systèmes de peinture.
- [4] norme NF T 36001 : Dictionnaire technique des peintures et des travaux d'application.
- [5] norme ISO 9223 – 1992 : Corrosion des métaux et alliages – Corrosivité des atmosphères – Classification,
- [6] norme ISO 9226 – 1992 : Corrosion des métaux et alliages – Corrosivité des atmosphères – détermination de la vitesse de corrosion d'éprouvettes de référence pour l'évaluation de la corrosivité,
- [7] norme NF EN ISO 4628 : Évaluation de la dégradation des surfaces peintes. Désignation de l'intensité, de la quantité et de la dimension des types courants de défauts :
 - partie 1 : principes généraux et modes de notation,
 - partie 2 : désignation du degré de cloquage,
 - partie 3 : désignation du degré d'enrouillement,
 - partie 4 : désignation du degré de craquelage,
 - partie 5 : désignation du degré d'écaillage,
 - partie 6 : désignation du degré de farinage.
- [8] norme NF EN ISO 2808 : Peintures et vernis. Détermination de l'épaisseur du feuillet.
- [9] norme ISO 19840 : Anticorrosion des structures en acier par système de peinture. Mesures et critères d'acceptation de l'épaisseur d'un feuillet sec.
- [10] norme NF EN ISO 2409 : essai de quadrillage.
- [11] norme NF EN ISO 4624 : essai de traction.
- [12] ASTM D 5162 : détecteur de porosité d'un revêtement sur substrat métallique. Détecteur de porosité basse tension (éponge humide).
- [13] Guy MAIRE et Daniel ANDRE – Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées n° 232, NIT : Protection anticorrosion des OA métalliques – La méthode électrique de détection des porosités.

- [14] Philip HAKRANYI – LRPC Nancy – EGR 1 H EP 41 – Étude de la porosité des films de peinture appliqués sur les OA métalliques – Méthode basse tension.
- [15] Norme NF EN ISO 8502 : Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures. Essais pour apprécier la propreté d'une surface :
- partie 6 : Extraction des contaminants solubles en vue de l'analyse. Méthode de Bresle,
 - partie 9 : méthode in situ pour la détermination des sels solubles dans l'eau par conductimétrie.
- [16] ISO 9226 : Corrosion des métaux et alliages. Corrosivité des atmosphères. Détermination de la vitesse de corrosion d'éprouvettes de référence pour l'évaluation de la corrosivité.
- [17] NFT 35-520 : « Préparation de surface d'acier déjà revêtue – DÉCAPAGE A L'EAU SOUS PRESSION ».
- [18] NFT 35 506 : « Peinture primaire d'atelier à la poussière de zinc – DÉFINITION DES DEGRÉS DE PRÉPARATION SECONDAIRE DE SURFACES ».
- [19] ISO 8501-1 et 2 (SIS/S5055900) : « Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et produits assimilés – ÉVALUATION VISUELLE DE LA PROPRETÉ D'UN SUBJECTILE ».
- [20] ISO 8502 (Parties 1 à 13) : « Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés – ESSAI POUR APPRÉCIER LA PROPRETÉ D'UNE SURFACE ».
- Partie 1 : « Essai in situ pour l'évaluation des produits de corrosion du fer soluble »,
 - Partie 2 : « Recherche des chlorures sur les surfaces nettoyées »,
 - Partie 3 : « Évaluation de la poussière sur les surfaces d'acier préparées pour la mise en peinture (Méthode du ruban adhésif sensible à la pression) »,
 - Partie 4 : « Principes directeurs pour l'estimation de la probabilité de condensation avant application de peinture »,
 - Partie 5 : « Mesurage des chlorures sur les surfaces d'acier préparées pour la mise en peinture (méthode du tube détecteur d'ion) »,
 - Partie 6 : « Extraction des contaminants solubles en vue de l'analyse (Méthode de BRESLE) »,
 - Partie 7 : « Méthode in situ pour la détermination des corps gras et des huiles »,
 - Partie 8 : « Méthode in situ pour la détermination de l'humidité par réfractométrie »,
 - Partie 9 : « Méthode in situ pour la détermination des sels solubles dans l'eau par conductimétrie »,
 - Partie 10 : « Méthode in situ pour la détermination des chlorures par titrimétrie »,
 - Partie 11 : « Méthode in situ pour la détermination turbidimétrique du sulfate hydrosoluble »,
 - Partie 12 : « Méthode in situ pour la détermination des ions ferreux hydrosolubles par titrimétrie »,
 - Partie 13 : « Méthode in situ pour la détermination conductimétrique des sels solubles » (norme en préparation).
- [21] ISO 8503 (Parties 1 à 4) : « Préparation des subjectiles d'acier avant application des peintures et de produits assimilés - CARACTÉRISTIQUES DE RUGOSITÉ DES SUBJECTILES D'ACIER DÉCAPÉS ».
- Partie 1 : « Spécification et définitions relatives aux échantillons de comparaison VISO-TACTILE ISO pour caractériser les surfaces préparées par projection d'abrasif »,
 - Partie 2 : « Méthode pour caractériser un profil d'une surface en acier décapée par projection d'abrasif – utilisation d'échantillons de comparaison VISO-TACTILE ISO »,
 - Partie 3 : « Méthode pour étalonner les échantillons de comparaison VISO-TACTILE ISO et pour caractériser un profil de surface – utilisation d'un microscope optique »,
 - Partie 4 : « Méthode pour étalonner les échantillons de comparaison VISO-TACTILE ISO et pour caractériser un profil de surface – utilisation d'un appareil à palpeur ».
- [22] ISO 8504 (Parties 1 à 3) : « Méthode de préparation des subjectiles ».
- Partie 1 : « Principes généraux »,
 - Partie 2 : « Décapage par projection d'abrasif »,
 - Partie 3 : « Nettoyage à la main et à la machine ».
- [23] ISO 11125 (Parties 1 à 7) : « Méthodes d'essais pour abrasifs métalliques ».
- Partie 1 : « Échantillonnage »,

