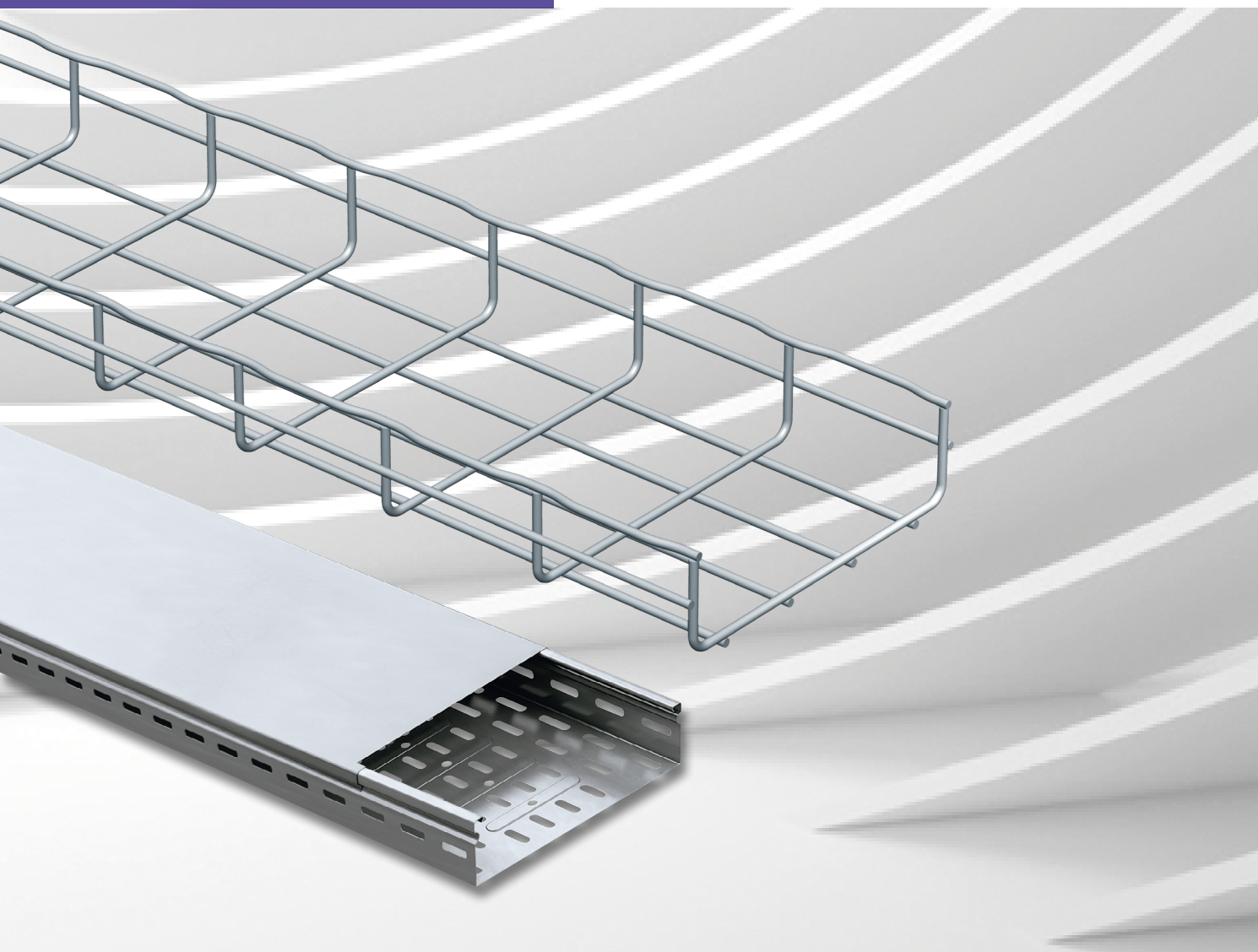




**LIVRE
BLANC**

CHEMINS DE CÂBLES

**REVÊTEMENT ADAPTÉ
AUX ENVIRONNEMENTS
CORROSIFS**



LEGRAND

VOUS ACCOMPAGNE DANS TOUS VOS PROJETS

L'offre de solutions globales de chemins de câbles en fil d'acier soudés (et accessoires) proposée par Legrand est l'une des plus complètes du marché.

Elle offre une véritable liberté de cheminement en permettant la réalisation de configurations multiples dans un vaste choix de finitions pour une intégration optimale dans tous les environnements.

Les chemins de câbles Legrand sont résistants à la corrosion grâce aux différents traitements de surface possible: à chaque environnement, sa solution !

Ce livre blanc permet de comparer les solutions Hautes résistance (HR), la Galvanisation à chaud (GC) et présente la nouvelle gamme Hautes Résistances, les fils ZnAl, la tôle et accessoires en ZnMg et visserie en ZnNi.

INFORMATIONS LÉGALES

Les images de présentation n'incluent pas toujours les Équipements de Protection Individuelle (EPI), mais il s'agit d'une obligation légale et réglementaire qui doit être scrupuleusement respectée.

Conformément à sa politique d'amélioration continue, Legrand se réserve le droit de modifier les spécifications et les illustrations sans préavis. Toutes les illustrations, descriptions et informations techniques incluses dans ce document sont fournies à titre indicatif et ne peuvent être opposées à Legrand.

sommaire

RÉSISTANCE À LA CORROSION	4
Test en extérieur	5
Test au brouillard salin	5
Test au brouillard salin (suite)	6
Test de corrosion SO ₂ Kesternich	7
RÉSISTANCE MÉCANIQUE	8
BARBES DE ZINC	9
ASPECT	10
Observation au microscope électronique à balayage	10
Aspect général	11
Picots « Zinc flakes »	12
Évolution naturelle	14
COMPORTEMENT À LA DÉCOUPE	15
Après production	15
Outils pour le découpage	16
PHÉNOMÈNE DE RECOUVREMENT ET PROTECTION DES PIÈCES PLIÉES SUR PLACE	18
RESPECT POUR L'ENVIRONNEMENT	19
ANNEXES	22

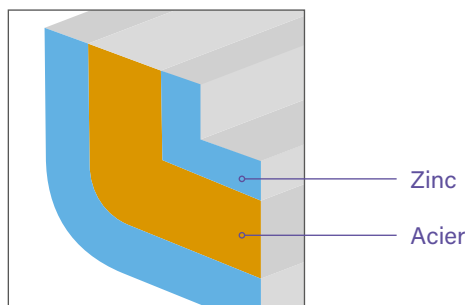
RÉSISTANCE À LA CORROSION

La fonction principale d'un chemin de câbles en fil d'acier soudés est d'être un support durable, efficace et résistant.

Le thème récurrent de toutes les applications métalliques est la corrosion non maîtrisée qui peut entraîner une baisse de performance et altérer la pérennité de l'installation par réaction chimique ou électrochimique. Le chemin de câbles en fil d'acier soudés peut être une source de corrosion puisqu'il est exposé à un environnement plus ou moins agressif.

Corrosion environnementale : lorsque l'acier (Fer + Carbone) est en contact avec un catalyseur et de l'Oxygène, de l'Oxyde de Fer se forme à la surface (rouille rouge). Il existe deux types de protection :

- structures telles que l'acier inoxydable qui sont auto-protectrices (Oxyde de Chrome - Passivation).
- barrières chimiques - effet sacrificiel, par exemple par le Zinc. Tant qu'il reste suffisamment de protection en Zinc sur une pièce en acier, le Zinc s'oxydera avant que l'acier ne commence à rouiller.



"La corrosion est un phénomène naturel et inévitable, nous devons en tenir compte lors de la conception de nos systèmes de chemins de câbles", selon le Responsable Marketing de Cablofil.

