



Les Terrasses du Port de Marseille, Michel Pétauud Létang, agence SAS 4A

## TRAITEMENTS DE SURFACE, ANTICORROSION ET FINITION

Il revient à l'économiste de définir des solutions adéquates de protection anticorrosion dans tous les domaines : structures, enveloppes et équipements (métallerie et menuiseries extérieures). Il est nécessaire de prendre en compte pour l'estimation économique et la rédaction des pièces écrites, à la fois les connaissances liées aux pratiques professionnelles et les exigences des différentes normes.

### Critère de choix

Le choix du traitement de surface dépend du support (acier, acier inoxydable...), du degré d'agressivité du milieu environnant et de deux notions fondamentales qu'il convient de définir précisément : la durabilité et la garantie.

La durabilité ne constitue pas une durée de garantie. C'est une notion technique qui peut aider le maître d'ouvrage à établir un programme d'entretien. La durée de garantie est une notion juridique qui fait l'objet de dispositions précises dans la partie administrative d'un contrat. Elle est généralement plus courte que la durabilité. Il n'existe aucune règle corrélant ces deux durées.

La prise en compte de ces différents critères permet le choix de la technique de protection du système de revêtement (revêtement métallique, revêtement organique ou revêtement mixte métal + peinture, couramment appelé système Duplex...) et des conditions de mise en œuvre.

Les systèmes présentés dans ce guide sont des méthodes de protection économiques adaptées aux climats européens. Dans certaines circonstances, d'autres méthodes de protection peuvent être plus avantageuses tout en étant conformes.

### Normes

L'environnement a un fort impact sur le vieillissement et la dégradation des structures et surfaces en acier, si ce matériau n'est pas suffisamment protégé. Il se corrode à une vitesse qui dépend de l'agressivité de l'environnement.

Les diverses professions liées à l'utilisation de l'acier dans le domaine de la construction mettent en application différentes normes complémentaires dont les principales sont :

- La norme NF EN ISO 12 944 qui définit la protection des structures métalliques contre la corrosion et comporte dans sa partie 2 les différentes catégories d'environnement ;
- la norme NF P 24-351 qui définit la protection contre la corrosion et la préservation des états de surface des menuiseries métalliques, façades rideaux, panneaux à ossature métallique et ouvrages de métallerie ;
- les normes NF EN ISO 1461 & NF EN ISO 14713 qui définissent la protection contre la corrosion des ouvrages en acier par galvanisation, complétées par la norme NF A 35-503 concernant la qualité des aciers destinés à être galvanisés.

Il convient d'accorder ces différentes normes entre elles et de se préoccuper de l'environnement :

- Le macro-environnement d'un ouvrage est défini par les mesures scientifiques disponibles dans l'environnement : l'humidité relative, la température, les taux de dépôt des sulfates et des chlorures ;
- le Micro Environnement proche de l'ouvrage dont certains critères doivent être pris en considération pour choisir la catégorie de corrosion la mieux adaptée ;
- l'Hygrométrie - Mesure de l'humidité de l'air, à savoir la quantité d'eau sous forme gazeuse présente dans l'air humide (ou dans un autre gaz, dans certaines applications industrielles).

Les normes NF EN ISO 12944 et 14713 prévoient six niveaux de corrosion

EXEMPLES D'ENVIRONNEMENT TYPES DANS UN CLIMAT TEMPÉRÉ (à titre d'information)		
Catégorie de corrosivité	Extérieur	Intérieur
<b>C1</b> Très faible	Zone sèche ou froite avec une atmosphère avec un faible niveau de pollution et d'humidité	Bâtiments chauffés à atmosphère propre (bureaux, magasins, écoles, hôtels...)
<b>C2</b> Faible	Atmosphère avec un faible niveau de pollution – Surtout zones rurales.	Bâtiments non chauffés où de la condensation peut se produire (entrepôts, salles de sport...)
<b>C3</b> Moyenne	Atmosphères urbaines et industrielles, pollution modérée par le dioxyde de soufre – Zones côtières à faible salinité.	Enceintes de fabrication avec une humidité élevée et une certaine pollution de l'air (industrie alimentaire, blanchisseries, brasseries, laiteries...)
<b>C4</b> Élevée	Zones industrielles et zones côtières à salinité modérée.	Usines chimiques, piscines, chantiers navals côtiers...
<b>C5-1 ou M (12 944) C5 (14 713)</b> Très élevée	Zones industrielles avec une humidité élevée et une atmosphère agressive.	Bâtiments ou zones avec une condensation et une pollution élevée.
<b>CX (14 713)</b> Extrême	Zones à très longues périodes d'humidité avec une atmosphère très agressive	Bâtiments ou zones avec une condensation et une pollution très élevée.