- Partie 2 : « Analyse granulométrique »,
 - Partie 3 : « Détermination de la dureté »,
 - Partie 4 : « Détermination de la masse volumique apparente »,
 - Partie 5 : « Détermination du pourcentage de particules défectueuses et de la microstructure »,
 - Partie 6 : « Détermination des matières étrangères »,
 - Partie 7 : « Détermination de l'humidité ».
- [24] ISO 11124 (Parties 1 à 4) : « Spécification des abrasifs métalliques ».
- Partie 1 : « Introduction et classification »,
 - Partie 2 : « Grenaille angulaire en fonte trempée »,
 - Partie 3 : « Grenailles ronde et angulaire en acier coulé à haut carbone »,
 - Partie 4 : « Grenaille ronde en acier coulé à bas carbone ».
- [25] ISO 11127 (Parties 1 à 7) « Méthodes d'essais pour abrasifs non métalliques ».
- Partie 1 : « Échantillonnage »,
 - Partie 2 : « Analyse granulométrique »,
 - Partie 3 : « Masse volumique »,
 - Partie 4 : « Dureté à la lame de verre »,
 - Partie 5 : « Humidité »,
 - Partie 6 : « Contaminants solubles dans l'eau par conductimétrie »,
 - Partie 7 : « Chlorures solubles ».
- [26] ISO 11126 (Parties 1 à 10) : « Spécifications des abrasifs non métalliques ».
- Partie 1 : « Introduction générale et classification »,
 - Partie 2 : « Sable siliceux »,
 - Partie 3 : « Scories de raffinage du cuivre »,
 - Partie 4 : « Scories de four à charbon »,
 - Partie 5 : « Scories de raffinage du nickel »,
 - Partie 6 : « Scories de hauts fourneaux »,
 - Partie 7 : « Scories oxyde d'aluminium fondu »,
 - Partie 8 : « Sable d'Olivine »,
 - Partie 9 : « Staurolite »,
 - Partie 10 : « Grenat ».
- [27] ASTM D 4940 : « Contrôle des abrasifs ».
- [28] ISO 12944 : « Anticorrosion des structures en acier par système de peinture ».
- Partie 3 : « Conception et dispositions constructives »,
 - Partie 4 : « Types de surface et de préparation de surface ».
- [29] SSPC/SP-12 / NACE 5 : « Surface preparation and cleaning of steel and other hand materials by high and ultrahigh pressure water jetting. Prior to recoating ».
- [30] SSPC-VIS4 (1) / NACE 7 : « Visual reference photographs for steel cleaned by water jetting ».
- [31] STG Guide n° 2222 : « Definition of preparation grades for high-pressure water-jetting ».
- [32] ISO 4287 : « SPÉCIFICATIONS GÉOMÉTRIQUES DES PRODUITS – État de surface : Méthode du profil – termes, définitions et paramètre d'état de surface ».
- [33] ISO TR 15235 : « Préparation des subjectiles d'acier avant application des peintures et de produits assimilés. Conseils sur les teneurs en contamination en sels solubles dans l'eau ».

Annexe : Prélèvement et évaluation de la salinité globale sur une surface

Prélèvement de polluants sur une surface par la méthode de Bresle (NF EN ISO 8502-6) et évaluation de la salinité globale par conductivité électrique (NF EN ISO 8502-9)



Extraction des sels ou polluants méthodes de Bresle (norme NF EN ISO 8502-6)

On plaque une poche en caoutchouc (ou patch) munie d'un réservoir central **(1)** sur la zone à tester. Durant la période de préparation de l'opération de collage, la zone à tester aura été protégée par un masque magnétique qui permettra en outre le positionnement correct du patch **(2) (3)**.

La conductivité de l'eau désionisée destinée à l'extraction est vérifiée pour s'assurer que sa conductivité électrique initiale est inférieure à 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ **(4)** (toutefois si un solvant autre que l'eau est susceptible d'être utilisé, sa pureté sera évaluée sur un autre critère).

À l'aide d'une seringue hypodermique munie d'une aiguille **(5)**, le réservoir est rempli d'eau (= 3 ml) **(6)**. L'eau est laissée en contact du subjectile durant 10 min puis elle est brassée par une série de pompages et d'injections (au moins 4) réalisés au moyen de la seringue. Enfin l'eau chargée en sel est extraite le plus complètement possible et conservée. On recommence cette opération au moins une fois avec une charge d'eau désionisée.

Détermination de la quantité globale en sels dissous (norme NF EN ISO 8502-9)

Le paramètre intéressant est alors mesuré ou dosé dans le cas présent la salinité globale **(7)**.

Document publié par le LCPC	sous le numéro J1050420
Conception et réalisation	DESK
Dessins	LCPC-DISTC, Philippe Caquelard
Crédits photographiques	LCPC, LRPC de Blois
Impression	Jouve - N°
Dépôt légal	4 ^e trimestre 2005



Ce guide technique s'adresse aux ingénieurs et techniciens ayant en charge la protection anticorrosion d'un ouvrage métallique par peintures. Sa publication suit de peu celle du nouveau fascicule 56 du CCTG et vient développer et approfondir certaines de ses dispositions relatives à l'entretien de cette protection.

Les deux premiers chapitres développent deux opérations préalables à ces travaux d'entretien :

- la visite de reconnaissance de l'ouvrage et de la protection en place,
- l'essai préalable de décapage.

Le troisième chapitre traite du choix de la technique d'entretien, choix découlant des deux premiers chapitres.

Le chapitre 4 développe, ensuite, les techniques de suivi des travaux : suivi de la préparation de surface et suivi de l'application des produits.

Enfin, le dernier chapitre fait le point des méthodes utilisables pour évaluer la conformité de la protection mise en place à celle spécifiée.

Il faut signaler que si les trois premiers chapitres sont spécifiques à l'entretien de la protection des ouvrages existants, les deux derniers sont également applicables à la protection des ouvrages neufs.

This technical guide is intended for engineers and technicians who are responsible for the corrosion protection of metal structures using paint. Its publication follows shortly after that of the new Part 56 of the General Technical Conditions (CCTG) and extends and improves some of its recommendations concerning the maintenance of such protection.

The first two chapters are concerned with two operations that precede maintenance:

- inspection of the structure and its existing protection,
- preliminary pickling test.

The 3rd chapter deals with the selection of a maintenance technique, based on the operations described in the first two chapters.

Chapter 4 then covers methods of monitoring the preparation of the surface and the application of products.

The final chapter takes stock of the assessment techniques that are available for ascertaining whether the applied protection conforms with that specified.

It should be noted that while the first three chapters apply specifically to maintenance of the corrosion protection on existing structures, the last two are also applicable to new structures.