La galvanisation à chaud par immersion dans un bain de Zinc en fusion à 450 °C (850 °F) existe depuis plus de 150 ans et n'a plus à faire ses preuves. Longtemps utilisée dans l'industrie automobile comme protection anticorrosive, les nouveaux alliages Haute Résistance (HR) incluant l'Aluminium et le Magnésium ont cependant progressivement remplacé le processus de galvanisation à chaud. Ainsi, à l'échelle mondiale, les fils de palissage, les gabions ainsi que les glissières de sécurité sont principalement fabriqués en Zinc Aluminium ou Zinc Magnésium depuis plus d'une décennie.

La galvanisation à chaud ne convient pas aux petites pièces ou attaches, sans retouche significative, en raison de son épaisseur très variable. De plus, le choc thermique de la chaleur du bain déformerait les éléments fins.

Le revêtement riche en Zinc est un procédé couramment utilisé pour ce type de pièce et ne nécessite seulement qu'une température de 280 °C (536 °F), soit par centrifugation, soit par pulvérisation. L'épaisseur du revêtement (lamelles de Zinc et d'Aluminium enrobées) est plus fine que celle de la galvanisation à chaud.

Il existe différentes méthodes de vérification sur la pérennité des pièces en acier. Certaines sont standardisées, d'autres sont empiriques.

Selon la IEC 61537, le système de chemin de câbles est considéré conforme quand la rouille de surface (Fe_2O_3) est inférieure à 5 % de la surface du produit.



Test en extérieur

Avec ses multiples centres de production et sa présence internationale, Legrand a entrepris un programme de tests sur 10 ans à grande échelle sur les différents continents.

Chemin de câble ZnAl en 2012:



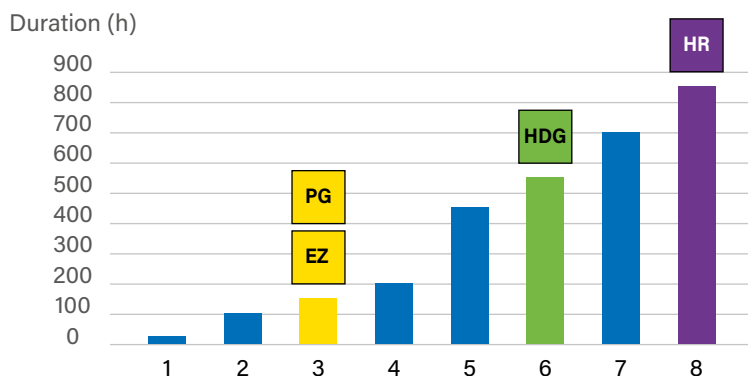
En parallèle, deux types de tests, qui sont certainement critiquables pour leur réalisme par rapport à un environnement donné, mais qui ont l'avantage d'être facilement reproductibles et standardisés: « le test au brouillard salin et le test de corrosion SO₂ Kesternich ». Avec à chaque fois des caractéristiques déterminées telle que la température, l'hygrométrie et la pollution qui peut être reproduit dans un laboratoire.

Étant donné que les processus de fabrication pour les chemins de câbles en fil d'acier soudés et les petits accessoires sont légèrement différents, il est intéressant de faire une comparaison afin d'observer quels produits ou processus diminuent les performances du système.

Les produits HR and HDG peuvent être mélangés sans difficulté, avec un risque négligeable de corrosion galvanique. Mais la performance du système sera limitée aux caractéristiques de la HDG (Class 6).

Test au brouillard salin

Le test au brouillard salin (brouillard salin neutre) selon la norme ISO 9227 est le test le plus courant et le plus reconnu pour les chemins de câbles, référence IEC 61537:



Les produits galvanisés à chaud sont de classe 6 selon l'IEC 61537. Les produits Haute Résistance Cablofil et Legrand ont une résistance minimale de 850 heures au test du brouillard salin et sont de classe 8.

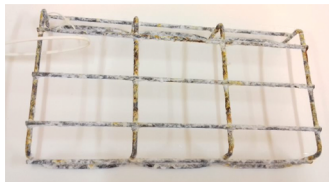
Le test cyclique au brouillard salin neutre, utilisant le Chlorure de Sodium (NaCl 5%) à pH neutre avec une température de 35 °C selon l'ISO 9227 est un standard d'évaluation de la résistance à la corrosion pour les matériaux métalliques, permettant une comparaison relativement rapide entre plusieurs produits.

RÉSISTANCE À LA CORROSION (SUITE)

Test au brouillard salin (suite)

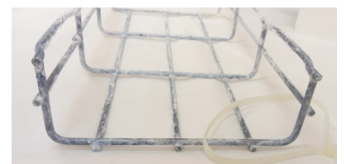
CF 54/200 HDG test au brouillard salin 850 h :

- Rouille supérieur à 5 %.
- Les produits ne sont plus conformes.



CF 54/200 ZnAl test au brouillard salin 2000 h :

- Propagation de la rouille blanche, pas de rouille rouge.



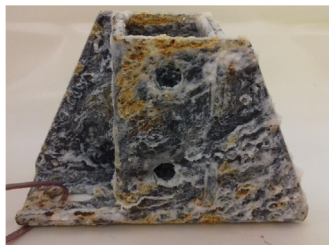
HDG support compact test au brouillard salin 1250 h :



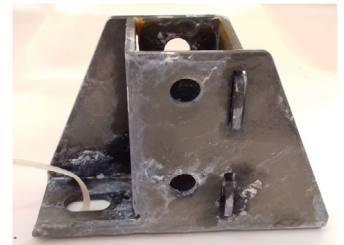
ZnMg support compact test au brouillard salin 1250 h :



PFN41S HDG test au brouillard salin 850 h :



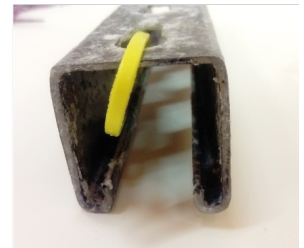
PFN41S ZnNi test au brouillard salin 1250 h :



HDG épaisseur du rail 2 mm test au brouillard salin 1200 h :



ZnMg épaisseur du rail 2 mm test au brouillard salin 1200 h :



BTRCC Zinc lamellaire test au brouillard salin 2000 h :

- La perte de masse est importante.



BTRCC ZnNi test au brouillard salin 2000 h :

- Les produits sont toujours conformes.



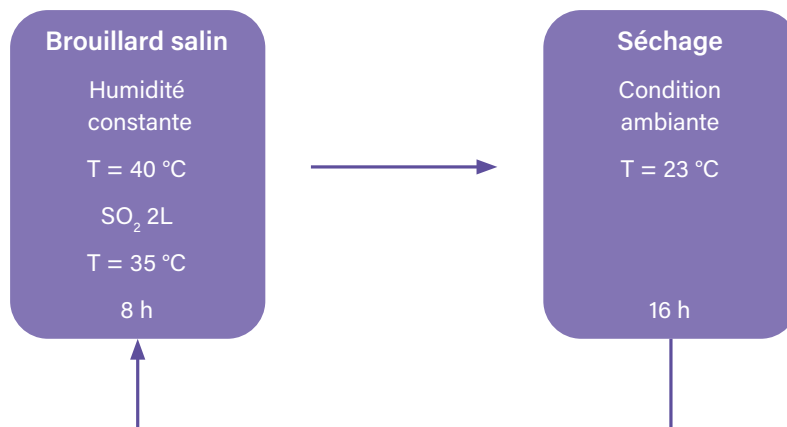
Une fois galvanisé à chaud à 850 heures, les produits ne sont plus conformes. À 2000 heures, ils sont presque entièrement recouverts de rouille rouge.

Selon l'EN ISO 14713-1, il est admis pour la galvanisation à chaud que la perte de Zinc en milieu marin (C5*) est d'au moins 4 à 8 μm par an. On observe que ce n'est pas le cas des alliages tels que le ZnAl et le ZnMg qui présentent une perte beaucoup plus faible.

Test de corrosion SO₂ Kesternich

Le test au brouillard salin ne peut pas être le seul test utilisé pour évaluer la corrosion dans des environnements critiques. Pour cette raison, nous recommandons des tests supplémentaires pour garantir que le traitement de surface choisi est optimal pour l'environnement dans lequel le produit sera utilisé.

Le test du Dioxyde de Soufre (SO₂ test, ou aussi connu sous le nom de test « Kesternich ») est un excellent test complémentaire à effectuer en laboratoire.



Résultats des tests :

24 h, EDRN en Zinc lamellaire (à associer au HDG) :

- Rouille rouge > 5 %.



24 h, EDRN en ZnNi (à associer au ZnAl) :

- Aucune présence de rouille rouge.



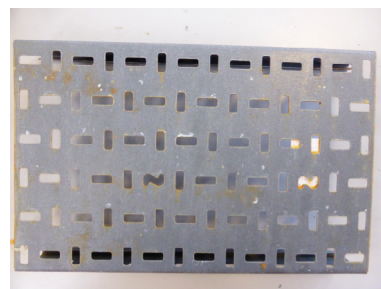
Chemin de câble HDG 55 µm.

- Apparition de rouille rouge à 384 h.



Chemin de câble ZnMg.

- Apparition de rouille rouge à 456 h.



Les alliages Zinc Nickel et Zinc Magnesium résistent mieux à ce type de test que le Zinc lamellaire et galvanisé à chaud.

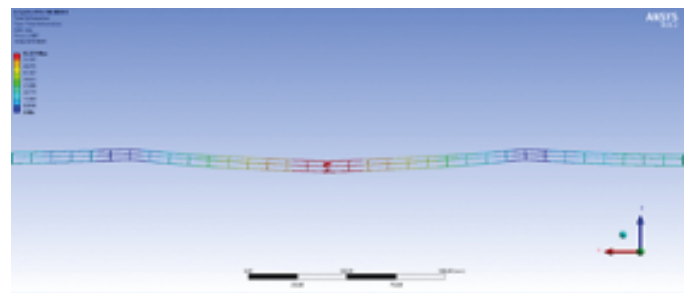
RÉSISTANCE MÉCANIQUE

La résistance mécanique des chemins de câble est déterminée par la ductilité, la limite d'élasticité et l'allongement à la rupture de l'acier, mais également par sa soudabilité. La protection ou le revêtement n'influence pas la résistance mécanique. On peut considérer qu'un acier protégé par électrozingage, un alliage Zinc Aluminium, un alliage Zinc Magnésium ou un acier galvanisé à chaud conserve la même résistance mécanique.

Il n'y a pas de différence de charge selon les finitions.

Cependant, la porosité et le coefficient de frottement des surfaces ZnMg et ZnAl sont nettement inférieurs à ceux des surfaces HDG.

Par conséquent, les câbles glissent mieux sur les surfaces HR, il y a moins de création de poussières, et le tirage des câbles est facilité.



Pour autant, la couche de Zinc sur les produits galvanisés à chaud est relativement épaisse (55 μm). Dans le cas où le revêtement HDG serait plus épais que 85 μm , l'effet serait contre-productif pour deux raisons :

- **La corrosion**, puisque plus le revêtement est important, plus il est cassant et a tendance à se fissurer, créer des craquelures parfois visibles à l'œil ou même à se détacher. D'après l'EN ISO 1461, des essais d'adhérence peuvent être nécessaires lorsque les pièces sont soumises à des efforts mécaniques. D'après l'EN ISO 1461 tableau 1 annexe D, l'épaisseur maximale possible sur un substrat acier de minimum 6 mm accepte une couche GC de 85 μm au maximum.
- **Le poids**, car en moyenne, la finition GC 55 μm rend les chemins de câbles de 7 % à 10 % plus lourd qu'en finition Zinc Aluminium ou Zinc Magnésium, en particulier sur les aciers à parois minces ou réactifs. Augmenter l'épaisseur de galvanisation reviendrait à réduire la capacité de charge.

La Chine a une capacité de plus de 110 millions de tonnes de tôle d'acier traitées au zinc ou alliage de zinc (ZHANG Qifu, JIANG Sheming, Development of Zinc and Zinc-alloy Coated Steel Sheets in China, p.1 du National Engineering Laboratory of Advanced Coating Technology for Metals, China Iron & Steel Research Institute Group). D'après la CAAC (China Automotive Industry Association), les ventes en Chine de véhicules ont atteint 25 millions en 2020. Le poids est l'une des raisons majeures de la bascule du GC aux alliages ZnMg dans le domaine de l'automobile ces dernières années. Ce phénomène s'est accéléré avec l'arrivée des voitures électriques.



CHEMINS DE CÂBLES

BARBES DE ZINC

Les barbes (de l'anglais « whisker ») sont un sujet de conversation récurrent depuis les années 1940. Ce sujet, a commencé avec les barbes d'étain, puis s'est poursuivi ces dernières décennies dans l'environnement du data center avec la barbe de zinc (« zinc whiskers »).

Sans revenir sur les conséquences que ces barbes peuvent avoir dans une salle informatique, pas toujours prouvées, il est bien connu que des filaments de zinc pur peuvent se créer sous certaines conditions à la surface d'acier galvanisés (électro zingués), où les atomes de zinc sont sujet à une compression. Ces filaments, d'un diamètre approximatif de 2 μm , peuvent par la suite se détacher et venir se coller aux cartes électroniques ou composants électriques, sans que des effets néfastes n'aient pu être démontrés.

Barbe de Zinc, x 1000



Des barbes de zinc peuvent être retrouvées sur d'autres finitions. Jusqu'à présent, aucun phénomène de création de filaments de ce type n'a pu être aperçu sur des finitions pré-revêtues (ZnAl/ZnMg), ainsi qu'en alliage zinc nickel ou galvanisation à chaud.

Dans l'environnement data center, où la température et l'hygrométrie sont maîtrisées, la pollution inexistante, Legrand préconise la finition électrozinguée, à l'image des fabricants de serveurs, de switches ou d'électroniques qui utilisent ce procédé pour leur châssis et couvercles. La menace de barbes de zinc étant jugé négligeable, à l'opposé des risques électrostatiques.



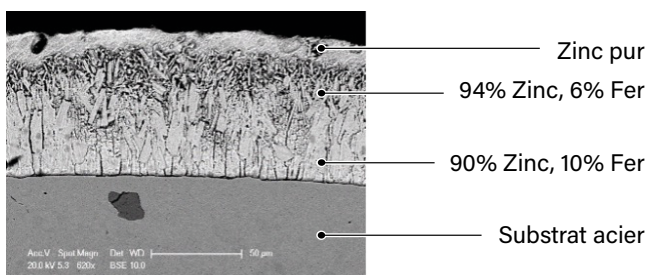
CHEMINS DE CÂBLES

ASPECT

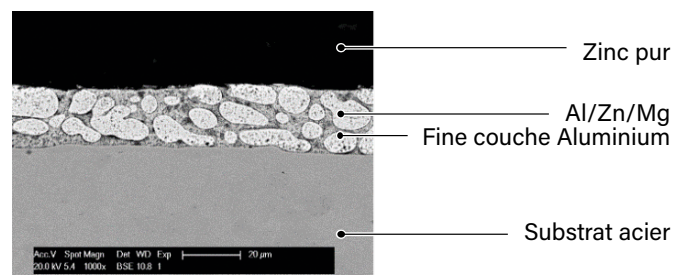
Observation au microscope électronique à balayage

Le moyen le plus efficace pour observer des produits est sans doute l'utilisation d'un Microscope Electronique à Balayage (MEB).

