

La corrosion des agrafes métalliques dans les parements de façade en maçonnerie

par A.H.P. Maurenbrecher

La maçonnerie est un parement de façade apprécié pour son esthétique, sa durabilité et le peu d'entretien qu'il exige. Le soutien latéral des parements de façade en maçonnerie est habituellement assuré par des agrafes métalliques, qui sont soumises à des efforts de compression et de traction, à un déplacement dû au mouvement en plan du parement, ainsi qu'à la corrosion. Dans cet article, nous examinerons le cas de la corrosion.

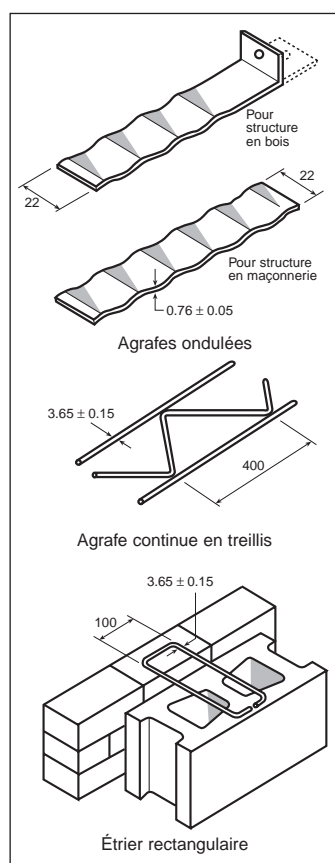


Figure 1. Exemples (tirés de CSA A370) d'agrafes utilisées dans les parements de façade en maçonnerie

Les agrafes métalliques présentes dans les parements de façade en maçonnerie sont censées durer aussi longtemps que le bâtiment, c'est-à-dire généralement de 50 à 100 ans, mais souvent plus dans le cas d'édifices abritant des établissements, d'immeubles à vocation culturelle ou d'édifices religieux. La durabilité de ces agrafes, ou liens, dépend en grande partie du matériau dont elles sont faites et des conditions d'exposition, ainsi que de la conception, de la qualité d'exécution et du degré d'entretien du complexe de parement.

Il est difficile de déterminer la durabilité des agrafes, car un grand nombre de facteurs influent sur leur corrosion. Les quelques études qui ont été effectuées au Canada, jusqu'ici, font état d'une forte variation du degré de corrosion des liens — de nulle à importante. Le design des bâtiments ayant changé (p. ex. pose d'isolant dans les lames d'air, augmentation de la hauteur des immeubles, murs plus minces ou dispositions d'évacuation de l'eau inadéquates), l'influence de l'environnement sur les parements de façade a augmenté.

Les premiers signes avant-coureurs de corrosion ne sont pas évidents, sauf dans le cas d'agrafes épaisses de type plaque, où la dilatation causée

par la corrosion provoque la fissuration horizontale du joint de mortier. Normalement, la corrosion de l'agrafe se produit d'abord dans le joint de mortier, car c'est généralement l'élément le plus humide auquel celle-ci est exposée (figure 2). Si la corrosion des agrafes a atteint un stade avancé, le parement peut s'arquer progressivement ou s'effondrer tout d'un coup, bien que l'effondrement soit rarement dû à ce facteur seul. Le danger d'effondrement du parement dépend du nombre et de l'emplacement des agrafes qui se sont corrodées, des charges exercées sur le parement et de la présence d'un autre élément agissant comme soutien latéral. (Parmi les autres facteurs contribuant à l'effondrement, mentionnons le nombre insuffisant d'agrafes, leur mauvaise installation ou l'utilisation d'un type qui ne convient pas).

