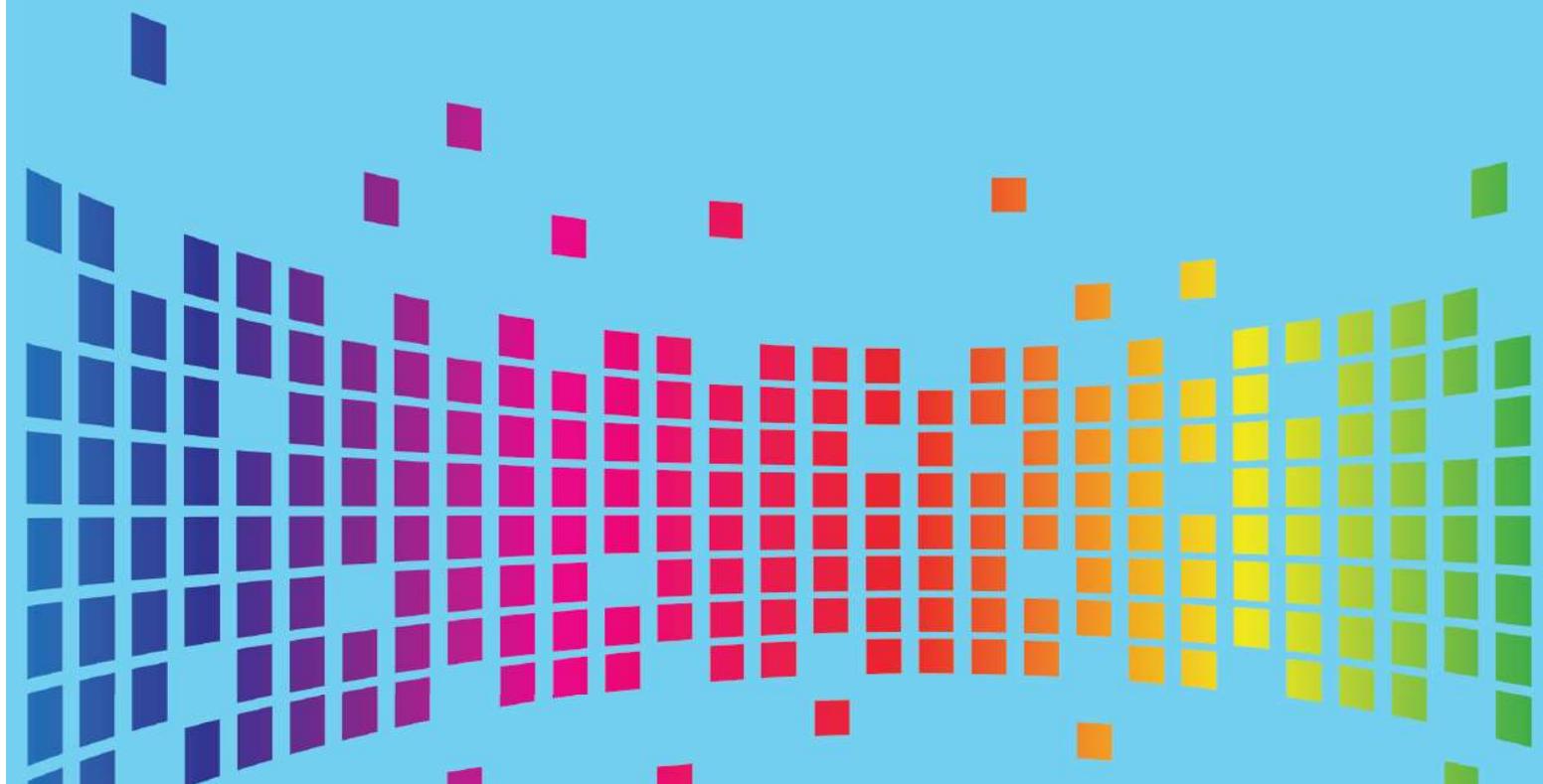




# Performances des traitements de surface et finitions en métallerie : impact de la conception

.....  
*Recommandations aux Métalliers*



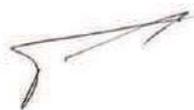
---

## Mots des Présidents

---

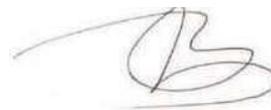
Les ouvrages de Métallerie, réelles signatures architecturales d'un bâtiment, font de l'acier un matériau plus qu'essentiel dans le monde de la construction. Ses nombreux atouts en termes de tenue mécanique, d'esthétique mais également en termes de recyclabilité et d'adaptabilité en font l'un des matériaux les plus utilisés dans le monde. La pérennité de l'acier se doit d'être assurée par des traitements anticorrosion adaptés. L'esthétique étant un argument de choix dans le cadre architectural, les traitements de finitions ont également un rôle majeur à jouer dans la conception en métallerie. L'Union des Métalliers a cherché à mesurer l'impact de la conception sur les performances des traitements de surfaces et finitions en métallerie. C'est non sans une certaine fierté que nous vous présentons ce nouveau guide dédié à cette étude. Les recommandations issues de ce guide permettront de justifier de la nécessité d'un travail de qualité dès la conception de l'ouvrage afin de maximiser sa pérennité.

**Franck Perraud**  
Président de l'Union des Métalliers



Ce nouvel ouvrage élaboré au sein du Groupe de Travail « GT – Traitements de surface » de l'Union des Métalliers, fait suite aux travaux présentés dans le guide « Protection et finition des aciers » qui est paru en Novembre 2016. Il faisait état de la première phase de travaux visant principalement les recommandations liées à la prescription et aux choix de systèmes de protections adéquats. Ce nouveau guide porte sur l'impact de la conception des ouvrages de métallerie sur les performances des traitements de surface et finitions. Y sont discutés les différentes géométries, types d'assemblage et de découpes couramment rencontrés en métallerie. La forte implication des différents acteurs a permis de publier ce document avec une efficacité remarquable, dans un délai très court. Cette réussite n'aurait pas pu avoir lieu sans cette implication, coordonnée par notre collègue Daniel Clouet, chef de file de ce Groupe de Travail.

**Christophe Bonhomme**  
Président de la Commission Technique



---

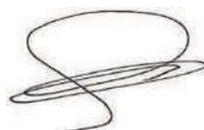
## Remerciements

---

Je tiens à remercier et saluer la participation dévouée des Métalliers membres du groupe « Traitements de surface » et des experts partenaires de l'Union, sans lesquels ce guide technique n'existerait pas. Je salue ainsi l'ensemble des professionnels qui m'ont entouré pour l'élaboration de cet ouvrage, pour leur expertise et conseils avisés :

**Jérémy Blanche** — Métallerie de l'Authion  
**Marc Hédoux** — Métallerie Hedoux  
**Arnaud Zédet** — Groupe PRESTIA (partenaire de l'Union des Métalliers)  
**Alain Ouenne** — Métal Déployé (partenaire de l'Union des Métalliers)  
**Olivier Mouatt** — CTICM  
**Stéphane Herbin** — CTICM  
**Sébastien Broustet** — Atrimmo  
**Paul Buttin** — CEA tech

Je tiens également à remercier Jonathan Barreau (Responsable Technique de l'Union des Métalliers) qui a assuré la rédaction de ce document et la coordination du groupe de travail.



**Daniel Clouet**  
Chef de file du GT « Traitements de surface »  
Entreprise Métalesca

# Table des matières

1. Contexte de l'étude .....	3
2. Conception d'éléments complexes représentatifs .....	4
3. Protocole d'essai .....	5
3.1. Préambule .....	5
3.2. Paramètres de l'essai de corrosion accélérée.....	5
3.3. Contrôles .....	5
3.3.1. Contrôle initial .....	5
3.3.2. Contrôle final .....	6
4. Résultat de l'essai de corrosion accélérée.....	6
4.1. Epaisseur du système de protection .....	6
4.1.1. Cotation des maquettes .....	9
5. Synthèse et recommandations .....	12
Géométries.....	14
Assemblages.....	15
Découpes .....	17
Autres recommandations.....	18
ANNEXE A .....	21
Plans des maquettes de garde-corps .....	21

## 1. Contexte de l'étude

L'Union des Métalliers souhaite disposer de données qualifiant l'efficacité des systèmes les plus couramment mis en œuvre par les métalliers en matière de protection anticorrosion et de finition esthétique dans un environnement de corrosivité de catégorie C4.

Dans le cadre du Programme de Recherche Développement Métiers (PRDM), la FFB a confié au CTICM la réalisation de cette étude

Ce guide a pour objectif de présenter les résultats et recommandations.

**Ce programme comporte :**

<p><b>La conception d'éléments complexes représentatifs réunissant l'ensemble des points sensibles rencontrés sur les ouvrages, objets de l'étude.</b></p>	
<p><b>L'élaboration d'un programme d'essais en corrosion accélérée sous cycles alternés, visant les protections et les dispositions constructives appliquées sur les maquettes issues des éléments complexes de métallerie préalablement définis.</b></p>	
<p><b>Le suivi et l'interprétation de cette campagne d'essais.</b></p>	

## 2. Conception d'éléments complexes représentatifs

Les maquettes sont des garde-corps à l'échelle 7/10<sup>e</sup> pour la hauteur, avec main courante, lisse intermédiaire ou non, montants plats 50x10, remplissage et platines de fixation, reprenant les différentes configurations sensibles (tôles perforées, tôles déployées, caillebotis, tôles pleines, tôles découpées par laser, arêtes vives, fixation par soudure ou par visserie, etc.).



Les plans détaillés des trois maquettes sont donnés en [annexe A](#).

Pour les besoins de l'étude, chaque maquette a été reproduite en deux exemplaires afin d'en revêtir une d'un système de peinture liquide et l'autre d'un système de peinture poudre.

Les systèmes de peinture choisis pour l'étude font partie de ceux ayant la plus faible épaisseur totale des systèmes certifiés existants (pour plus d'informations, consulter le guide « Protection et finition des aciers » sur le site de l'Union des Métalliers). Pour rappel, l'application de peinture a été réalisée selon les règles standards du marché, dans le cadre d'une étude sans spécification d'usage. Les caractéristiques de ces systèmes sont données ci-dessous :

		Peinture liquide 3 couches - 210 µm	Peinture poudre 2 couches - 130 µm
<b>Préparation surface</b>	de	Sa3	Sa3
<b>Primaire</b>		Epoxy riche en zinc Epaisseur de 40 µm	Epoxy riche en zinc Epaisseur de 70 µm
<b>Couche intermédiaire</b>		Epoxy – Epaisseur de 130 µm	/
<b>Couche de finition</b>		Polyuréthane - Epaisseur de 40 µm	Polyester – Epaisseur de 60 µm

## 3. Protocole d'essai

### 3.1. Préambule

L'essai de vieillissement artificiel a été réalisé par corrosion accélérée selon la norme NF EN ISO 16701 de juillet 2015 « Corrosion des métaux et alliages – Corrosion en atmosphère artificielle – Essai de corrosion accélérée comprenant des expositions sous conditions contrôlées à des cycles d'humidité et à des vaporisations intermittentes de solution saline ».

Le laboratoire qui a été retenu pour réaliser cette étude est le laboratoire du CEA Tech basé à Nantes.

Ce laboratoire est le seul à disposer d'une étuve de très grande dimension permettant l'essai sur des maquettes à échelle presque 1.

L'essai s'est déroulé sur la période de juin et juillet 2017.



### 3.2. Paramètres de l'essai de corrosion accélérée

L'essai consiste en l'alternance de phases d'agression de pluie saline (eau déminéralisée à pH 4,2 contenant 1%<sub>m</sub> de NaCl) avec des phases climatiques. Lors de ces phases, la température est maintenue à 35°C et l'humidité relative varie de 50% à 95%.

Un cycle complet dure 12 heures, et une fois tous les 7 cycles, un cycle de vaporisation est réalisé. La durée complète de l'essai a été de 6 semaines.



### 3.3. Contrôles

#### 3.3.1. Contrôle initial

Avant la mise en étuve des maquettes, ces dernières ont fait l'objet d'un contrôle exhaustif afin de relever les différents défauts/désordres présents au niveau des assemblages ou au niveau de la peinture (défauts au niveau de soudures ou des découpes, problème d'application de la peinture, chocs, éraflures, etc...).

Le contrôle avant essai a fait l'objet de photographies illustratives, présentées au paragraphe 4.

Des mesures d'épaisseurs, à l'aide d'une méthode non destructive conformément à la norme NF EN ISO 2808, ont également été réalisées afin de vérifier l'épaisseur du système de peinture réellement appliquée et de la comparer avec les épaisseurs théoriques des systèmes choisis.

### 3.3.2. Contrôle final

A l'issue de l'essai de corrosion accélérée de 6 semaines, les maquettes ont été évaluées selon les critères suivants :



Les divers contrôles réalisés selon les normes NF EN ISO 4628 (degré de cloquage, d'enrouillement, de craquelage, d'écaillage, largeur de décollement et de corrosion) permettent de caractériser la qualité du revêtement.

## 4. Résultat de l'essai de corrosion accélérée

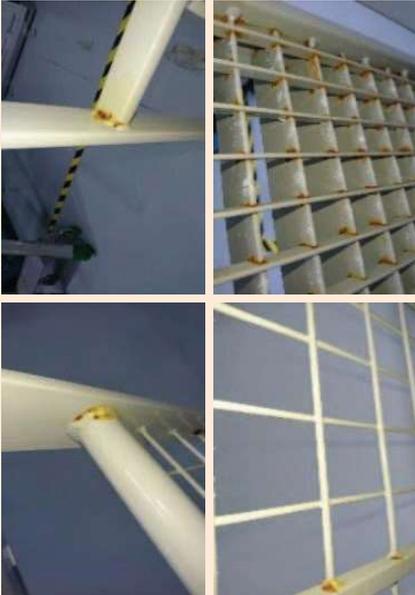
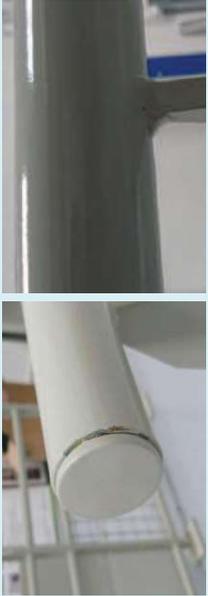
### 4.1. Epaisseur du système de protection

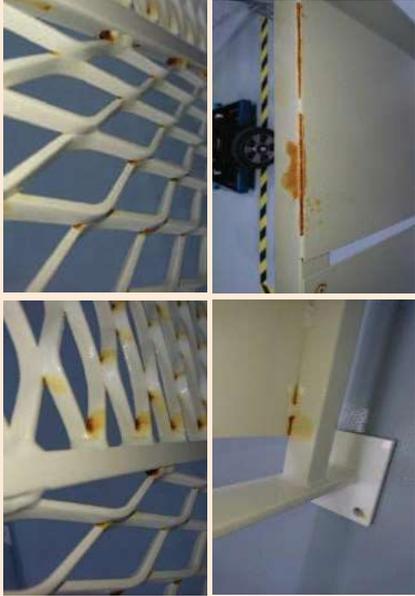
Le contrôle des systèmes de protection mis en œuvre a montré une disparité dans les épaisseurs réellement appliquées par rapport aux épaisseurs théoriques de systèmes de peinture.

Pour les maquettes ayant reçu le système de peinture poudre, l'épaisseur de protection varie entre 110  $\mu\text{m}$  et 300  $\mu\text{m}$  avec une épaisseur moyenne d'environ 200  $\mu\text{m}$ . L'épaisseur moyenne de revêtement est près de 50% plus élevée que l'épaisseur théorique du système (130  $\mu\text{m}$ ).

Pour les maquettes avec le système de peinture liquide, l'épaisseur de protection relevée varie de 85  $\mu\text{m}$  sur certains barreaux à environ 300  $\mu\text{m}$  ; l'épaisseur moyenne est d'environ 180/200  $\mu\text{m}$ , soit légèrement en dessous de l'épaisseur théorique du système de protection demandée (210  $\mu\text{m}$ ).

# Comparaison avant et après essais :

Types d'observation	Avant essai	Après essais
<p><b>Soudures</b></p> <p>Défauts de soudure boursoufflures, manques, irrégularités</p> <p>Soudures présentant des cavités, retassures, des « trous »</p>		
<p><b>Découpes thermiques et angles vifs</b></p> <p>Découpes laser avec décrochés et aspect rugueux</p>		
<p><b>Défauts de peinture</b></p> <p>Défauts de peinture (absence ou manque) sur lisse, carré ou remplissage)</p>		

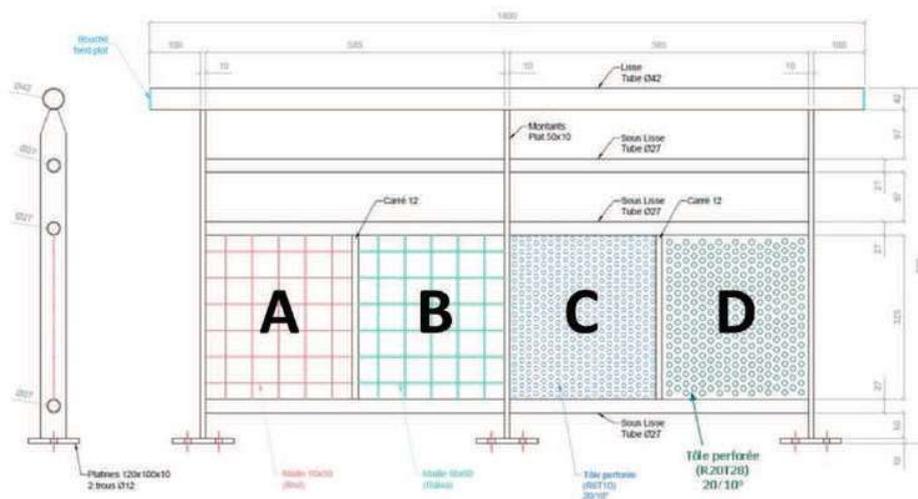
Types d'observation	Avant essai	Après essais
<p><b>Rétention d'eau</b></p> <p>Intersites fins ou zones planes limitant l'écoulement des eaux</p>		
<p><b>Boulonnerie</b></p> <p>Défaut de peinture sur vis de fixations tôle, dû probablement au montage</p>		
<p><b>Chocs sur peinture</b></p> <p>Chocs entraînant un manque total de peinture à certains endroits</p>		

Le tableau ci-après indique les types de défauts/désordres relevés sur chaque garde-corps :

Défauts/Désordres	Peinture liquide			Peinture poudre		
	Garde-corps 1	Garde-corps 2	Garde-corps 3	Garde-corps 1	Garde-corps 2	Garde-corps 3
Manque de soudure	X	X	X	X	X	X
Cavité, retassure, trou sur soudure	X	X	X	X	X	X
Zone de rétention d'eau dans soudure	X			X	X	
Eclaboussure de soudure		X				
Aspect rugueux face découpe laser			X			X
Choc peinture	X	X	X	X		X
Manque peinture	X	X	X	X	X	X

#### 4.1.1. Cotation des maquettes

Afin de réaliser la cotation par zone, pour chaque garde-corps, les différents remplissages (motifs) ont été identifiés par des lettres selon le schéma ci-après.