La norme NF P 24-351 prévoit cinq niveaux en intérieur et huit niveaux en atmosphères extérieures directes et une classification spécifique pour les façades légères

EXEMPLES D'ATMOSPHÈRES EXTÉRIEURES DIRECTES La frontière entre ambiance intérieure et atmosphère extérieure est le plan d'étanchéité à l'eau et à l'air.		
Catégorie de corrosivité	Désignation	Définition
<b>E11</b>	Atmosphère rurale non polluée	Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées à la campagne en l'absence de source de corrosion particulière, par exemple : retombées de fumée contenant des vapeurs sulfureuses.
<b>E12</b>	Atmosphère normale urbaine ou industrielle	Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées dans des agglomérations petites ou moyennes et/ou dans un environnement industriel comportant une ou plusieurs usines produisant des gaz et des fumées créant un accroissement de la pollution atmosphérique sans être source de corrosion due à la forte teneur en composés
<b>E14</b>	Atmosphère marine	Atmosphère des constructions situées entre 10 km et 20 km du littoral
<b>E15</b>	Atmosphère marine	Atmosphère des constructions situées entre 3 km et 10 km du littoral
<b>E16</b>	Atmosphère marine	Moins de 3 km du littoral, à l'exclusion des conditions d'attaque directe par l'eau de mer et les embruns (front de mer).
<b>E17</b>	Atmosphère mixte normale	Milieu correspondant à la concomitance de l'atmosphère marine de bord de mer E 16 et de l'atmosphère normale urbaine ou industrielle E12 .
<b>E18</b>	Atmosphère mixte sévère	Milieu correspondant à la concomitance de l'atmosphère marine de bord de mer E 16 et de l'atmosphère sévère urbaine ou industrielle E13 .
<b>E19</b>	Atmosphère agressive	Milieu où la sévérité des expositions décrites précédemment est accrue par certains effets tels que : corrosivité très importante ; abrasion ; températures élevées ; hygrométries élevées ; dépôts de poussière importants ; embruns en front de mer...
<b>E21 À E29</b>	Atmosphères extérieures protégées et ventilées	Milieus correspondant à celui d'une lame d'air (ou volume d'air) ventilée, selon définition de la norme XP P 28-002 (Référence DTU 33.1) à l'intérieur d'une façade légère de type IV, en excluant l'intérieur d'un profilé tubulaire même ventilé. Le comportement esthétique des surfaces considérées en elles-mêmes, dans un tel milieu n'est pas pris en compte puisque non vu de l'extérieur des constructions.

EXEMPLES D'AMBIANCES INTÉRIEURES EN FONCTION DE LEUR HYGROMÉTRIE		
Catégorie de corrosivité	Désignation	Définition
11	Locaux à faible hygrométrie	Immeubles de bureaux non conditionnés, externats scolaires, logements équipés de ventilations mécaniques contrôlées et de systèmes propres à évacuer les pointes de production de vapeur d'eau dès qu'elles se produisent (hottes, etc.). Bâtiments industriels à usage de stockage, ateliers mécaniques, sans production de vapeur. Locaux sportifs sans public (sauf piscines ou patinoires), non compris leurs dépendances (douches, vestiaires, etc.).
12	Locaux à hygrométrie moyenne	Locaux scolaires sous réserve d'une ventilation appropriée. Bâtiments d'habitation, y compris les cuisines et salles d'eaux, correctement chauffés et ventilés sans sur-occupation. Locaux sportifs avec public. Locaux culturels et salles polyvalentes ou de culte. Cette catégorie de locaux peut être classée en fonction de l'intensité de l'occupation en moyenne ou forte hygrométrie. Locaux climatisés où l'hygrométrie, même lorsque la température extérieure est basse (hiver), n'est pas supérieure à une hygrométrie moyenne.
13	Locaux à forte hygrométrie	Bâtiments d'habitation médiocrement ventilés et sur-occupés. Locaux avec forte concentration humaine ou animale (vestiaires collectifs, bâtiments d'élevage agricole, manèges de chevaux, certains ateliers, etc.). Locaux à atmosphère humide contrôlée pour les besoins de la fabrication des produits. Locaux climatisés où il est maintenu une forte hygrométrie même lorsque la température extérieure est basse (hiver). Locaux chauffés par panneaux radiants à combustible gaz.
14	Locaux à très forte hygrométrie	Locaux spéciaux tels que locaux industriels nécessitant le maintien d'une humidité relativement élevée, locaux sanitaires de collectivités d'utilisation très fréquente. Locaux avec forte production de vapeur d'eau mais où l'ambiance ne présente pas une corrosivité importante même de façon intermittente.
15	Ambiance agressive	Ambiance présentant une corrosivité importante même de façon intermittente (corrosion chimique, aspersion corrosives, etc.).