Cross-section HDG 55 µm x 620



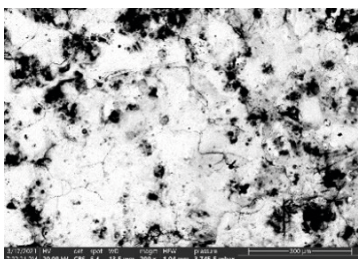
Cross-section HDG 55 µm x 1000



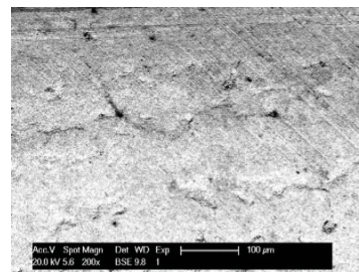
Sur le support acier, le revêtement de galvanisation est composé d'une couche d'alliages de fer zinc, puis d'une couche supérieure de zinc pur.

Sur le support acier, une fine couche aluminium se forme, recouverte d'un alliage zinc aluminium relativement homogène.

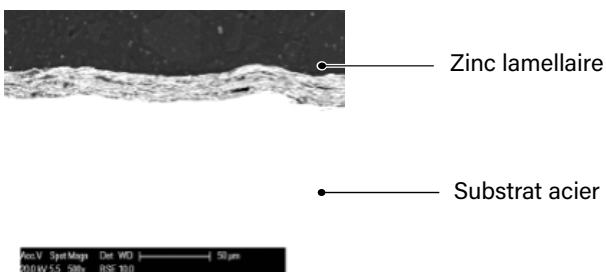
Surface HDG x 200



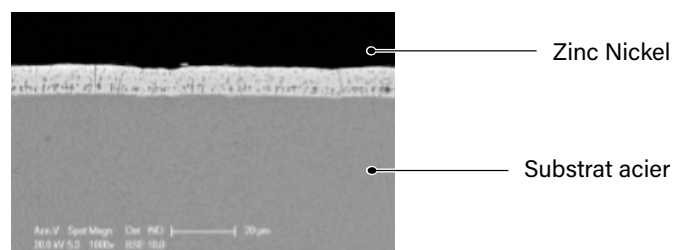
Surface ZnAl x 200



Coupe ZnL x 500



Coupe ZnNi x 1000



Aspect général

▪ Aciers post-traités avec galvanisation à chaud

Les produits galvanisés à chaud (fils et tôles) ont un aspect qui varie en fonction de l'exposition environnementale dans laquelle ils sont installés ou stockés.



EXEMPLE : P31 galvanisé à chaud à la sortie de production

i L'aspect du revêtement d'un produit galvanisé à chaud varie en fonction de l'acier. Ceux ayant moins de 0,03 % ou 0,04 % de silicium (Si) favorisent un bel aspect uniforme, alors que ceux contenant du phosphore (P) sont plus réactifs, d'un aspect plus mat, marbré ou rugueux.

This process, conform to EN ISO 1461 must be chosen for its performance above all rather than for its aesthetics.

On delivery of the products, a thin white film (Zinc Hydroxide) may be noticed **which does not affect the resistance to corrosion.**

▪ Aciers prégalvanisés/prérevêtus



Les produits en Zinc Magnesium sont esthétiquement très similaires aux produits PG, lisses, avec très peu d'irrégularités.



Les produits en Zinc Aluminium ont un aspect mate et peu brillant. Lors d'une inspection minutieuse, de légers ternissements, des voiles ou des auréoles blanches peuvent parfois être observés :



Ternissement sur le fil



Voile blanc



Noircissement sur l'extrémité du fil



Auréoles blanches sur la soudure

CHEMINS DE CÂBLES

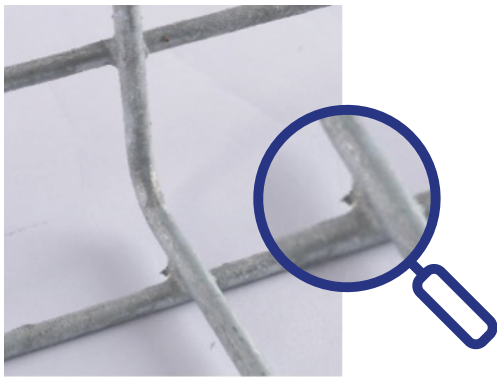
ASPECT (SUITE)

Picots « Zinc flakes »

Lors d'une galvanisation à chaud, l'immersion de l'acier dans un bain de Zinc fondu à 450 °C (850 °F), peut créer des gouttelettes de Zinc résiduelles, des boutons, des barbes, des voiles ou des coulures « Zinc flakes ».

La norme EN ISO 14713 chapitre 5 et 6 détermine la qualité de la couche de Zinc pour la galvanisation à chaud.

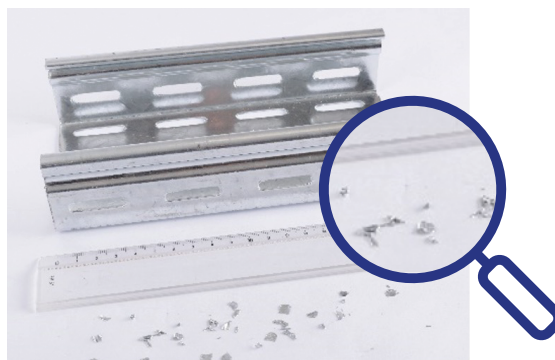
Picots et gouttes de Zinc sur des chemins de câbles fil et tôle



Une surépaisseur est tolérée à condition qu'elle ne soit pas coupante, gênante ou dangereuse pour l'usage du produit. Une observation perpendiculaire à une distance d'un mètre, sans assistance visuelle, sans révéler d'effets perturbateurs, est considérée comme acceptable (selon l'EN 13438).

Il existe des moyens de limiter la création de gouttes de Zinc (exemple : vibration), mais l'intervention humaine est presque toujours nécessaire pour éliminer les picots coupant ou gênants à certains endroits. Il est difficile d'obtenir des chemins de câbles sans picots. La main d'œuvre impliquée dans ces opérations est importante car les irrégularités supprimées ne doivent pas enlever la couche de Zinc au substrat en acier. C'est également important car les points de fixation arrière doivent être traités avec une peinture enrichie en Zinc..

Pièces HDG ébavurées :

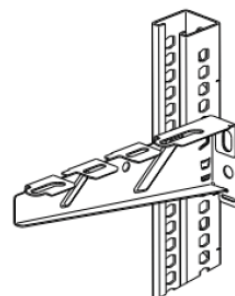
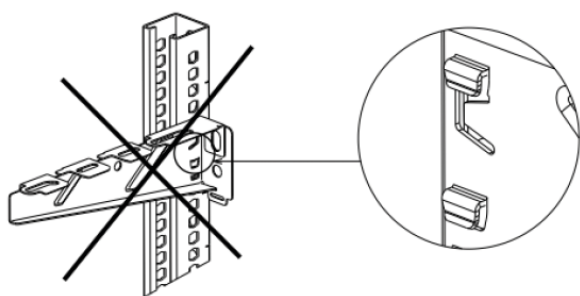


Épaisseur du revêtement :

Dans certains cas, l'épaisseur de la galvanisation à chaud peut poser un problème, certains produits ne peuvent pas être montés. Par exemple, la configuration d'un support CB en HDG sur un rail HDG avec crochet sans vis. Dans ce cas, le CB ZnMg sur rail ZnMg rail est recommandé.

HDG

ZnMg



CHEMINS DE CÂBLES

ASPECT (SUITE)

Évolution naturelle

Pour les produits galvanisés à chaud, la brillance diminue avec le temps :

Si l'eau stagne sur une surface galvanisée à chaud, elle empêche la formation d'une couche appelée patine et des tâches blanchâtres principalement constituées d'Oxyde de Zinc basique et d'Hydroxyde apparaissent rapidement. La rouille blanche n'est que visuellement gênante et peut être enlevée avec un nettoyeur haute pression suivi d'un séchage rapide.



Rouille blanche sur une surface

Pour le Zinc Aluminum, après quelques semaines de fabrication :

- 1) La couleur devient plus homogène.
- 2) Les éventuelles marques torsadées blanches ou noires disparaissent. Mais dans une moindre mesure, le produit est sensible à la rouille blanche.
- 3) Il peut y avoir de légères traces de rouille rouge à l'extrémité du fil non protégé en raison des coupures lors du processus de fabrication. Le produit se matifie avec le temps pendant le stockage en extérieur. Une auto-réparation se produit et les extrémités se couvrent d'un revêtement protecteur blanc grisâtre avec un peu de rouille rouge, mais ce n'est qu'esthétique car il n'y a pas de perte de masse.



Rouille rouge superficielle sur la coupe

- 4) Le produit se matifie.



CHEMINS DE CÂBLES

COMPORTEMENT À LA DÉCOUPE







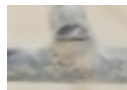
Après production

Le revêtement Zinc Aluminium présente l'avantage d'un effet « cicatrisant » des coupes réalisées selon les indications de Legrand.

Le principe de cet effet de cicatrisation est assez simple. Au stade initial de la corrosion, le revêtement est inhibé par une fine couche d'Oxyde d'Aluminium qui apparaît naturellement à la surface du revêtement. Aux stades de corrosion avancés, les produits de corrosion de l'Aluminium recouvrent la surface d'une couche blanchâtre compacte qui entrave la progression de la corrosion.

Cette couche gonfle et recouvre les zones adjacentes non couvertes par le revêtement Zinc Aluminium (exemple : les rayures traversant le revêtement). Les bords sont d'abord protégés par la protection sacrificielle donnée par le Zinc (effet galvanique), puis par les produits de corrosion de l'Aluminium qui couvrent progressivement les bords. La couche protectrice couvre complètement ou partiellement la section.

Les grands diamètre de fil peuvent ainsi montrer une très petite tache résiduelle visible de rouille rouge au centre du fil, mais sans aucun risque de propagation en profondeur (au coeur du fil). L'effet est plus ou moins rapide, dans les mois suivant l'installation, selon les conditions d'exposition des produits.

Durabilité test au brouillard salin	HDG		ZnAl	
Après production		Découpé et galvanisé à chaud		Découpé à froid
Après 48 h test au brouillard salin		Protection par le Zinc sa quantité diminue		Bord protégé par la création d'une fine couche d'Oxyde d'Aluminium
Après 850 h test au brouillard salin		Produit rouillé		Pas ou peu de rouille rouge
Après 2000 h test au brouillard salin	Produits trop dégradés			Rouille blanche en majorité, pas de présence de rouille rouge à ce stade

Grâce à sa soudure en T*, le nombre de découpes visibles sur les chemins de câbles Cablofil se situe uniquement aux extrémités et représente une très petite partie du chemin de câble.

À titre d'exemple, le rapport $\frac{\text{rapport extrémités}}{\text{surface totale}}$ d'un CF54/300 est de 0.61 %.

Puisque l'effet sacrificiel sur les biseaux est limité, une protection supplémentaire en Zinc serait nécessaire.



Outils pour le découpage

▪ Coupe-fil, ou coupe boulon



Sur le fil, privilégier l'outil coupe-fil. L'effet de beurrage est important. L'utilisation d'une bombe de peinture contenant plus de 90 % de poussière de Zinc est recommandé sur le ZnAl, pour éviter d'avoir des tranches inesthétiques. Cette protection est obligatoire lors de la coupe de produits galvanisés à chaud pour éviter la corrosion. Le support doit être propre afin d'assurer une bonne adhérence.

▪ Meuleuse

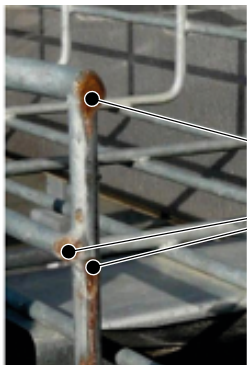


Il est à noter que cette outil peut nécessiter un permis de feu. Le découpage à l'aide d'une meuleuse doit être évité pour deux raisons :

- La première est que pour le HDG, comme pour le ZnAl ou le ZnMg, il y a une création de poussière, qu'il faut éviter d'inhalier, même si le risque est visiblement inférieur à la valeur limite d'exposition professionnelle (exemple : Réglementation française : section 8 FDS VLEP).
- La seconde est un risque pour la résistance à la corrosion des produits. Il fend les tranches à très hautes température lors de son passage, laissant des traces de brûlures noires et de fortes aspérités sous forme de copeaux d'acier qu'il faut souvent limer. Les extrémités des fils coupés avec une meuleuse sont abîmées et ont une protection dégradée, quelle que soit la finition. Essayer de faire de beaux biseaux avec cet outil est un risque qui peut conduire à la corrosion de toutes les parties touchées par le disque sans que l'on s'en rende compte sur le moment.

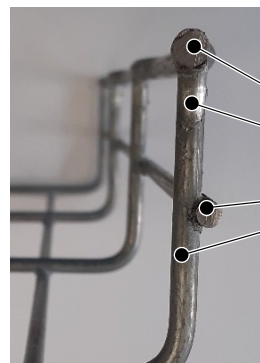
Après 14 jours dans un environnement C3* (ISO 9223), sur les parties touchées par la meuleuse, on peut observer :

Sur un produit HDG, l'apparition de rouille rouge.
Il n'y aura pas d'effet cicatrisant suffisant pour reprotéger cette partie.



Rouille rouge

Sur un produit ZnAl, effet cicatriciel important.
Mais les parties touchées seront affaiblies contre les attaques de corrosion.

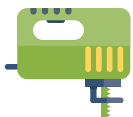


Effet cicatriciel

La seule recommandation pour éviter la corrosion lors de l'utilisation de la meuleuse à chaud sur du ZnAl, ZnMg, HDG, ou même électroaluminisé, est d'utiliser une peinture spécifique.

*Voir tableau description des classes en annexe page 22.

▪ Scie sauteuse



C'est l'outil de prédilection pour couper la tôle. Il est rapide mais provoque des vibrations du chemin de câbles, il laisse des fils d'acier et a un bon effet de beurrage. Cependant, l'utilisation d'une peinture spécifique sur les découpes de produits HDG est obligatoire.

▪ Grignoteuse

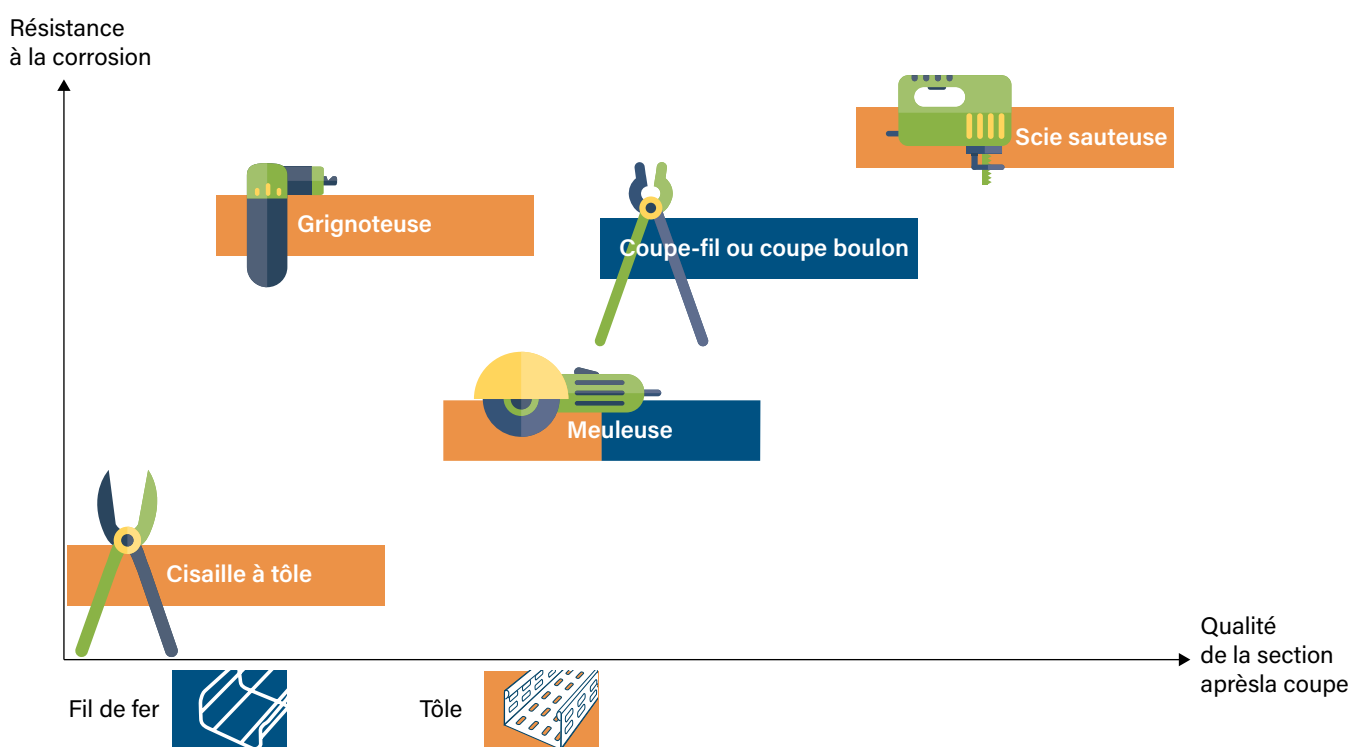


Efficace pour découper le fond du chemin de câbles. Il est plus difficile à utiliser dans les rayons et peut provoquer des déformations locales susceptibles d'entraîner des tensions lors du montage des supports. L'utilisation d'une peinture spécifique sur les découpes des produits HDG est obligatoire.

▪ **Cisaille à tôle**



Ne convient pas pour couper des chemins de câbles à géométrie complexe. L'action de coupe est plus susceptible d'entraîner l'arrachement du matériau, éliminant partiellement ou totalement la protection en Zinc et doit donc être évitée.

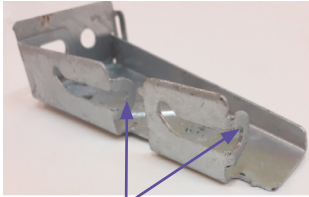


Les produits en Zinc Aluminium ou Zinc Magnesium réagissent très bien aux découpes. L'effet cicatriciel est important. Pour les produits HDG, l'effet cicatriciel existe aussi, mais il est plus limité. Par exemple, un fil HDG coupé commencerait immédiatement à se corroder, d'où l'obligation de reprotéger les découpes, les rayures importantes ou les autres parties abîmées sur le chantier.

CHEMINS DE CÂBLES

PHÉNOMÈNE DE RECOUVREMENT ET PROTECTION DES PIÈCES PLIÉES SUR PLACE

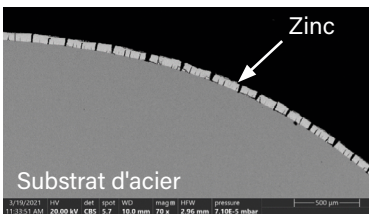
Les chemins de câbles peuvent être pliés sur place pour s'adapter aux changements d'implantation et de ramification, ou encore pour assurer la rigidité du système:



Pièces pliées sur place

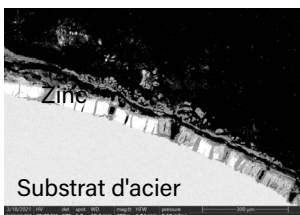
Lorsque l'on plie une tôle ou un fil HDG déjà revêtu, on constate une détérioration du revêtement galvanisé, sur les faces intérieures et à extérieures du produit, exposant l'acier en fond de craquelures:

Section transversale HDG x 70 avant le test au brouillard salin

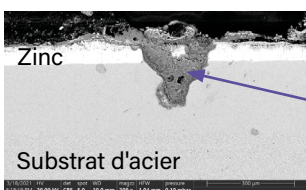


Progressivement, le fond de ces grandes fissures est recouvert d'une couche d'Oxyde de Zinc, protégeant ainsi l'acier. Les fissures les plus fines sont remplies d'Oxyde de Zinc.

Section transversale HDG x 200 après pliage puis après 550 h de test au brouillard salin



A certains endroits, on peut noter la présence d'Oxyde de Zinc dans l'épaisseur du revêtement, mais aussi d'Oxyde de Fer, la corrosion a traversé la couche de Zinc pour se propager au substrat:

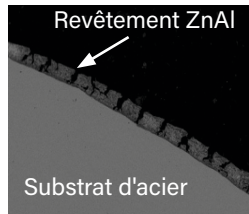


Les fissures ont été partiellement remplies, parfois complètement à certains endroits, par les Oxydes de Zinc formés pendant le test. L'effet de cicatrisation est assez bon.



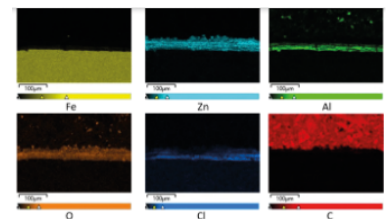
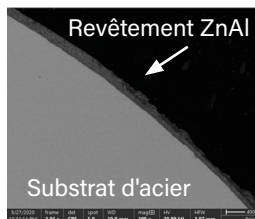
Fil de ZnAl plié

Section transversale ZnAl x 100 avant le test au brouillard salin



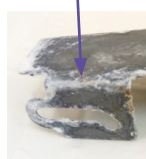
Des fissures sont observées dans le revêtement, principalement à l'extérieur du pli. Après 850 h de test au brouillard salin, les fissures ne sont plus visibles.

Test après 850 h de test au brouillard salin - SEM x 100

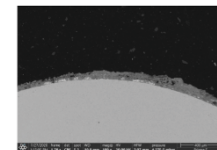


Pour le ZnMg le phénomène de fissure est similaire au ZnAl, ainsi que le phénomène de recouvrement et de protection:

Tôle ZnMg pliée



ZnMg x 100 après déformation et 2000 h de test au brouillard salin:



→ Les produits HDG pliés sont potentiellement sensibles à la corrosion accélérée et peuvent être protégés par une peinture protectrice supplémentaire pour assurer leur durabilité. Le ZnAl et le ZnMg réagissent très bien à la déformation et l'effet de cicatrisation est très important.

CHEMINS DE CÂBLES

RESPECT POUR L'ENVIRONNEMENT

CONSOMMATION DE ZINC

D'après l'étude publiée par Statista Research Department en 2020, il y a environ 180 millions de tonnes de Zinc sur Terre. Principalement en Australie, en Chine, au Mexique et au Pérou. Au rythme actuel d'utilisation, il reste moins de 20 ans de consommation.

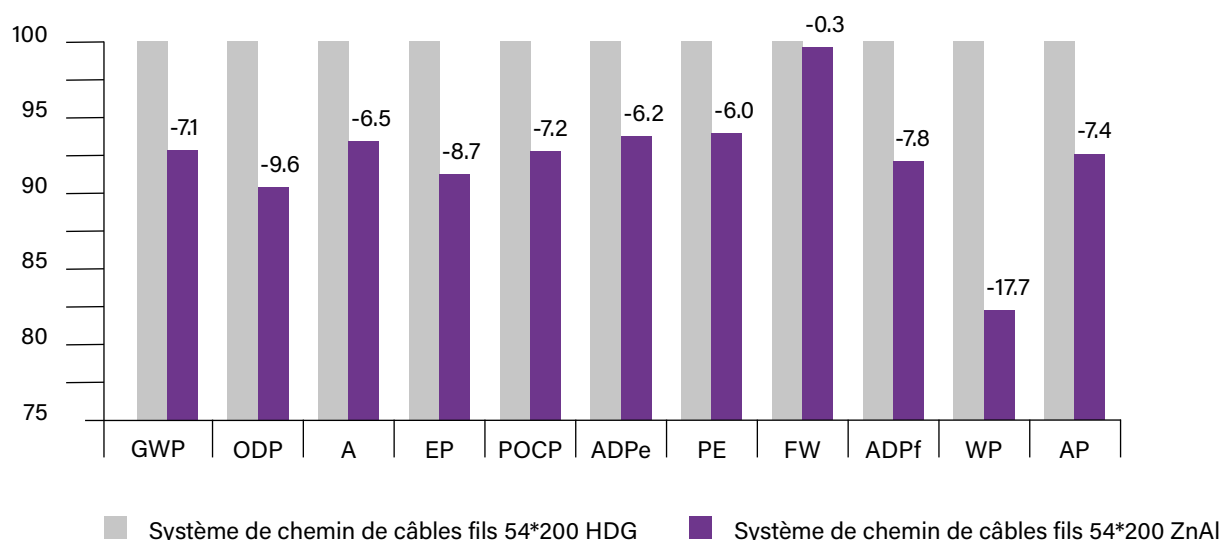
Seul 30 % du Zinc utilisé dans le monde provient de Zinc recyclé.

Les alliages Zinc Aluminium Magnésium rejettent 6 fois moins d'Oxyde de Zinc (ZnO) que la galvanisation à chaud dans le sol en raison de la stabilité de son revêtement anticorrosion

EXEMPLE D'UNE FICHE PEP (PROFIL ENVIRONNEMENTAL PRODUIT)



Les finitions ZnAl et ZnMg se distinguent par leur éco-conception. Par exemple, la contribution au réchauffement climatique du ZnAl (notée GWP et exprimée en kg CO² eq.) est inférieure de 7.1 % à celle de la finition standard HDG (galvanisation à chaud).



Sur la base d'une étude réalisée en France, sur l'ensemble des étapes du cycle de vie du produit de référence (système 54 x 200), à savoir la fabrication, la distribution, l'installation, l'utilisation et la fin de vie, le système de chemins de câbles Cablofil est systématiquement moins impactant ou égal d'un point de vue environnemental que son équivalent galvanisé à chaud.

Comparaison selon les données PEP France Système de chemins de câbles en fil « HDG » certifié 2020 et Système de chemins de câbles « pour atmosphères corrosives » certifié 2019 (sur une base de calcul identique: EIME & base de données CODDE - 2018/11) selon les règles PEP Ecopassport PSR - 0003 - éd. 1.1 - EN - 2015/10/16 - 3.2.2.1. Système de chemins de câbles.

RISQUES DE POLLUTION DUS A LA CORROSION

Selon l'étude de Gerhardus Koch, Jeff Varney, Neil Thompson, Oliver Moghissi, Melissa Gould et Joe Payer, dans l'étude « International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies », de NACE International impact, publiée en 2016 « la corrosion est un problème industriel majeur: le coût global de la corrosion, qui couvre l'ensemble des moyens de lutte contre la corrosion, le remplacement des pièces ou structures corrodées et les conséquences directes et indirectes des accidents dus à la corrosion, était estimé à 3.4 % du produit brut mondial en 2013 ». Chaque seconde, quelque cinq tonnes d'acier sont transformées en Oxyde de Fer. On imagine aisément l'importante pollution induite pour des produits non ou mal protégés.

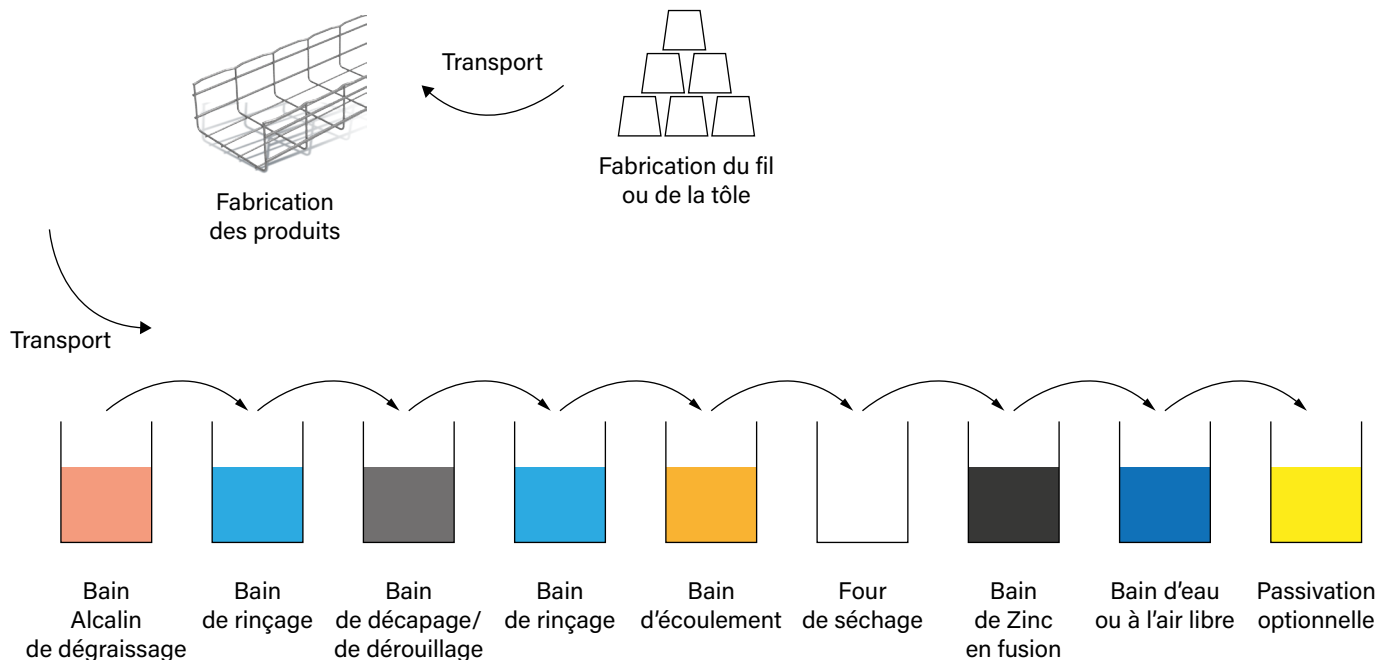
CHEMINS DE CÂBLES

RESPECT POUR L'ENVIRONNEMENT (SUITE)

RISQUES DE POLLUTION LIÉS AUX PROCÉDÉS DE PROTECTION

- Processus de galvanisation à chaud

Avant la galvanisation à chaud, le métal doit être nettoyé (dégraissé, décapé, rincé), souvent traité avec des solvants ou de l'Acide Chlorhydrique (HCl). Ce processus produit une pollution de l'eau, des fumées et des déchets solides tels que des cendres de Zinc et de la matte de Zinc .



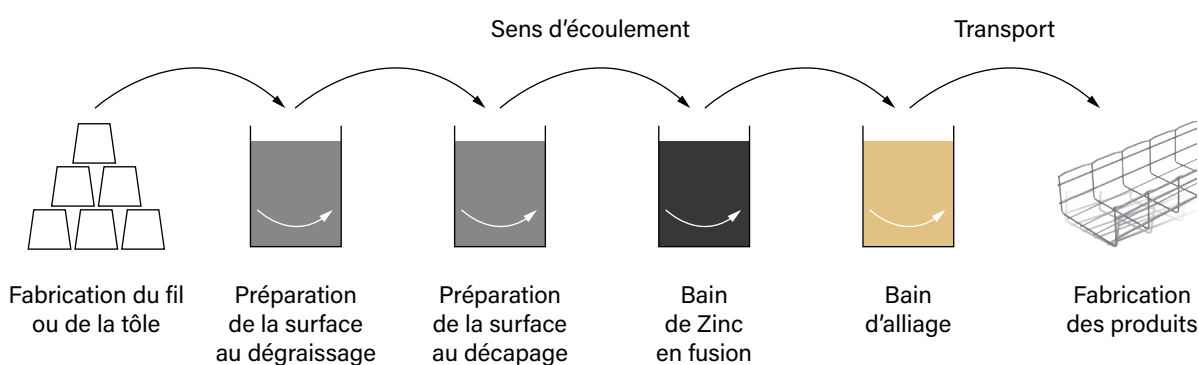
Les bains de Zinc en fusion consomment de l'énergie et ne peuvent pas être arrêtés pendant les week-ends ou les vacances. La température élevée et le Zinc ont tendance à ronger la structure des creusets (cuve en acier) qui doivent être changés régulièrement pour éviter les risques d'incidents et la propagation du Zinc sur le site de production, ce qui nécessite souvent plusieurs semaines d'arrêt.

Les usines ont souvent été modernisées pour limiter cette pollution et recycler une partie des déchets, mais toutes les usines dans le monde n'ont pas le même niveau de prévention et de contrôle, et ne sont pas soumises aux mêmes normes.

Dans le passé, des actions en justice ont été menées contre des industriels moins regardants sur cette pollution, comme les habitants de Graham aux États-Unis, avec l'aide de la BREDL, contre le galvanisateur South Atlantic en 2021.

▪ Processus ZnAl et ZnMg

Il existe également une pollution créée lors de la fabrication de produits à base de Zinc, de Magnésium ou d'Aluminium, mais la simplicité du processus et la réduction des bains en font un élément moins impactant pour l'environnement.



Les alliages HS (Haute Résistance) utilisés dans les chemins de câbles ZnAl (Zinc Aluminium), ZnMg (Zinc Magnésium) ou ZnNi (Zinc Nickel) présentent une excellente résistance à la corrosion, notamment lors des tests au brouillard salin, et en particulier sur la visserie, qui est souvent le talon d'Achille des installations HDG (Galvanisation à chaud). La cicatrisation après découpe et pliage est excellente. La légèreté de la finition est un atout important. L'impact environnemental de ces finitions est réduit.

CHEMINS DE CÂBLES
























ANNEXES





Description des environnements atmosphériques types liés à l'estimation des classes de corrosivité (issue de la norme ISO 9223)

CLASSE DE CORROSIVITÉ ⁽¹⁾	CORROSIVITÉ	ENVIRONNEMENTS ATMOSPHÉRIQUES TYPES - EXEMPLES ⁽²⁾	
		INTÉRIEUR	EXTÉRIEUR
C1	Très faible	Espaces chauffés avec une faible humidité relative et une faible pollution (bureaux, écoles, musées)	Zone sèche ou froide, environnement avec une pollution atmosphérique minimale et une humidité de très courte durée (certains déserts, l'Artique, l'Antarctique central)
C2	Faible	Espaces non chauffés avec une température et une humidité relative variables. Faible incidence de condensation et faible pollution (entrepôts, salles de sport)	Zone tempérée, environnement avec une faible pollution atmosphérique ($SO_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (zones rurales, petites villes) Zone sèche et froide, environnement atmosphérique avec une humidité de courte durée (déserts, région subarctique)
C3	Moyenne	Espaces avec une incidence modérée de condensation et une pollution modérée résultant des processus de production (usines agro-alimentaires, blanchisseries, laiteries)	Zone tempérée, environnement avec une pollution atmosphérique moyenne ($SO_2 = 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ou modérément affecté par les Chlorures (zones urbaines, zones côtières avec peu de dépôts de Chlorures) Zones subtropicales et tropicales avec une faible pollution atmosphérique
C4	Élevée	Espaces avec une forte incidence de condensation et une pollution sévère résultant des processus de production (usines de traitements industriels, piscines)	Zone tempérée, environnement avec une très forte pollution atmosphérique ($SO_2 = 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ou affecté par les Chlorures (zones urbaines polluées, zones industrielles, zones côtières sans éclaboussures d'eau de mer ni exposition à l'effet puissant des sels de déneigement). Zones subtropicales et tropicales avec une pollution atmosphérique moyenne
C5	Très élevée	Espaces avec une très forte incidence de condensation et/ou des niveaux très élevés de pollution résultant des processus de production (mines, dépôts pour l'exploitation industrielle, hangars non ventilés dans les zones subtropicales et tropicales)	Zone subtropicale et tempérée, environnement avec une très forte pollution atmosphérique ($SO_2 = 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et/ou fortement affecté par les Chlorures (zones industrielles, zones côtières, sites protégés sur le littoral)
CX	Extrême	Espaces avec une condensation presque permanente ou des périodes prolongées d'exposition aux effets extrêmes de l'humidité et/ou à des niveaux élevés de pollution résultant des processus de production (hangars non ventilés dans les zones tropicales humides permettant la pénétration d'une pollution extrême, y compris les Chlorures dans l'air et des matériaux particuliers qui favorisent la corrosion)	Zones subtropicales et tropicales (persistance très longue de l'humidité sur les surfaces, environnement avec une très forte pollution atmosphérique ($SO_2 =$ contenu supérieur à $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) incluant des facteurs d'accompagnement et de production et/ou fortement affecté par les Chlorures (zones industrielles extrêmes, zones côtières au large, contact occasionnel avec les embruns salins)

⁽¹⁾ Dans les environnements atmosphériques supposés être de catégorie « CX », il est recommandé de déterminer la classification de la corrosivité à partir des pertes de corrosion sur une année.

⁽²⁾ La concentration de Dioxyde de Soufre (SO_2) doit être déterminée pendant au moins un an et exprimée une moyenne annuelle.

Desired level of performance		Product corrosion class according to IEC 61537	Possible finishes on the system						
	Électrozingage avec dépôt électrolytique à base de Zinc Norme ISO 2081	Class 3							
	Galvanisé à chaud après fabrication Norme EN ISO 1461	Class 6							
	Zinc Aluminium avant fabrication en continu utilisant le processus Sendzimir Norme EN 10244-2	Class 8							
	Norme EN 10088-2 and 10088-3	Class 9C							
	Norme EN 10088-2 and 10088-3	Class 9D							

-  Galvanisation avant fabrication en continue utilisant le processus Sendzimir
-  Revêtement riche en Zinc lamellaire
-  Zinc Magnesium avant fabrication en continu utilisant le processus Sendzimir
-  Zinc Nickel Zinc et Nickel à base de dépôt électrolytique



Siège social et Direction Internationale

87045 Limoges Cedex -
France
Tel: +33(0)5 55 06 87 87

SUIVEZ NOUS

- @ [legrand.com](https://www.legrand.com)
- ▶ [youtube.com/user/legrand](https://www.youtube.com/user/legrand)
- ✕ twitter.com/Legrand
- in [linkedin.com/company/legrand](https://www.linkedin.com/company/legrand)