A de très rares exceptions près, seul le défaut d'enrouillement est apparu sur les maquettes. La cotation pour les degrés de cloquage, de craquelage et d'écaillage est égale à 0 pour toutes les maquettes mis à part pour le motif C (tôle découpée laser avec motif du compas) des deux séries de garde-corps.

Les cotations de degré d'enrouillement (Ri X) pour l'ensemble des garde-corps et de degré de cloquage (x(Sx)) pour le motif C des deux garde-corps sont données dans les tableaux ci-après. Elles ne concernent que la zone très proche des points singuliers (soudures, croisements tôles, arêtes, zone de contact, etc.), le désordre ne s'étend pas sur le reste de l'élément ou du garde-corps :

**Revêtement gris : peinture liquide**

<b>Garde-corps 1</b>	<b>Cotation</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Garde-corps</b>
Partie horizontale	Ri 1	Soudures	
Partie verticale	Ri 1	Soudures	
Motif A	Ri 3	Soudures croisements +	
Motif B	Ri 2	Soudures	
Motif C	Ri 3	Tranche + intérieurs cercle ; manque peinture sur verticale	
Motif D	Ri 2	Tranche	
<b>Garde-corps 2</b>	<b>Cotation</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Garde-corps</b>
Partie horizontale	/		
Partie verticale	Ri 1	Défaut peinture	
Motif A	/		
Motif B	Ri 4	Corrosion aux jonctions	
Motif C	Ri 1	Zone de contact avec les vis	
Motif D	Ri 2	Contact tôle/tube carré	
<b>Garde-corps 3</b>	<b>Cotation</b>	<b>Commentaires</b>	<b>Garde-corps</b>
Partie horizontale	Ri 2	Chocs : défauts peinture	
Partie verticale	/		
Motif A	Ri 3	Soudures	
Motif B	Ri 2	Soudures	
Motif C	Ri 2 2(S4)	Angles fermés découpe laser avec localement cloquage	
Motif D	Ri 1	Angles fermés découpe laser	

### Revêtement blanc : peinture poudre

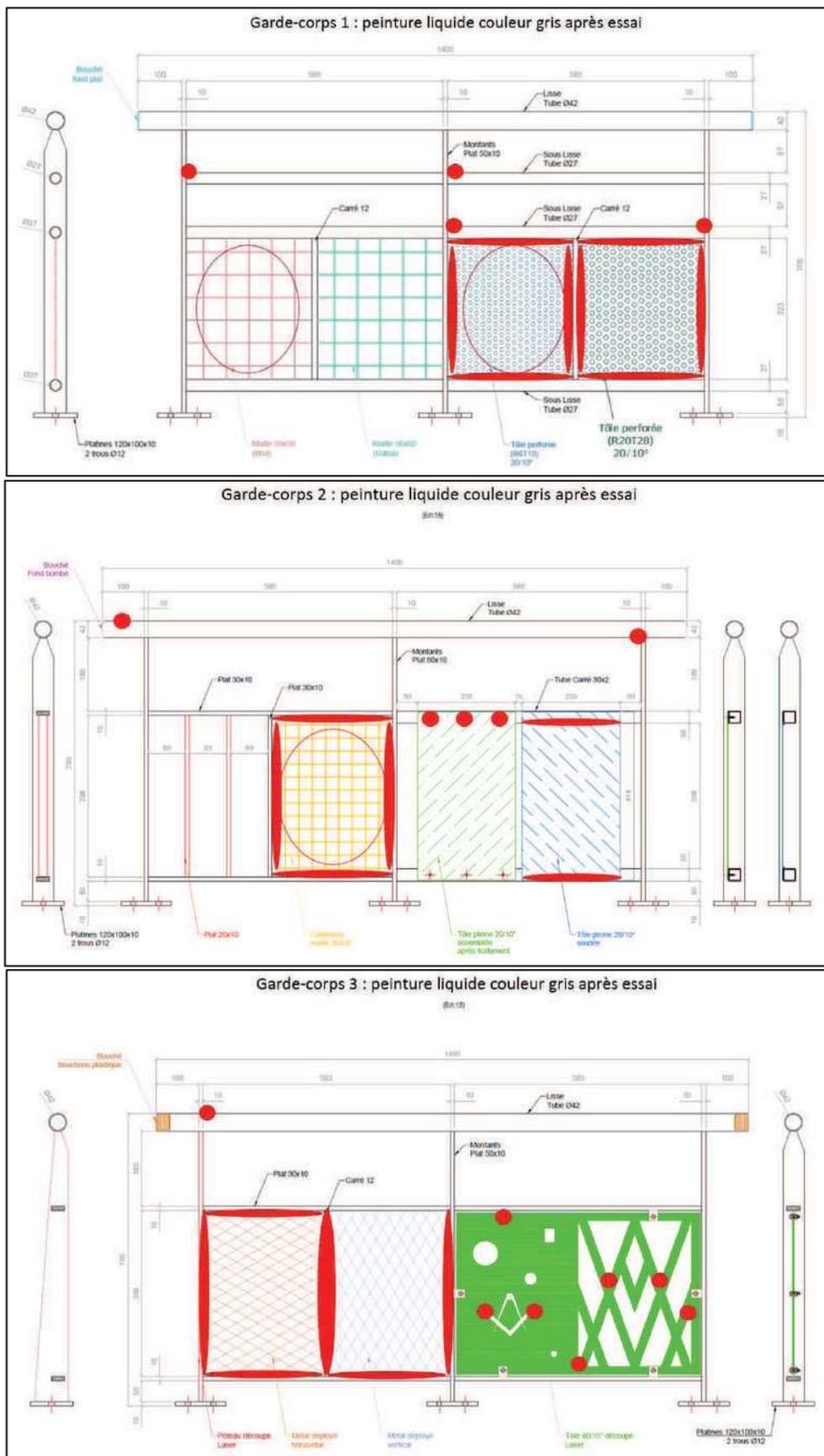
Garde-corps 1	Cotation	Commentaires	Garde-corps
Partie horizontale	Ri 2	Uniquement sur les soudures	
Partie verticale	Ri 3	Soudures + contacts avec remplissage	
Motif A	Ri 3	Soudures croisements +	
Motif B	Ri 3	Uniquement sur les soudures	
Motif C	Ri 3	Uniquement sur les tranches de la tôle	
Motif D	Ri 3	Uniquement sur les tranches de la tôle	
Garde-corps 2	Cotation	Commentaires	Garde-corps
Partie horizontale	Ri 2	Une soudure	
Partie verticale	Ri 2	Une soudure	
Motif A	Ri 1	Soudures	
Motif B	Ri 3	Soudures	
Motif C	Ri 2	Jonction avec le tube carré	
Motif D	Ri 2	Jonction avec le tube carré	
Garde-corps 3	Cotation	Commentaires	Garde-corps
Partie horizontale	Ri 1	Uniquement sur les soudures	
Partie verticale	Ri 1	Uniquement sur les soudures	
Motif A	Ri 4	« Intersection » tôle déployée + soudures de fixation tôle	
Motif B	Ri 3	« Intersection » tôle déployée + soudures de fixation tôle	
Motif C	Ri 2 2(S3)	Uniquement sur les arêtes + cloquage	
Motif D	Ri 1	Uniquement sur les arêtes	

Le degré d'enrouillement est évalué et noté de Ri 0 à Ri 5 selon des images type.

Le degré de cloquage est évalué par la quantité de cloquage et la dimension des cloques selon des images type. Un degré de cloquage 2(S4) signifie que la zone est évaluée comme ayant des cloques de quantité 2 et de dimension 4. Selon la norme NF EN ISO 4628-2, la quantité et la dimension des cloques peut varier jusqu'à la valeur 5.

## 5. Synthèse et recommandations

### Synthèse globale





Les différentes observations réalisées avant et après essai de corrosion accélérée sous cycles alternés permettent d'établir les conclusions suivantes :

## Géométries



### Métal Déployé

Le Métal Déployé, de par sa géométrie spécifique est sujet à la corrosion du fait de ses petits angles et zones de rétention d'eau (plus prononcé sur le Métal Déployé horizontal). Il est recommandé de réaliser un traitement anticorrosion préalable (galvanisation à chaud) sur le Métal Déployé afin de limiter la corrosion, s'il ne s'agit pas d'un acier Inox. Une précaution particulière est à prendre afin de limiter la déformation du Métal Déployé dû au procédé de galvanisation.

### Tôle perforée

Les tôles perforées présentent plusieurs causes de défauts, en faisant des objets propices à la corrosion. En effet, le diamètre des trous joue un rôle crucial dans l'application des protections. Par exemple, un diamètre trop petit ne permettra pas à la galvanisation d'être parfaitement appliquée ou a contrario, de boucher les trous. De plus, la perforation des tôles donne souvent lieu à des arêtes vives qu'il faut éviter afin de garantir une meilleure accroche des revêtements. Un ébavurage et un adoucissement des angles (meulage par exemple) permettent de limiter ces zones de défauts, propices à la corrosion.



### Tôle pleine

Les tôles pleines ne représentent pas de zones préférentielles sujettes à la corrosion. De par leur surface lisse et plane, le revêtement, s'il n'est pas endommagé, satisfait aux exigences définies pour une classe de corrosivité C4. Cependant, l'assemblage de ses tôles sur la structure doit faire l'objet d'une attention particulière, qui sera définie dans la partie « Assemblages ». Toutefois, il est recommandé de fixer la tôle en la vissant directement sur le garde-corps après application de la couche de finition. Il est par ailleurs important de prendre en considération le choix adapté de la visserie afin de limiter le couplage électrolytique et la corrosion sur acier noir.

### Caillebotis

Le caillebotis comporte la quasi-totalité des défauts que l'on peut rencontrer, si la conception et l'assemblage de ce dernier ne sont pas effectués avec précision. En effet, le caillebotis présente une multitude de points d'assemblage, d'angles droits et de zones de rétention d'eau. La géométrie du caillebotis ne permet pas de limiter ces zones. Seul un entretien adapté et régulier permet de limiter le phénomène de corrosion.

De manière générale, il faut faciliter l'écoulement de l'eau et éviter l'accumulation de corps étrangers (poussières, etc.) pouvant à terme constituer des foyers de corrosion.



Pour rappel, ce produit est destiné principalement à une mise en œuvre horizontale et non verticale.

## Assemblages

### Boulonné ou vissé

Le choix des vis de fixation des panneaux doit être fait de telle sorte que celles-ci résistent à l'environnement de la structure et évitent une amorce de corrosion. Par ailleurs, le choix du matériau de la vis a une importance cruciale afin d'éviter le couplage électrolytique. Il faut donc proscrire les assemblages tels que « vis en acier brut sur tôle en acier galvanisé » ou « vis en acier brut sur un tôle en acier inoxydable ».

L'assemblage en tant que tel doit également faire l'objet de précautions particulières. On peut distinguer deux protocoles différents :

- ✓ Assemblage des fixations puis application du revêtement
  - S'assurer que le traitement de surface recouvre l'assemblage (attention particulière aux angles vifs et espaces fins) afin d'avoir une protection optimale. Dans ce cas, la difficulté réside aussi dans la qualité de la préparation de surface.
- ✓ Application du revêtement puis assemblage des fixations
  - Lors de l'assemblage, le revêtement peut être endommagé ce qui entrainera soit une modification de l'épaisseur de peinture soit même une suppression totale de celle-ci. L'opération de serrage doit être réalisée avec précautions en s'assurant d'une part de ne pas réaliser de chocs entre les différents éléments revêtus et d'autre part, de respecter un couple de serrage adapté afin de ne pas écraser le revêtement jusqu'à fissuration de celui-ci. Une reprise locale de la protection anticorrosion ou de finition au niveau des assemblages est éventuellement à prévoir en fin de montage.

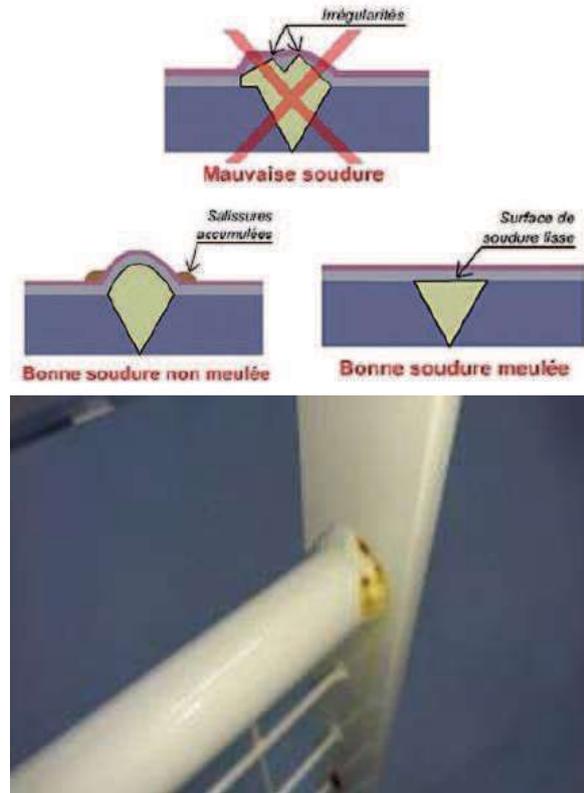


- **Recommandations :**
  - Rondelles nylon des deux côtés après traitement pour effectuer le remontage
  - Un graissage des vis au moment du montage (après traitement de finition) peut retarder l'apparition des désordres

## Soudé

Les soudures, bien que faisant appels à des normes pour leur réalisation et leur contrôle, comportent dans la plupart des cas un nombre de défauts non négligeable, accélérant les phénomènes de corrosion.

- Les porosités externes et la non continuité des soudures représentent en effet des zones de corrosion préférentielles. L'échappement de gaz lors de l'étape de cuisson de la peinture et l'évaporation, provoquent des défauts de bullage. A ce titre, il est recommandé de réaliser les différents contrôles non destructifs (CND) sur les soudures afin de s'assurer que celles-ci ne comportent pas de défauts que l'on ne pourrait identifier clairement via un contrôle visuel.
- Il est également conseillé de réaliser des soudures continues afin d'éviter les jonctions.



- Dans le cas de barreaudage, une soudure périmétrique doit être réalisée afin de limiter les phénomènes observés précédemment au niveau des entrefers.



- En dernier lieu, il est très fortement recommandé de meuler les soudures afin de faire disparaître les défauts propices à la corrosion tels que porosité et zones de rétention d'eau.

---

# Découpes

---

## Mécanique

Au vu des essais réalisés, aucune incidence particulière n'a été relevée dû à ce mode de découpe, sur la tenue anticorrosion des échantillons.

## Thermique

Les découpes thermiques, qu'elles soient à plasma ou laser, vont engendrer une modification dans la structure du métal (transformation chimique et formation d'une couche d'oxyde), ce qui peut avoir un impact sur la tenue des traitements de surface. En effet, la galvanisation ou l'application de peinture relèvent de réactions chimiques et mécaniques permettant l'adhérence sur le support. Modifier l'un des paramètres peut engendrer une modification des performances d'adhésion des revêtements.

Les recommandations sont donc d'avoir une épaisseur de matière suffisante pour la découpe afin de limiter l'altération du métal.

La découpe laser ou plasma sont des découpes précises, autorisant un choix considérable de motifs. Cependant, ces types de découpe ont pour conséquence la création d'arêtes vives. Il est donc conseillé de traiter les zones découpées et d'adoucir les arêtes afin de permettre une bonne accroche du revêtement et donc de mieux garantir la protection de la matière.

Par ailleurs, ces découpes permettent d'obtenir des espaces relativement fins. Il est rappelé qu'un espace trop fin entre deux éléments ne permet pas une bonne application des traitements de protection et de finition.

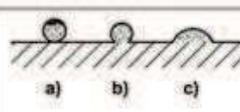
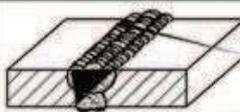
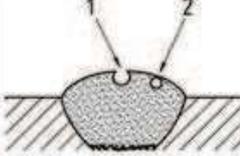


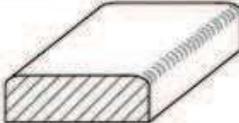
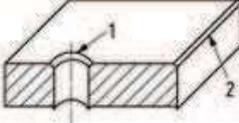
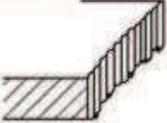
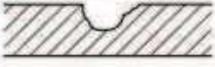
# Autres recommandations

## Finition avant protection et peinture

- Le meulage excessif des disparités de surface, notamment autour des cordons de soudure, peut engendrer des marques et des creux qui restent visibles après peinture. Il est recommandé d'effectuer cette opération en évitant de creuser les surfaces.
- Bien que la préparation de surface finale incombe à l'applicateur, il est vivement recommandé de livrer les ouvrages de métallerie propres et autant que faire se peut, exempts de salissures. En effet de nombreux produits utilisés lors de la fabrication qui, s'ils sont mal nettoyés, réduiront l'adhérence et la mouillabilité de la peinture. Certains défauts d'adhérence ne se révélant qu'après cuisson, il est primordial de s'assurer de la propreté de la pièce avant cette étape pour limiter les coûts d'une deuxième application.
- Par ailleurs, un degré de préparation P3 sur toutes pièces est préconisé selon la norme NF EN ISO 8501-3.
  - Préconisations :

Imperfections et degrés de préparation

Type d'imperfection		Degrés de préparation		
Description	Illustration	P1	P2	P3
<b>1 Soudures</b>				
1.1 Projections de soudure		La surface doit être dépourvue de toute projection de soudure non adhérente [voir a)]	La surface doit être dépourvue de toute projection non adhérente ou légèrement adhérente [voir a) et b)] Les projections montrées en c) peuvent subsister	La surface doit être dépourvue de toute projection de soudure
1.2 Vague de soudure/profil de la soudure		Aucune préparation	La surface doit être traitée (par meulage par exemple) pour éliminer les profils irréguliers et les aspérités	La surface doit être entièrement traitée, c'est-à-dire être complètement lisse
1.3 Scories		La surface doit être dépourvue de scories	La surface doit être dépourvue de scories	La surface doit être dépourvue de scories
1.4 Caniveaux		Aucune préparation	La surface doit être dépourvue de caniveaux étroits et profonds	La surface doit être dépourvue de caniveaux
1.5 Cratères de fin de cordon	 <b>Légende</b> 1 visible 2 invisible (pourrait être mise à jour par la projection d'abrasifs)	Aucune préparation	Les pores de surface doivent être suffisamment ouverts pour permettre la pénétration de la peinture ou être éliminés	La surface doit être dépourvue de pores visibles
1.6 Cratères de fin de cordon		Aucune préparation	Les cratères de fin de cordon doivent être dépourvus d'aspérités	La surface doit être dépourvue de cratères de fin de cordon visibles

Type d'imperfection		Degrés de préparation		
Description	Illustration	P1	P2	P3
<b>2 Arêtes</b>				
2.1 Arêtes laminées		Aucune préparation	Aucune préparation	Les arêtes doivent être arrondies selon un rayon minimal de 2 mm (voir l'ISO 12944-3)
2.2 Arêtes réalisées par poinçonnage, cisaillement, sciage ou perçage	 Légende 1 poinçonnage 2 cisaillement	Aucune partie de l'arête ne doit être vive; l'arête doit être dépourvue de bavures	Aucune partie de l'arête ne doit être vive; l'arête doit être dépourvue de bavures	Les arêtes doivent être arrondies selon un rayon minimum de 2 mm (voir l'ISO 12944-3)
2.3 Arêtes obtenues par coupage thermique		La surface doit être dépourvue de laitier et de calamine non adhérente	Aucune partie de l'arête ne doit avoir un profil irrégulier	La face vive doit être éliminée et les arêtes doivent être arrondies selon un rayon minimal de 2 mm (voir l'ISO 12944-3)
<b>3 Surface en général</b>				
3.1 Piqûres et cratères		Les piqûres et les cratères doivent être suffisamment ouverts pour permettre la pénétration de la peinture	Les piqûres et les cratères doivent être suffisamment ouverts pour permettre la pénétration de la peinture	La surface doit être dépourvue de piqûres et de cratères
3.2 Écaillage NOTE Les termes de «écailles» et de «brèches» sont aussi utilisés en français pour décrire ce type d'imperfection.		La surface doit être dépourvue d'aspérités.	La surface doit être dépourvue de tout écaillage visible.	La surface doit être dépourvue de tout écaillage visible
3.3 Replures de laminage/laminations coupées		La surface doit être dépourvue d'aspérités.	La surface doit être dépourvue de replures de laminages visibles	La surface doit être dépourvue de replures de laminages visibles

## Galvanisation et peinture

- La galvanisation et la peinture sont soumises à un environnement normatif encadré notamment par les normes NF EN ISO 14713-2, NF EN ISO 12944.
- Les principales recommandations prescrites dans ces normes sont listées ci-dessous :
  - **NF EN ISO 14713-2 : Revêtements de zinc - Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions - Partie 2 : galvanisation à chaud**

- Les pièces à galvanisées à chaud doivent être fabriquées à partir d'aciers aptes à la galvanisation (voir norme NF A 35-503)
  - La conception des pièces destinées à être galvanisées à chaud doit prévoir un plan de perçage pour permettre au zinc de s'écouler librement et sans risque d'explosion
  - Les découpes des pièces doivent être traitées au préalable à la galvanisation afin de garantir un revêtement de galvanisation homogène et adhérent sur l'ensemble de la pièce
  - L'épaisseur de la pièce à revêtir d'une galvanisation à une influence sur l'épaisseur de galvanisation ; prévoir un jeu pour tenir compte de l'épaisseur de galvanisation
  - Les pièces à revêtir d'une galvanisation à chaud doivent subir une série de traitements en amont de la galvanisation pour obtenir un état de surface du métal propre et afin de garantir la bonne adhérence du revêtement de zinc
- **NF EN ISO 12944 : Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture**
- La catégorie de corrosivité de l'environnement doit être connue avant le choix et la prescription de la protection anticorrosion afin de vérifier la cohérence de la protection vis-à-vis de l'agressivité de l'environnement
  - Eviter les configurations pouvant engendrer des rétentions d'eau et de dépôts
  - Eviter les interstices en réalisant des cordons de soudure continus
  - Les arêtes vives doivent être arrondies ou chanfreinées afin d'avoir une épaisseur régulière de peinture au niveau des angles et moins sujet aux endommagements
  - Les soudures ne doivent pas présenter de défauts et doivent faire l'objet d'un meulage
  - Des précautions doivent être prises lors de l'association de deux métaux de potentiels électrochimiques différents afin d'éviter une corrosion galvanique.
  - La pièce/structure doit subir une préparation de surface appropriée avant l'application du revêtement anticorrosion, en tenant compte du degré de préparation requis pour garantir la tenue et la durabilité de la peinture
  - Choisir un système de protection peinture adapté à la catégorie de corrosivité, compte tenu du type de support et de la durabilité attendu du système de peinture

### **Stockage et transport**

- Le stockage des différents ouvrages de métallerie doit être réalisé selon certaines règles :
  - Stocker de préférence en intérieur ou sous un espace couvert
  - Eviter les rétentions d'eau dues au stockage en préférant une mise en pente des éléments revêtus

