

Jean Chevalier

# Guide de sous-traitance

## des traitements de surface et de la peinture industrielle

*Editions*  
**TEC**  
& **DOC**

*Lavoisier*

## **Chez le même éditeur**

*Méthodes électrochimiques d'analyse*

Jean-Louis Burgot, 2012

*Principes fondamentaux du génie des procédés et de la technologie chimique  
Aspects théoriques et pratiques*

H. Fauduet, 2<sup>e</sup> édition, 2012

*Commande des procédés*

Coll. Génie des procédés de l'École de Nancy

J.-P. Corriou, 3<sup>e</sup> édition, 2012

*Sécurité des procédés chimiques : connaissances et méthodes d'analyse des  
risques*

Coll. Génie des procédés de l'École de Nancy

A. Laurent, 2<sup>e</sup> édition, 2011

*Cinétique et catalyse*

Coll. Génie des procédés de l'École de Nancy

G. Scacchi G., M. Bouchy, J.-F. Foucaut, O. Zahraa, R. Fournet, 2<sup>e</sup> édition, 2011

*Mécanique des fluides et des solides appliquée à la chimie*

H. Fauduet, 2011

*Chimie analytique et équilibres ioniques*

J.-L. Burgot, 2<sup>e</sup> édition, 2011

*Chimie analytique en solution – Principes et applications*

J.-L. Brisset, A. Addou, M. Draoui, D. Moussa, F. Abdelmalek, 2<sup>e</sup> édition, 2011

*Méthodes instrumentales d'analyse chimique et applications – Méthodes  
chromatographiques, électrophorèses, méthodes spectrales et méthodes  
thermiques*

G. Burgot, J.-L. Burgot, 3<sup>e</sup> édition, 2011

*Dictionnaire de la chimie et de ses applications*

C. Duval, R. Duval, J.-C. Richer, 2010

*Introduction au génie des procédés*

D. Ronze, 2008

# Guide de sous-traitance des traitements de surface et de la peinture industrielle

**Jean Chevalier**

Ancien Ingénieur divisionnaire d'Études et de Fabrications  
au ministère de la Défense, spécialité Chimie et Peinture.



[www.editions.lavoisier.fr](http://www.editions.lavoisier.fr)

*Direction éditoriale* : Emmanuel Leclerc

*Édition* : Brigitte Peyrot

*Fabrication* : Estelle Perez-Le Du

*Composition et couverture* : Patrick Leleux PAO, Fleury-sur-Orne

*Impression et brochage* : EMD, Lassay-les-Châteaux

© 2012, Lavoisier, Paris

ISBN : 978-2-7430-1475-9

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	XIII
---------------------------	------

## PARTIE I

### Processus achat et sous-traitance

#### *Chapitre 1*

#### **Application du processus Achat à la sous-traitance de traitement de surface ou de peinture industrielle**

1. Management de la qualité. ....	3
2. Processus achat .....	5
2.1. Déterminer les données d'achat. ....	6
2.2. Choisir un fournisseur et passer la commande .....	7
2.3. Gérer la commande et la conformité. ....	9
2.4. Mise à jour du fichier fournisseur .....	10
3. Assurance qualité du fournisseur .....	10
4. Annexes .....	12
4.1. Canevas-type de spécification technique pour la sous-traitance de revêtement ou de traitement de surface .....	12
4.2. Conseils pour éviter les litiges .....	14
4.3. Questionnaire de pré-évaluation d'un fournisseur .....	16
4.4. Exemple de conditions de vente de façonniers de traitement de surface. ....	17
4.5. Fiche audit fournisseur .....	22