Facteurs environnementaux, conception et qualité d'exécution des agrafes

Les facteurs environnementaux qui contribuent à la corrosion des agrafes sont :

- **Le mouillage.** Ce sont la fréquence et la durée d'exposition du mur à l'humidité qui influent le plus sur le degré de corrosion qui sera atteint. Sans humidité, qu'il s'agisse d'eau, de rosée, de forte humidité ou d'hygro-métrie élevée, il n'y a pas de corrosion. Ce sont les bâtiments situés dans les zones les plus exposées à la pluie battante et les éléments ou sections d'éléments se trouvant en partie haute des immeubles, par exemple les parapets et les coins, qui sont les plus vulnérables. La norme de la CSA visant les crampons pour maçonnerie renferme une carte indiquant l'indice annuel de pluie



Figure 2. Agrafe ondulée galvanisée : la partie qui était noyée dans le joint de mortier est corrodée.

battante; celle-ci donne une idée des régions du Canada où le parement de façade risque d'être le plus mouillé.

- **Les polluants.** Les oxydes de soufre et d'azote contenus dans l'air sont d'importants agents polluants qui augmentent l'acidité de l'eau de pluie. Dans la zone industrielle de l'Est de l'Amérique du Nord, l'eau de pluie peut avoir un pH de 4,3 ou moins (voir encadré).
- **Les chlorures.** Les chlorures, qui peuvent être utilisés comme produit d'addition pour le mortier, peuvent accélérer la corrosion (voir encadré). Les embruns et les sels de déglçage contiennent aussi des chlorures. Les sels de déglçage peuvent poser un problème pour la partie basse des bâtiments se trouvant très près des routes ou des trottoirs.
- **La température.** Une hausse de température de 10 °C double la vitesse de corrosion des armatures du béton. Il ne se produit presque pas de corrosion sous le point de congélation; cependant, celui-ci peut s'abaisser sous l'effet des sels contenus dans l'eau, permettant à la corrosion d'exercer son action.

La conception et la réalisation des détails de construction influent aussi sur la vitesse de corrosion.

- **Solins et larmiers.** Lorsque ceux-ci ont été mal conçus ou exécutés, il se produit un mouillage concentré du mur, ce qui permet à l'eau de pénétrer beaucoup plus que sous l'effet d'une pluie battante.
- **Séchage.** Le parement de maçonnerie peut mettre plus de temps à sécher si la lame d'air qui se trouve derrière contient un isolant. Les murs en brique vernissée ou peints sont particulièrement sujets à problèmes s'ils se mouillent, car le vernis ou la peinture retarde le séchage.
- **Exfiltration d'air.** L'échappement d'air humide provenant de l'intérieur, en hiver, peut avoir pour effet de mouiller le mur si le pare-air est inadéquat. Ce phénomène se produit surtout en partie haute des bâtiments, autour des châssis de fenêtres et dans les immeubles où l'humidité est élevée (piscines publiques et musées).

Matériaux constitutifs des agrafes

Pour rendre les agrafes résistantes à la corrosion, on leur applique des revêtements durables comme le zinc, dans le cas de l'acier doux (p. ex. on obtient l'acier galvanisé à chaud en plongeant le métal dans un bain de zinc en fusion) ou on utilise des matériaux durables comme l'acier inoxydable. En raison de sa résistance à la corrosion et de son coût relativement peu élevé, l'acier galvanisé est le matériau le plus utilisé pour la fabrication des agrafes.

Dans la plupart des environnements atmosphériques, le zinc se corrode de 10 à 50 fois moins vite que l'acier doux. Il assure aussi une

La corrosion

La corrosion est la détérioration d'un métal qui se produit lorsqu'il réagit avec le milieu ambiant. Les métaux ont tendance à reprendre une forme stable, c'est-à-dire à retourner à leur état premier, par un processus appelé oxydation, ou rouille dans le cas de l'acier. La corrosion est un phénomène électrochimique qui se produit en présence de l'oxygène de l'air et en milieu humide. Lors de ce processus, qui peut se comparer à ce qui se passe dans une pile ou une batterie, un courant électrique passe à travers une solution conductrice, par exemple l'eau, entre deux zones du même métal ou entre des métaux différents. Le courant part d'une zone anodique (l'électrode positive), qui se corrode, et se dirige vers une zone cathodique (l'électrode négative), qui elle ne se corrode pas. La corrosion peut se produire uniformément sur toute la surface ou seulement en certains endroits. Cela dépend de différents facteurs comme la répartition de l'humidité, la rupture ponctuelle des couches protectrices ou la composition du matériau.