À chaque niveau de corrosion correspond un ou plusieurs traitements de surface adaptés tenant compte des travaux préparatoires du support (préparation de surface primaire et/ou secondaire), des conditions et natures des protections anticorrosion et de l'état de surface final souhaité.

**La galvanisation est écologique, pérenne, économique et durable**

Le zinc est entièrement recyclable et peut être réutilisé indéfiniment, tout en conservant ses propriétés. C'est un élément naturel et indispensable aux processus biologiques vitaux. Dans l'inventaire du cycle de vie, la galvanisation est le plus écologique des traitements anticorrosion.

L'un des principaux atouts de la galvanisation ISO 1461 est son aptitude à protéger entièrement toutes les surfaces de vos pièces en acier avec du zinc contre les effets de la corrosion, d'où une plus grande pérennité et durabilité des ouvrages métalliques.

La durée de vie exceptionnellement longue avant le premier entretien des ouvrages métalliques protégés par galvanisation à chaud, en fait le traitement anticorrosion le plus performant et le plus économique.

La galvanisation brute est une matière esthétiquement appréciée des architectes. Si besoin, elle peut être peinte avec des peintures à poudre (thermolaquage) ou liquide afin d'obtenir un revêtement duplex.

Les galvanisateurs travaillent actuellement sur de nouveaux traitements qui permettront dans le futur d'obtenir d'autres aspects esthétiques.

**Le thermolaquage**

Le thermolaquage consiste à projeter au pistolet, en atelier spécialisé, une peinture en poudre, à base de liants (époxydiques, polyesters, polyuréthanes, acryliques ou polyamides) chargés électrostatiquement et thermodurcissable. La cuisson dans un four polymérise le revêtement en un film résistant et confère à celui-ci toutes ses caractéristiques de dureté, souplesse, brillance et tenue dans le temps.

Les peintures en poudre doivent être choisies en fonction de plusieurs critères qui peuvent être simplifiés suivant trois catégories :

- la destination (intérieur ou extérieur),
- la fonction (ossature, menuiserie, métallerie etc.),
- la durabilité (résistance aux UV, aux agents chimiques...).

**Avantages**

La peinture en poudre permet un dépôt uniforme et régulier sur les pièces métalliques. Les aspects de surface disponibles autorisent le maître d'œuvre à envisager une autre dimension esthétique, en jouant sur les finitions et effets de matières.

Les peintures en poudre existent en finitions brillante, mate ou satinée avec des effets texturés, givrés, grainés, métallisés, martelés, sablés...

**Qualité environnementale**

Les peintures en poudre thermodurcissable ne contiennent ni solvant, ni composé toxique ou pigment à base de plomb. Elles peuvent être stockées et utilisées sans précautions particulières. Les techniques d'application

induisent de faibles pertes de matières. L'excédent est récupéré dans les systèmes de filtration, renvoyé dans le circuit et recyclé, ce qui minimise l'impact sur l'environnement en matière de rejets et de déchets. Cette technique ne nécessite aucune intervention sur le chantier et l'acier thermolaqué est recyclable indéfiniment.



Satellite S4, Aéroport de Paris, François Tamisier, Gilles Goix

TYPE DE STRUCTURES		Galvanisation Coût en €/Tonne	Système Duplex (Galvanisation + Thermolaquage) Coût en €/Tonne
LOURDE Profilés laminés		350 à 550	570 à 990
PROFILS RECONSTITUÉS ET STRUCTURE MOYENNE		400 à 580	570 à 990
STRUCTURE LÉGÈRE		420 à 620	570 à 990
STRUCTURE TUBULAIRE		540 à 680	570 à 990
STRUCTURE TRÈS LÉGÈRE		680 à 820	570 à 990
MÉTALLERIE	< à 500 kg	1000 à 1200	
	entre 500 kg et 1000 kg	800 à 1100	
	> à 1000 kg	500 à 800	

Prix valables au 1<sup>er</sup> janvier 2014 pour les bâtiments de 300 à 10000m<sup>2</sup>.  
Valorisation en fourniture et pose (vide pour plein compris accessoires)  
pour des bâtiments de surface de planchers comprise entre 300 & 1000 m<sup>2</sup>.

Pour en savoir plus : [www.galvazinc.com](http://www.galvazinc.com) (un calculateur complet est disponible sur le site), *le carnet galvazinc*, Guide « Thermolaquage sur acier » AFTA & UNTEC, [www.cefracor.org](http://www.cefracor.org), [www.acqpa.co](http://www.acqpa.co), [www.ohgpi.com](http://www.ohgpi.com), [www.qualisteelcoat.fr](http://www.qualisteelcoat.fr), [www.aftap.fr](http://www.aftap.fr)  
Textes de référence : page 100.

### Exemple

Pour un bâtiment de type "halle sans pont" de 600 m<sup>2</sup> de surface de plancher et de portée < à 20 ml pesant 42 kg/m<sup>2</sup>, le coût du traitement de surface par galvanisation sera de 600 m<sup>2</sup> x (42 kg/1000) = 25,20 Tonnes x 450,00 €/T (prix moyen galvanisation structure lourde) soit 11 340,00 €.

TYPE DE STRUCTURES		Unité	Coût en €
ENSEMBLE MÉCANO-SOUDÉ DE TYPE "PETITE CHARPENTE"	PPRZ + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	63 à 76
	Cataphorèse + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	61 à 73
	Métallisation + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	80 à 95
	Galvanisation à chaud + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	57 à 69
ENSEMBLE TÔLÉ DEUX FACES À L'ENCOMBREMENT Les deux faces	PPRZ + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	126 à 151
	Cataphorèse + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	134 à 162
	Galvanisation en continu (Sendzimir) + polyester architectural	m <sup>2</sup>	72 à 86
	Galvanisation à chaud + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	94 à 112
MENUISERIES EXTÉRIEURES EN ACIER Vide pour plein par cadre	PPRZ + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	43 à 51
	Cataphorèse + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	83 à 98
	Métallisation + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	87 à 104
MÉTALLERIE Vide pour plein	PPRZ + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	85 à 102
	Cataphorèse + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	122 à 147
	Galvanisation en continu (Sendzimir) + polyester architectural	m <sup>2</sup>	44 à 53
	Galvanisation à chaud + Polyester architectural	m <sup>2</sup>	57 à 70

Prix valables au 1<sup>er</sup> janvier 2014 pour les bâtiments de 300 à 1000m<sup>2</sup>. Valorisation en fourniture compris transport pour des bâtiments de surface de planchers comprise entre 300 & 1000 m<sup>2</sup>.

TYPE DE STRUCTURES	Surface spécifique en m <sup>2</sup> /Tonne <sup>(1)</sup>	Coûts en €/m <sup>2</sup> environnement C2/C3 moyen
<b>LOURDE</b> Profilés laminés	10 à 15	25 à 40
<b>PROFILS RECONSTITUÉS ET STRUCTURE MOYENNE</b>	15 à 20	26 à 41
<b>STRUCTURE LÉGÈRE</b>	20 à 25	29 à 44
<b>STRUCTURE TUBULAIRE</b>	25 à 30	30 à 45
<b>STRUCTURE TRÈS LÉGÈRE ET PROFILS MINCES</b>	30 à 40	31 à 46
	40 à 50	32 à 47
	50 à 65	34 à 49

Valorisation en fourniture et pose pour des bâtiments de surface de planchers comprise entre 300 & 1000 m<sup>2</sup>. Coûts moyens initiaux calculés sur la base d'un primaire antirico + deux couches de finitions avec 1/3 de grenailage et 2/3 de peinture + retouches sur chantier. Hors échafaudages, moyens de manutention et levage, hors protection des personnes. Les prix subissent des variations si une grande partie du traitement est réalisée sur chantier.