## PARTIE II

**Traitement de surface et revêtement métallique des métaux***Chapitre 2***Traitements et revêtements**

1. Dénomination des revêtements et traitements de surface des métaux. . . . .	35
1.1. Terminologie d'après le procédé . . . . .	35
1.2. Terminologie d'après le métal d'apport (principaux métaux) . . . . .	37
1.3. Symbolisation. . . . .	43
2. Conditions d'emploi . . . . .	46
2.1. Emplois sans référence aux normes françaises de revêtements métalliques. . . . .	47
2.2. Expositions atmosphériques normales. . . . .	47
2.3. Corrosions chimiques. . . . .	48
2.4. Conditions géométriques et mécaniques . . . . .	49

*Chapitre 3***Préparation de surface**

1. Dégraissage . . . . .	52
1.1. Dégraissage au solvant . . . . .	53
1.2. Dégraissage alcalin dit dégraissage chimique. . . . .	57
1.3. Comparaison entre solvant chloré et lessive alcaline . . . . .	62
1.4. Dégraissage électrolytique . . . . .	62
2. Décapage chimique . . . . .	64
2.1. Décapage chimique des aciers . . . . .	64
2.2. Décapage des aciers inoxydables. . . . .	68
2.3. Décapage du cuivre et de ses alliages . . . . .	68
2.4. Décapage de l'aluminium et de ses alliages . . . . .	70
3. Décapage mécanique . . . . .	71
3.1. Documentation . . . . .	71
3.2. But du décapage mécanique . . . . .	72
3.3. État de surface. . . . .	72
3.4. Paramètres de grenailage . . . . .	79
3.5. Abrasifs. . . . .	81
3.6. Choix de l'abrasif. . . . .	86
3.7. Matériel de projection d'abrasif. . . . .	87
3.8. Conditions d'emploi . . . . .	88
3.9. Choix préférentiel des équipements à utiliser . . . . .	90
3.10. Exemples de rugosité obtenue sur acier . . . . .	90
4. Décapage à l'eau sous pression de surfaces déjà revêtues . . . . .	91

*Chapitre 4***Traitements chimiques et électrolytiques**

1. Phosphatation des métaux. . . . .	93
1.1. Documentation . . . . .	93
1.2. Propriétés et applications du traitement. . . . .	93
1.3. Spécification du traitement . . . . .	101
1.4. Recommandations . . . . .	103
1.5. Contrôle du traitement . . . . .	107
2. Chromatation des métaux . . . . .	109
2.1. Documentation . . . . .	109
2.2. Propriétés, applications et traitement . . . . .	109
2.3. Spécification. . . . .	111
2.4. Contrôle . . . . .	112
2.5. Chromatation de l'aluminium et de ses alliages . . . . .	113
3. Anodisation (ou oxydation anodique) de l'aluminium et de ses alliages. . .	114
3.1. Documentation . . . . .	114
3.2. Propriétés et applications . . . . .	116
3.3. Spécification. . . . .	125
3.4. Contrôle de la couche anodique . . . . .	127
4. Anodisation (ou oxydation anodique) du titane . . . . .	131
4.1. Documentation . . . . .	131
4.2. Procédé . . . . .	131
4.3. Renseignements à donner au fournisseur . . . . .	133

*Chapitre 5***Dépôts chimiques**

1. Dépôt chimique par déplacement. . . . .	135
1.1. Dépôt chimique par réduction catalytique . . . . .	136
2. Nickelage chimique. . . . .	137
3. Dépôt autocatalytique de nickel-phosphore . . . . .	138
3.1. Documentation . . . . .	138
3.2. Propriétés. . . . .	139
3.3. Informations à fournir par le client au façonnier . . . . .	143
3.4. Contrôle des dépôts de nickel-phosphore. . . . .	144
3.5. Défauts et causes possibles. . . . .	146

*Chapitre 6***Dépôts électrolytiques**

1. Dépôts électrolytiques de nickel et de chrome (chrome décor) . . . . .	149
1.1. Documentation . . . . .	149
1.2. Classification des dépôts. . . . .	150
1.3. Nickelage électrolytique . . . . .	156
1.4. Chromage décor . . . . .	160

2. Dépôt électrolytique de cuivre . . . . .	164
2.1. Documentation . . . . .	164
2.2. Propriétés et applications du dépôt. . . . .	165
2.3. Spécification. . . . .	168
2.4. Contrôle du dépôt. . . . .	169
2.5. Indications sur les causes d'anomalies . . . . .	170
3. Chromage dur . . . . .	171
3.1. Documentation . . . . .	171
3.2. Propriétés et applications du dépôt. . . . .	171
3.3. Spécification. . . . .	177
3.4. Contrôle du dépôt. . . . .	179
3.5. Indications sur les causes d'anomalies . . . . .	179
4. Dépôt électrolytique de cadmium. . . . .	181
4.1. Documentation . . . . .	181
4.2. Propriétés et applications du dépôt. . . . .	181
4.3. Spécification. . . . .	185
4.4. Contrôle du dépôt. . . . .	186
4.5. Indications sur les causes d'anomalies. . . . .	188
5. Dépôt électrolytique de zinc . . . . .	189
5.1. Documentation . . . . .	189
5.2. Propriétés et applications du dépôt. . . . .	189
5.3. Spécification. . . . .	192
5.4. Contrôle du dépôt. . . . .	193
5.5. Indications sur les causes d'anomalies . . . . .	195
6. Dépôt électrolytique d'argent. . . . .	195
6.1. Documentation . . . . .	195
6.2. Propriétés et applications du dépôt. . . . .	195
6.3. Spécification. . . . .	198
6.4. Contrôle du dépôt. . . . .	199
6.5. Indications sur les causes d'anomalies . . . . .	201
7. Dépôt électrolytique d'or. . . . .	201
7.1. Documentation . . . . .	201
7.2. Propriétés et applications du dépôt. . . . .	202
7.3. Spécification. . . . .	205
7.4. Contrôle du dépôt. . . . .	206
7.5. Indications sur les causes d'anomalies . . . . .	208
8. Dépôt électrolytique de l'étain et de ses alliages . . . . .	208
8.1. Documentation . . . . .	208
8.2. Propriétés et applications du dépôt. . . . .	209
8.3. Spécification. . . . .	211
8.4. Contrôle du dépôt. . . . .	214
8.5. Indications sur les causes d'anomalies . . . . .	217
8.6. Alliages d'étain . . . . .	217

*Chapitre 7***Électrolyse au tampon**

1. Définition . . . . .	221
2. Propriétés du procédé . . . . .	221
3. Limites du procédé . . . . .	222
4. Spécification . . . . .	222
5. Contrôle des dépôts ou traitements . . . . .	223
6. Spécialistes . . . . .	223

*Chapitre 8***Revêtements par immersion à chaud dans les métaux fondus**

1. Galvanisation par immersion dans le zinc fondu (appelée aussi galvanisation à chaud) . . . . .	225
1.1. Documentation . . . . .	225
1.2. Propriétés et applications du revêtement . . . . .	227
1.3. Spécification . . . . .	231
1.4. Remarques et particularités . . . . .	232
1.5. Contrôle du traitement . . . . .	235
2. Étamage par immersion . . . . .	236
2.1. Documentation . . . . .	236
2.2. Propriétés et applications . . . . .	236
3. Aluminage (ou aluminage à chaud) . . . . .	237
3.1. Documentation . . . . .	237
3.2. Propriétés et applications . . . . .	237
3.3. Spécification . . . . .	238
3.4. Contrôle . . . . .	241

*Chapitre 9***Revêtement par projection thermique**

1. Définitions . . . . .	243
2. Normes . . . . .	244
3. Modes de projection thermique . . . . .	245
4. Dépôts sur acier dans le but de protection contre la corrosion . . . . .	246
4.1. Classification . . . . .	246
4.2. Préparation de surface avant projection thermique . . . . .	246
4.3. Projection thermique . . . . .	247
4.4. Colmatage ou peinture . . . . .	248
4.5. Spécification . . . . .	248
4.6. Contrôle . . . . .	249
5. Dépôts dans le but de rechargement de pièces usées ou sous-cotées . . . . .	250

*Chapitre 10***Dépôts sous vide**

1. Documentation . . . . .	253
2. Évaporation sous vide . . . . .	253

2.1. Principe . . . . .	253
2.2. Matériaux déposés . . . . .	254
2.3. Applications et caractéristiques des dépôts . . . . .	254
3. Pulvérisation cathodique ou sputtering . . . . .	255
3.1. Principe . . . . .	255
3.2. Procédés . . . . .	255
3.3. Applications et caractéristiques des dépôts . . . . .	257
4. Dépôt chimique en phase vapeur gazeuse ou DCG ou CVD (Chemical Vapor Deposition) . . . . .	257
4.1. Principe . . . . .	257
4.2. Procédés . . . . .	258
4.3. Applications et caractéristiques des dépôts . . . . .	258
4.4. Avantages et inconvénients du procédé CVD . . . . .	259
5. Dépôts ioniques (ou ion plating) . . . . .	260
5.1. Principe . . . . .	260
5.2. Procédés . . . . .	260
5.3. Applications et caractéristiques des dépôts . . . . .	260
6. Récapitulatif des applications et des caractéristiques des dépôts sous vide . . . . .	261

### *Chapitre 11*

#### **Métallisation des plastiques ou POP (Plating On Plastic)**

1. Métallisation en bain chimique ou électrolytique . . . . .	263
2. Métallisation par dépôt sous vide (PVD) . . . . .	263

### *Chapitre 12*

#### **Traitements thermochimiques de diffusion sur acier : shérardisation**

1. Documentation . . . . .	265
2. Définition . . . . .	266
3. Description du procédé . . . . .	266
3.1. Métal de base . . . . .	266
3.2. Poussière ou poudre de zinc utilisée . . . . .	266
4. Spécification . . . . .	267
4.1. Classification . . . . .	267
4.2. Informations à donner au fournisseur . . . . .	267
5. Contrôle du revêtement . . . . .	268

## **PARTIE III**

### **Peinture industrielle et autres revêtements non métalliques des métaux**

#### *Chapitre 13*

##### **Peinture industrielle**

1. Documentation . . . . .	271
1.1. Classification – Terminologie – Systèmes de peinture . . . . .	271

1.2. Certification des opérateurs . . . . .	274
1.3. Échantillonnage – Préparation des essais . . . . .	274
1.4. Caractéristiques physico-chimiques du produit avant emploi . . . . .	275
1.5. Préparation des subjectiles . . . . .	277
1.6. Essais sur le produit de peinture à l'état appliqué (feuille) . . . . .	277
1.7. Produits plats prélaqués . . . . .	284
1.8. Grenillés prépeints . . . . .	285
1.9. Poudres . . . . .	285
1.10. Couleurs, colorimétrie . . . . .	285
1.11. Domaines connexes et divers . . . . .	286
2. Préparation des surfaces . . . . .	287
2.1. Dégraissage . . . . .	287
2.2. Décapage . . . . .	287
3. Systèmes de peinture . . . . .	288
4. Classification des types de peintures . . . . .	292
5. Modes d'application des peintures . . . . .	295
5.1. Application à la brosse . . . . .	295
5.2. Application au rouleau . . . . .	295
5.3. Application par pulvérisation pneumatique . . . . .	295
5.4. Application par pulvérisation sans air . . . . .	295
5.5. Par cataphorèse (pièces métalliques) . . . . .	296
5.6. Par poudrage . . . . .	296
6. Entretien des peintures . . . . .	296
6.1. Nettoyage et préparation de surface . . . . .	296
6.2. Préparation des systèmes de peinture anciens . . . . .	297
6.3. Réparation par peinture . . . . .	297
7. Conditions d'application des peintures . . . . .	297
8. Vocabulaire – Principaux termes de peinture . . . . .	298
9. Les couleurs . . . . .	310
9.1. Perception des couleurs . . . . .	310
9.2. Classification des couleurs . . . . .	311
9.3. Systèmes colorimétriques . . . . .	313
9.4. Espaces colorimétriques et écarts colorimétriques . . . . .	316
9.5. Techniques et appareils de mesure . . . . .	317
9.6. Fournisseurs de colorimètres (liste non exhaustive) . . . . .	317
10. Contrôle des feuil de peintures . . . . .	318
10.1. Contrôle des peintures à la livraison chez l'applicateur . . . . .	318
10.2. Contrôle de la préparation des surfaces . . . . .	319
10.3. Contrôle au cours de la mise en peinture . . . . .	319
10.4. Contrôle du feuil de peinture sec . . . . .	322
11. Indications sur les causes d'anomalies . . . . .	327
12. Garantie . . . . .	328

### Chapitre 14

## Émaillage des métaux

1. Définition . . . . .	329
2. Documentation . . . . .	329

2.1. Normalisation – Normes AFNOR et vocabulaire . . . . .	329
2.2. Vocabulaire . . . . .	333
3. Propriétés et applications. . . . .	335
4. Procédés . . . . .	335
5. Contrôle de l'émaillage . . . . .	336
5.1. Pour les panneaux d'acier destinés à l'architecture . . . . .	336
5.2. Émaux autonettoyants . . . . .	338
5.3. Autres supports . . . . .	339

## ANNEXES

### *Annexe 1*

Fournisseurs d'appareils de mesure et de contrôle des traitements de surface et peintures . . . . .	343
Adresses utiles. . . . .	344

### *Annexe 2*

#### **Normalisation**

1. Organismes de normalisation . . . . .	347
1.1. Le Commissariat à la Normalisation . . . . .	347
1.2. L'AFNOR . . . . .	347
1.3. Les Bureaux de Normalisation . . . . .	348
2. Les normes. . . . .	348
2.1. Définition d'une norme . . . . .	348
2.2. Au niveau européen . . . . .	349
2.3. Au niveau international : Normes ISO . . . . .	350
2.4. Liste de normes relatives au traitement de surface et à la peinture industrielle. . . . .	351
<b>Index</b> . . . . .	395

# *Introduction*

Pour sous-traiter le traitement de surface ou la peinture industrielle dans les meilleures conditions, il est nécessaire de connaître en quoi consiste le traitement, savoir sélectionner le ou les fournisseurs, ce qu'on peut attendre du façonnier, ce qu'on doit lui spécifier, et ce qu'on doit vérifier, tant dans les processus du façonnier que sur le produit lui-même.

Trop souvent, en effet, le donneur d'ordre s'en remet au façonnier pour définir le traitement dont il a besoin, par simple méconnaissance de ce qu'il est possible de réaliser, de contrôler et de garantir dans ce domaine, ce qui conduit inévitablement à des malentendus qui peuvent être coûteux.

Il ne s'agit pas nécessairement d'une défiance vis-à-vis du sous-traitant, mais l'assurance d'une collaboration la plus fructueuse possible, ne laissant pas place au hasard, et visant à la maîtrise du processus complet de la sous-traitance, depuis l'expression du besoin jusqu'à l'acceptation du produit livré et au paiement du sous-traitant.

Le recours à des façonniers qui ont entrepris une démarche qualité, sanctionnée, de préférence mais pas nécessairement, par une certification délivrée par un organisme indépendant (dit tierce partie), facilite le dialogue. C'est pourquoi, dans la première partie de cet ouvrage, nous déroulerons le processus Achat tel qu'il pourrait être décrit dans le Manuel Qualité du donneur d'ordre, en détaillant pour chacune des activités du processus les particularités de l'achat d'une prestation de traitement de surface ou de peinture industrielle : canevas-type de spécification technique et conseils pour éviter les litiges, recherche de fournisseurs et questionnaire de préévaluation, questionnaire-type pour la visite ou l'audit du fournisseur présélectionné et entretien d'un fichier fournisseurs.

La connaissance des principes de traitement reste indispensable, ainsi que celle des contrôles réalisables et des informations nécessaires au façonnier. Vous trouverez donc en deuxième partie une description des principaux traitements et

revêtements : chimiques, électrolytiques, sous vide, par immersion, par projection thermique ou au tampon, avec pour chacun d'entre eux ce que le client doit spécifier au façonnier et ce qui doit être vérifié ; la troisième partie de l'ouvrage est consacrée à la peinture industrielle et à l'émaillage.

Enfin, nous indiquons l'état de la normalisation :

- les normes essentielles à chaque traitement sont indiquées en tête du chapitre correspondant ;
- l'ensemble des normes relatives au traitement de surface et à la peinture industrielle est répertorié en fin d'ouvrage, selon un classement numérique.

Nous espérons, par cet ouvrage, contribuer à l'amélioration des relations client-fournisseur dans le domaine du traitement de surface et de la peinture industrielle, par une meilleure connaissance de ce domaine, une prise en compte des besoins réciproques, et une forte exigence d'assurance de la qualité.

**Jean Chevalier**



Les traitements de surface et les revêtements, peinture ou émail, potentialisent les propriétés des métaux en leur offrant une protection, une résistance aux agressions, une qualité esthétique. Ils sont divers et soumis à des normes strictes.

Le **Guide de sous-traitance des traitements de surface et de la peinture industrielle** répond au besoin concret du donneur d'ordre qui, une fois le traitement décidé par son bureau d'études ou par son propre client, doit rédiger le contrat et les spécifications techniques nécessaires au façonnier, permettant de garantir la bonne exécution des travaux, sans avoir pour cela à connaître la théorie de la corrosion des métaux ni précisément les compositions chimiques utilisées.

Le recours à des façonniers qui ont entrepris une démarche qualité sanctionnée, de préférence, par une certification délivrée par un organisme indépendant, facilite le dialogue. C'est pourquoi **la première partie de cet ouvrage déroule le processus Achat** tel qu'il pourrait être décrit dans le Manuel Qualité du donneur d'ordre, en détaillant, pour chacune des activités du processus, les particularités de l'achat d'une prestation de traitement de surface ou de peinture.

La connaissance des principes de traitement reste indispensable, ainsi que celle des contrôles réalisables et des informations nécessaires au façonnier. **La deuxième partie décrit donc les principaux traitements et revêtements** : chimiques, électrolytiques, sous vide, par immersion, par projection thermique ou au tampon, avec pour chacun d'eux ce que le client doit spécifier au façonnier et ce qui doit être vérifié. Une large place est faite à la préparation de surface, qui est cruciale pour la réussite du traitement ou du revêtement.

**La troisième partie est principalement consacrée à la peinture industrielle** (conditions d'application, contrôle, colorimétrie, vocabulaire), **ainsi qu'à l'émaillage des métaux**. Pour chacun des traitements, revêtements ou peinture, les causes possibles d'anomalie sont indiquées afin de faciliter le dialogue avec le fournisseur.

L'ensemble des informations s'appuie sur les normes NF ou ISO en vigueur. Pour chaque traitement les normes essentielles sont indiquées en tête du chapitre correspondant.

Enfin, **les normes relatives au traitement de surface et à la peinture industrielle** sont répertoriées en fin d'ouvrage, selon un classement numérique.

Ce guide s'adresse aux industriels qui souhaitent faire réaliser sur des pièces métalliques des travaux de traitement de surface ou de peinture, que ce soit dans un but de protection, de décoration, ou tout autre but technique, en se conformant aux normes en vigueur.

**Jean Chevalier** est ancien Ingénieur divisionnaire d'Études et de Fabrications au ministère de la Défense, spécialité Chimie et Peinture.