Si une couche stable de corrosion se forme sur la surface d'un métal, elle peut agir comme barrière en isolant celui-ci de son environnement; la vitesse de corrosion est alors réduite considérablement, du moins tant que la couche reste intacte. C'est ce qu'on appelle la passivation. Le mortier constitue en lui-même un milieu alcalin qui favorise la formation d'une couche d'oxyde protégeant l'acier doux. Cependant, la carbonatation - la réaction du dioxyde de carbone, en présence d'eau, avec les alcalis contenus dans le mortier - réduit l'alcalinité des mortiers, faisant passer le pH d'environ 12 à 8. C'est elle qui est responsable de la plus forte diminution de l'alcalinité, bien que les polluants industriels, par exemple l'anhydride sulfureux (SO₂), puissent accélérer et accroître encore cette réduction. (Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité. L'eau pure a un pH de 7. Les solutions dont le pH est supérieur à 7 sont alcalines; si le pH est inférieur, elles sont acides. L'eau de pluie ayant un pH de 4,3 est vingt fois plus acide que la pluie sans polluants, dont le pH est de 5,6.)

La présence de sels inorganiques, par exemple des chlorures, dans le mortier peut augmenter les risques et la vitesse de corrosion en :

- provoquant des niveaux d'humidité plus élevés (déliquescence);
- influant sur les réactions face à la corrosion, p. ex. en augmentant la conductivité électrique;
- attaquant la couche passive de protection, causant ainsi une corrosion ponctuelle (piqûration).

meilleure protection que la plupart des autres revêtements parce qu'il agit comme anode sacrificielle — il se corrode, protégeant ainsi l'acier.

Le zinc assure la « protection cathodique » de l'acier. Celui-ci, moins actif que le zinc du point de vue électrochimique, devient cathodique par rapport à ce dernier (voir encadré). Pour cette raison, l'acier exposé par suite d'égratignures ou de coupures survenues dans le revêtement de zinc ne rouille pas de manière importante, habituellement, tant que la couche protectrice environnante n'est pas détruite.

La durée de vie d'un revêtement de zinc, qui dépend des conditions d'exposition, est proportionnelle à son épaisseur. Des données britanniques montrent que dans les cas où les agrafes sont exposées à l'air et à l'humidité pendant une partie importante de leur période de service, la vitesse de perte de zinc est de 10 à 20 g/m² par année. Les quelques résultats dont on dispose pour l'Est des États-Unis et du Canada font état de chiffres semblables. Si l'on suppose une vitesse de perte de zinc de 15 g/m² par année, il faudrait que l'épaisseur du revêtement soit de 750 g/m² pour que celui-ci dure au moins 50 ans. Dans le cas des liens en acier galvanisé à chaud, cela n'est possible que s'ils sont épais.

La carbonatation influe aussi sur la vitesse de corrosion (voir encadré). Des essais effectués en Grande-Bretagne sur des échantillons de mortier provenant de murs montrent que la carbonatation d'un lit de mortier typique est pratiquement achevée après une dizaine d'années. L'acier doux perd sa couche protectrice sous l'effet de la carbonatation, la vitesse de corrosion augmentant alors rapidement. Mais si l'acier est galvanisé, il est protégé par le zinc qui forme une couche de protection. Cette couche peut réduire considérablement la vitesse de corrosion, mais elle devient moins efficace lorsque le mortier est soumis à la carbonatation. Néanmoins, la vitesse de corrosion reste beaucoup plus lente que celle de l'acier doux, et les produits de corrosion sont moins volumineux.

Les revêtements du genre plastique, époxy ou cuivre résistent bien à la corrosion, mais il faut prendre grand soin de ne pas les égratigner ou les endommager car ils n'assurent pas la protection cathodique de l'acier. L'acier galvanisé avec revêtement de plastique ou d'époxy a des chances de résister adéquatement à la corrosion, le revêtement supplémentaire augmentant la durée de vie de la couche de zinc; cependant, on ne dispose pas de données permettant d'estimer avec précision la période de service de ces matériaux.