(1) Les coûts moyens initiaux de ces traitements sont calculés sur la base d'un primaire et de deux couches de finitions (1/3 grenailage et 2/3 peinture) ; Prix environnement C5 entre 70 et 80 €/m<sup>2</sup>. Environnement C4 entre 55 et 65 €/m<sup>2</sup>. Environnement C3 entre 40 et 50 €/m<sup>2</sup>.

**Exemple**

Pour un bâtiment de type « halle sans pont » de 600 m<sup>2</sup> de surface de plancher et de portée < à 20 ml pesant 42 kg/m<sup>2</sup>, le coût du traitement de surface par peinture sera de 600 m<sup>2</sup> x (42 kg/1000) = 25,20 Tonnes x 12,50 m<sup>2</sup>/T (surface moyenne) x 32,50 €/m<sup>2</sup> (coûts moyen pour charpente lourde) soit : 10 237,50 € (hors échafaudages et protection des personnes)



Une image

# GLOSSAIRE DES TRAITEMENTS DE SURFACES

## Protection par peinture

**CATAPHORÈSE** (ou électrodéposition cationique) Procédé utilisant l'électrophorèse pour déposer un film de peinture sur une pièce placée à la cathode du bain. Il s'agit d'une technique de peinture industrielle, employée notamment dans l'industrie automobile.

**PRIMAIRE POUDRE RICHE EN ZINC OU PPRZ (NF P 24-351)** Traitement anti-corrosion appliqué par projection électrostatique et destiné à être recouvert d'une couche de finition.

Note : Les PPRZ sont formulés de façon à optimiser le couple effet cathodique/effet barrière, par l'adjonction de zinc métal en quantité importante dans une formule à base de résine organique offrant l'effet barrière.

## Protection par le zinc

**ELECTROZINGUAGE** Procédé permettant de recouvrir une pièce de zinc par dépôt électrolytique.

**GALVANISATION** Revêtement de zinc obtenu par immersion, dans un bain de zinc fondu, des produits en acier dont la surface a été préalablement préparée.

**SENDZIMIR** Procédé de galvanisation de feuillard en continu par immersion dans le zinc en fusion. De nombreux profils de menuiserie métallique bénéficient de cette protection mise au point en 1936 par Tadeusz Sendzimir.

**METALLISATION** Revêtement d'une pièce en acier obtenu par projection au pistolet de métal fondu, par une flamme ou un plasma, sur un support dont la surface doit nécessairement présenter une certaine rugosité et un degré de soin égal à DS 3. Les métaux employés généralement sont le zinc et l'aluminium ou un alliage de ces métaux. D'autres matériaux peuvent être projetés, comme par exemple l'étain, le cuivre, le nickel... Dans le cas du zinc, on parlera aussi de zingage par projection à chaud.

## Autres

**PHOSPHATATION** Procédé d'oxydation superficielle de pièces en acier, avec formation de phosphates insolubles dans des bains de phosphates à chaud, qui leur donne une couleur noire ou grise et leur assure une certaine résistance à la corrosion atmosphérique.

**LAQUAGE** On appelle « laquage » l'application de peinture liquide. Cette application peut se faire de manière manuelle à l'aide de rouleaux, pin-ceaux... ou de manière mécanique à l'aide d'un dispositif de projection. C'est cette dernière méthode qui est la plus utilisée : à l'aide d'un pistolet, la peinture liquide est projetée sur la pièce à revêtir.

**THERMOLAQUAGE** On désigne communément par « thermolaquage » un moyen d'application des peintures en poudres thermodurcissables. L'application s'effectue dans la très grande majorité des cas par une projection électrostatique : la peinture poudre chargée électrostatiquement est projetée sur la pièce reliée à la masse. Le dépôt de peinture est ensuite soumis à une température de cuisson élevée (entre 130°C et 220°C) et transformé après fusion et polymérisation en un film résistant.

(NF P 24-351) Les finitions thermolaquées sont obtenues par traitement des éléments métalliques en atelier sur lesquels on applique, après une préparation de surface adaptée, des peintures dont la polymérisation ou le séchage s'effectue par cuisson dans un four ou dans une étuve.

**PEINTURES EN POUDRES THERMODURCISSABLES (NF P 24-351)** Peintures sans solvant, appliquées par projection électrostatique sous une forme pulvérulente qui, après fusion et cuisson, donnent un film continu.