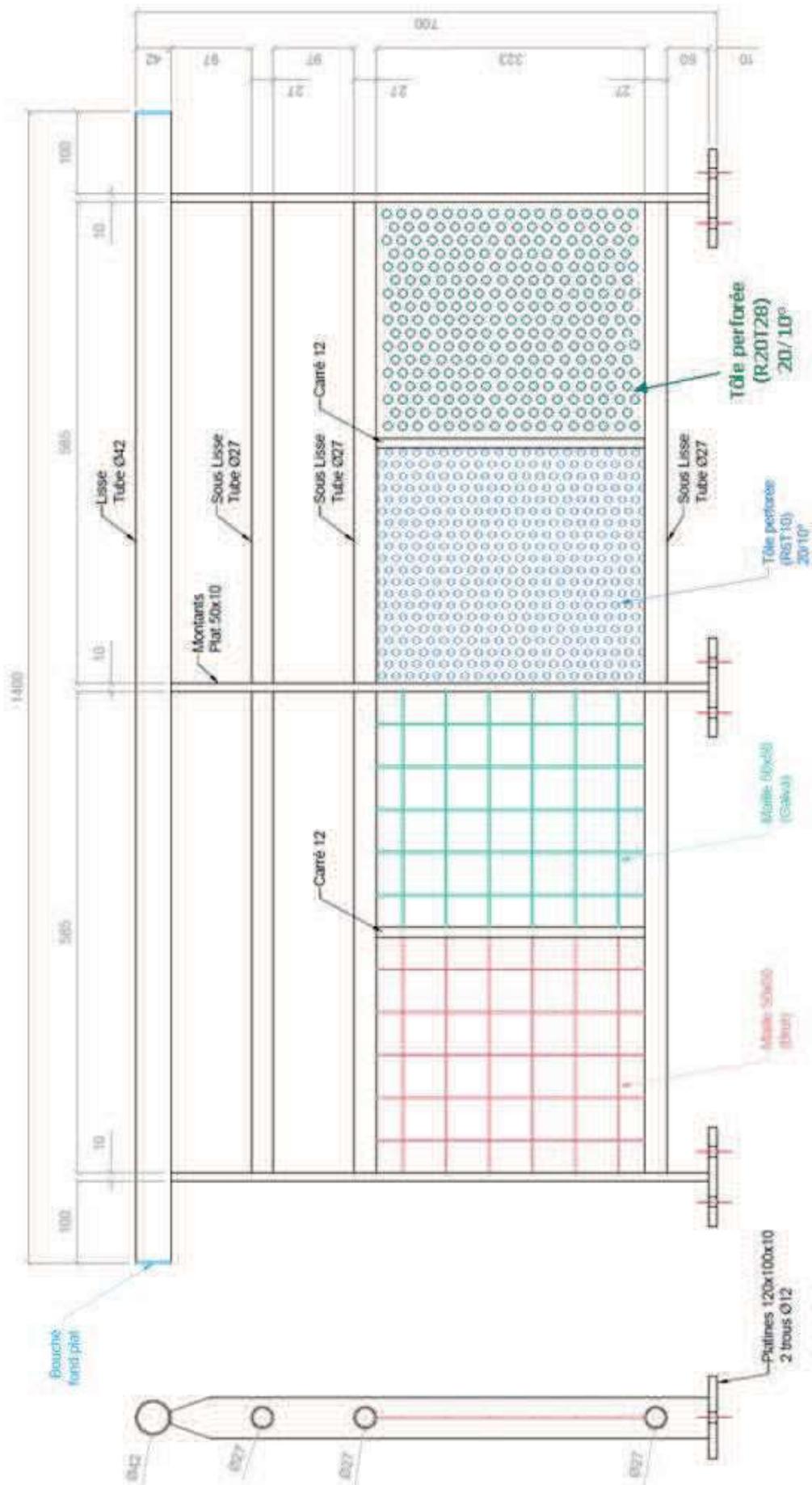
- Ne pas mettre en contact direct les différents éléments afin de limiter les frottements et les chocs
- Ne pas stocker les éléments directement sur le sol et privilégier l'utilisation de cales
- Le transport des éléments doit être réalisé avec soin afin de limiter l'endommagement du revêtement. Ainsi, il est recommandé de protéger les ouvrages en les couvrant d'éléments protecteurs et de les manipuler avec soin lors du chargement et du déchargement (éviter les chocs, arrimer les éléments avec des sangles, porter des gants).

## **ANNEXE A**

# **Plans des maquettes de garde-corps**

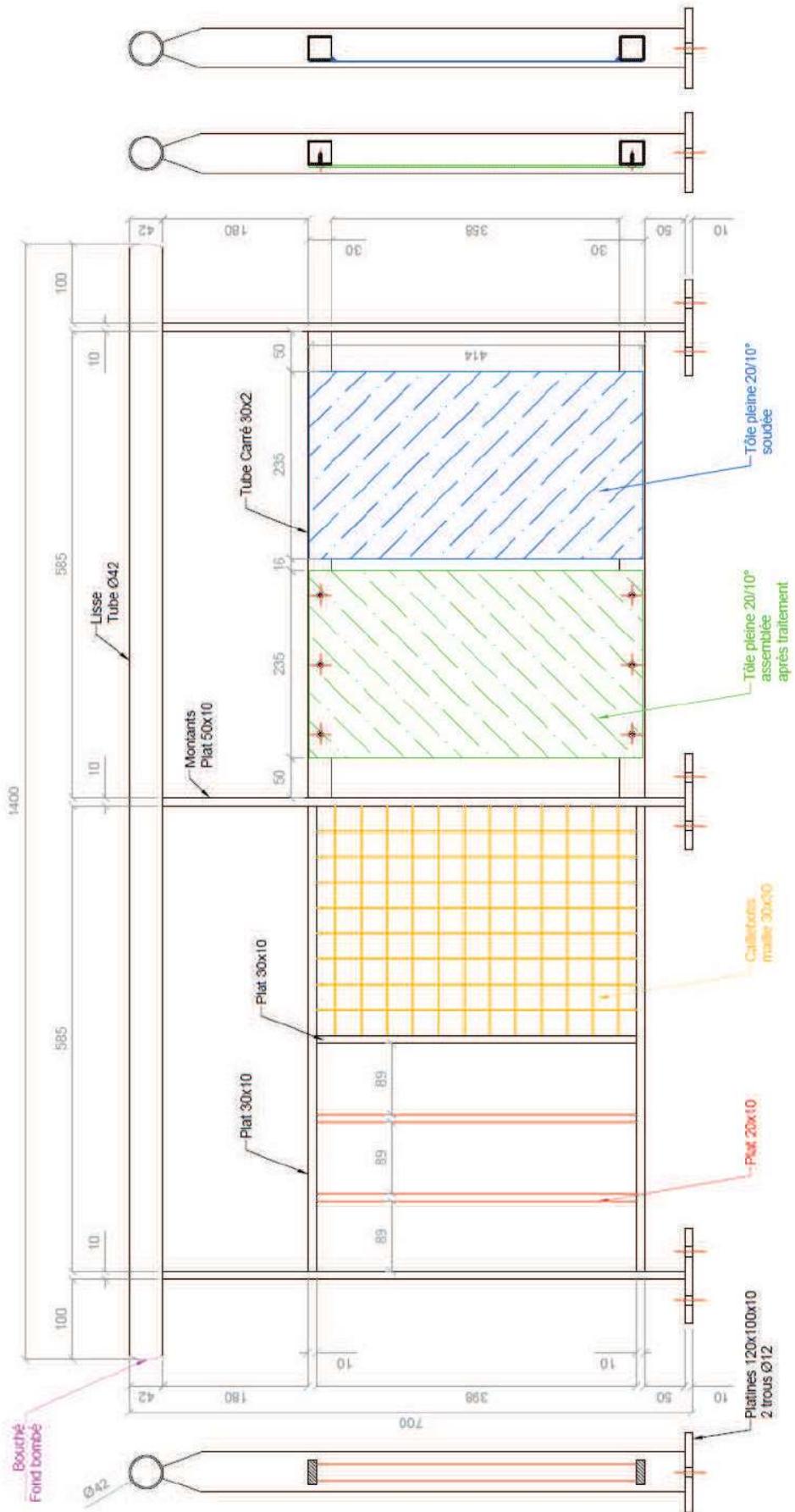
# GARDE-CORPS 1

(Cont.)



## GARDE-CORPS 2

(Ech: 1/5)



### GARDE-CORPS 3

(Ech.1/5)