Les matériaux qui possèdent par eux-mêmes une grande résistance à la corrosion, par exemple le cuivre, le bronze phosphoré et l'acier inoxydable austénitique, peuvent être utilisés au lieu de l'acier doux avec revêtement. L'acier inoxydable austénitique, qui contient du chrome et du nickel, est le plus économique et le plus employé d'entre eux —

les agrafes faites de ce matériau sont censées durer plus de 100 ans. L'acier de type 304 (chrome-nickel) convient à presque toutes les situations; cependant, en cas de niveau élevé de chlorures, il faudrait donner la préférence au type 316 (chrome-nickel-molybdène) en raison de sa meilleure résistance à la corrosion causée par les chlorures. Les liens faits d'acier de type 304 coûtent de deux à trois fois plus cher que les agrafes en acier galvanisé à chaud; ceux faits d'acier de type 316 coûtent encore plus cher et on ne peut habituellement les obtenir que sur commande spéciale.

Matériaux incompatibles

Le degré de corrosion peut augmenter si des métaux différents sont en contact en présence d'humidité, ce qui fait circuler un courant entre eux. Il faut éviter de combiner des métaux ayant une grande différence de potentiel électrochimique. Si des métaux différents sont utilisés en association, il faut assurer leur isolation électrique à l'aide de bagues, rondelles ou membranes non conductrices ou, à tout le moins, l'élément le plus petit doit mieux résister à la corrosion que l'autre. Par exemple, dans le cas des cornières d'appui pour parements en maçonnerie, il importe de ne jamais employer de boulons en acier doux avec une cornière en acier inoxydable, car les boulons — relativement petits par rapport à la cornière — se corroderont encore plus rapidement que s'ils étaient fixés à une cornière en acier doux.

Conception, prescription et entretien
Pour réduire les risques de mauvaise exécution des détails des parements lors de la construction, il faut que ceux-ci soient faciles à réaliser.

Il est très important de prescrire les agrafes appropriées et de vérifier ensuite qu'elles ont bien été livrées sur le chantier. Pour une personne inexpérimentée, il n'est pas facile de faire la différence entre des agrafes en acier ordinaire, galvanisé ou inoxydable. Les emballages d'agrafes pour murs livrées sur le chantier doivent porter une étiquette indiquant clairement le nom du fabricant, le type de lien, le matériau dont les agrafes sont faites, ainsi que l'épaisseur et le genre de revêtement, le cas échéant. On peut distinguer l'acier inoxydable de type 304 de l'acier ordinaire ou galvanisé car, normalement, il n'est pas attiré par un aimant.

Le revêtement des agrafes en acier galvanisé ne devrait présenter aucun défaut. Il ne faut pas plier les liens en acier galvanisé à chaud, car cela peut effriter ou fissurer le revêtement de zinc. (Il importe de choisir des agrafes précintrées et ayant la bonne longueur, ce qui évite d'avoir à les plier sur le chantier.) On doit vérifier les raccords soudés pour s'assurer qu'ils ne l'ont pas été après la galvanisation des agrafes. Les raccords soudés non protégés seront vraisemblablement plus sujets à la corrosion en raison des contraintes et de la modification des propriétés du matériau

décolant du soudage (ce qui rend certaines zones anodiques par rapport à d'autres, et donc plus susceptibles de se corroder).

L'entretien des agrafes elles-mêmes n'est pas possible, car celles-ci ne sont pas visibles ni accessibles une fois les travaux terminés; cependant, l'entretien régulier des dispositifs de contrôle de l'eau — solins, larmiers et gouttières — augmente leur durabilité en limitant la pénétration d'eau dans le mur.

Exigences réglementaires

Les exigences de la réglementation canadienne concernant la résistance à la corrosion sont basées sur l'expérience passée et sur le jugement individuel. Mais, dans les faits, elles n'étaient pas adéquates ou n'étaient pas respectées. Ainsi, l'exigence concernant les agrafes ondulées pour maisons et petits bâtiments contenue dans la partie 9 de l'édition 1985 du Code national du bâtiment du Canada (CNB) ne fixait pas de limites au niveau de la résistance à la corrosion — sans compter que l'épaisseur minimale (0,41 mm) était très faible. Dans les bâtiments construits pour satisfaire à ces exigences, un certain nombre d'agrafes se sont corrodées complètement en moins de 10 ans.

Depuis 1985, les exigences du code sont devenues plus sévères parce qu'on était mieux renseigné sur la performance des agrafes. Les exigences visant les agrafes en acier galvanisé contenues dans la partie 9 du CNB 1995 sont les mêmes que celles qui se trouvent dans la version la plus récente de la norme de la CSA concernant les crampons pour maçonnerie, A370, qui indique la protection minimale anti-corrosion qui est exigée. Cette norme définit les exigences en fonction du milieu d'exposition :

- Les parements de façade des bâtiments ayant une hauteur supérieure à 11 m et situés dans des régions à niveau d'exposition modéré ou très élevé aux intempéries doivent comporter des agrafes en acier inoxydable ou des liens ayant une résistance à la corrosion équivalente.
- Dans le cas des bâtiments qui se trouvent en milieu abrité ou qui ont moins de 11 m de hauteur, on peut se servir d'agrafes en acier galvanisé à chaud. L'épaisseur minimale du revêtement de zinc dépend du type d'agrafe :
 - 458 g/m² dans le cas des agrafes en fil
 - de 305 à 610 g/m² sur chaque face dans le cas des agrafes ondulées ou de type plaque. (Le revêtement le plus mince, c'est-à-dire celui de 305 g/m², n'est autorisé que pour les agrafes ondulées, qui ne peuvent être utilisées si la cavité a 25 mm ou plus de largeur ou si le bâtiment a 11 m ou plus de hauteur). Il y aurait une meilleure façon de protéger

les agrafes en acier galvanisé contre la corrosion : ce serait de prescrire une seule épaisseur de revêtement pour un milieu donné. On obtiendrait ainsi une durée de vie plus uniforme. En Grande-Bretagne, l'épaisseur de revêtement exigée, 940 g/m², assure une durée de vie estimative d'au moins 60 ans dans des conditions d'exposition aux intempéries.

Conclusion

Pour être en mesure de choisir les bons type et matériau constitutif des agrafes qui soutiendront le parement de façade d'un bâtiment en maçonnerie, il importe de connaître les facteurs environnementaux auxquels les liens seront soumis. Il est aussi important de concevoir le parement de manière à empêcher le plus possible l'eau de pénétrer dans les murs et, s'il y a infiltration d'eau, à l'évacuer.

Il faudrait utiliser des agrafes résistant très bien à la corrosion, par exemple celles qui sont faites d'acier inoxydable, pour les bâtiments qui :

- sont faits pour durer longtemps
- sont situés à proximité d'une zone d'industrie lourde
- se trouvent dans une région à climat maritime
- ont plus de 11 m de hauteur et sont situés dans une région à niveau d'exposition modéré ou très élevé aux intempéries.

Dans ces cas, le surcoût représenté par l'utilisation d'agrafes durables est minime par rapport aux frais de réparation élevés auxquels on s'expose.

Références

1. Crampons pour maçonnerie. Norme A370 de la CSA. Association canadienne de normalisation, Rexdale (Ontario), 1994.
2. Guideline on Durability in Buildings. Norme S478 de la CSA. Association canadienne de normalisation, Rexdale (Ontario), 1995.
3. Review of Corrosion Resistance of Metal Components in Masonry Cladding on Buildings. Maurenbrecher, A.H.P., et Brousseau, R.J. Rapport interne 640. Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches Canada, Ottawa, 1993.
4. Performance of Materials in Buildings. Addleson, L., et Rice, C. Butterworth-Heinemann, 1991.
5. La corrosion des matériaux métalliques dans le bâtiment. F. Derrien. Collection Sciences du bâtiment. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, France, 1990.

© 1997
Conseil national de recherches du Canada
Septembre 1997
ISSN 1206-1239



Canada

« Solutions constructives » est une collection d'articles techniques renfermant de l'information pratique issue de récents travaux de recherche en construction.

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquer avec l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa K1A 0R6
Téléphone : (613) 993-2607; télécopieur : (613) 952-7673; Internet : <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca>