

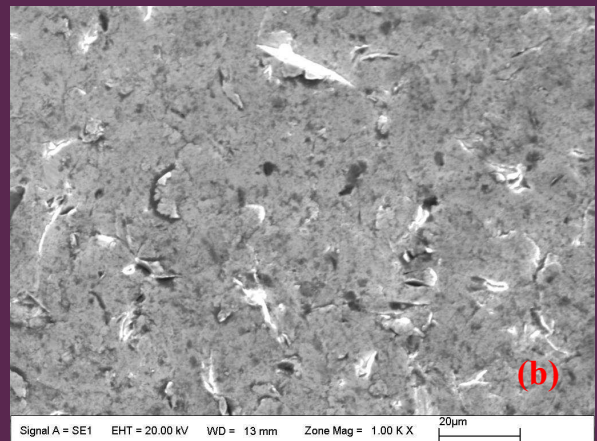
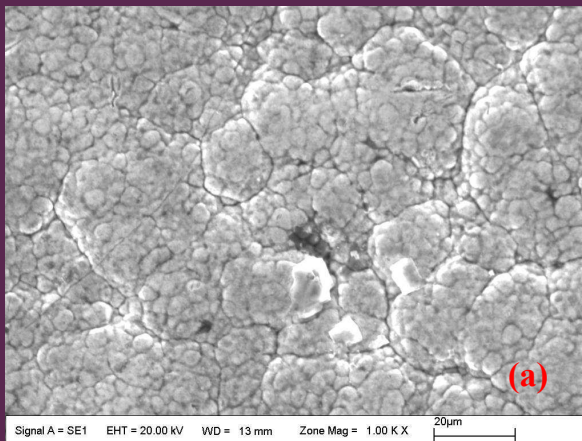
## LE CHROME DUR : MICROSTRUCTURE

La structure d'un revêtement de chrome est influencée par divers paramètres, parmi lesquels la température de dépôt.

- A 20°C, la microstructure développée est constituée de grains équiaxes secondaires, et le revêtement présente très peu de fissures.
- A 40°C, la microstructure est composée de plusieurs zones colonnaires perpendiculaires au substrat et faites de nanograins.
- A 50°C, la microstructure est constituée de colonnes de nanograins. Ces grains sont prolongés dans la direction de la croissance des grains.
- A 60°C, la microstructure est plus fine qu'à 50°C, et constituée de colonnes de nanograins moins visibles. Quelques microcraques sont visibles et dépendent de la nature du bain.

Le chrome dur électrolytique est amorphe et présente une structure homogène, une excellente adhésion et aucun défaut à l'interface avec le substrat. Ce revêtement est lisse lorsqu'il est déposé sur un substrat préalablement poli, et présente de «dômes» sur une surface grenailée (rugueuse). Ce dernier cas de figure se produit dans la cellule de dépôt lorsque le champ électrique s'intensifie autour de bouts de crêtes de substrats (zones rugueuses), et cause préférentiellement une croissance de chrome.

La rugosité d'une pièce chromée dépend de l'état de surface du substrat avant le dépôt. Ainsi il va de soit qu'un substrat poli sera moins rugueux qu'un substrat non poli ou grenailé après le chromage. A cause de ces différences microstructurales du fait de l'état de surface, les propriétés micromécaniques du revêtement seront variées.



Aspect d'un dépôt électrolytique de chrome dur réalisé sur : (a) du S 235 JR et (b) du 316L.

Sources : (a) The Influence of Electrolyte Chemical Composition on the Properties of Chromium Electrodeposits – Microstructure, Crystallographic Texture, Residual Stress, and Microhardness, EMSE, 107-116, June 2003.

(b) Mechanical and tribological properties of electrolytic hard chrome and HVOF-sprayed coatings, Surface & Coatings Technology 200 (2006) 2995–3009.

(c) Corrosion resistance of HVOF-sprayed coatings for hard chrome replacement, Corrosion Science 48 (2006) 3375–3397.

Pour plus d'amples informations, contacter le **CRITT-MDTS** :

Lilian BADER : [lbader@critt-mdts.com](mailto:lbader@critt-mdts.com)

## LA CORROSION MICROBIENNE

La corrosion microbienne est aussi appelée bio-détérioration des matériaux métalliques, bio-corrosion, corrosion bactérienne. Cette corrosion est induite par les micro-organismes, principalement microbes ou bactéries. En effet, les matériaux en contact avec un milieu biologique sont susceptibles d'être atteints par la bio-corrosion. En fait, les micro-organismes modifient par leur métabolisme (pH, concentration en oxygène, concentration chimique...) la physicochimie à l'interface matériau, créant les conditions à l'origine de la corrosion. Les micro-organismes sont les catalyseurs d'un phénomène de nature électrochimique. C'est en 1923 que Von Wolzogen Kühn a démontré expérimentalement l'action des bactéries sulfato-réductrices dans la corrosion du fer en milieu anaérobie.

De nombreux secteurs sont concernés par ces phénomènes de dégradation. On peut ainsi citer : l'industrie pétrolière affectée au niveau des puits d'extraction, des oléoducs, des plates-formes ; les installations portuaires maritimes et fluviales (porte d'écluses) ; les centrales nucléaires (circuits de refroidissement) ; les installations qui utilisent les eaux naturelles (climatisation) ; les ossatures métalliques des ouvrages d'art (pont) ; l'industrie navale ; la pêche ; mais aussi la géothermie, l'industrie agroalimentaire et le secteur médical.

Pour comprendre la bio-corrosion, il est essentiel d'introduire la notion de bio-film. Un bio-film peut être défini comme l'ensemble des micro-organismes adhérant à une surface. Le bio-film crée une zone physico-chimique très différente du milieu environnant à l'interface matériau. Les bactéries les plus souvent incriminées dans les phénomènes de bio-corrosion sont celles qui produisent par leur métabolisme des sulfures. On parle le plus souvent de bactéries sulfurogènes, les plus connues sont les bactéries sulfato-réductrices (BSR).

La bio-corrosion découle de la conjonction favorable de nombreux facteurs, dont un milieu aqueux généralement jugé peu agressif, un matériau réputé compatible avec les conditions d'exposition et des micro-organismes dont la présence est le plus souvent inattendue.

La bio-corrosion se caractérise par une attaque localisée profonde et très rapide (de l'ordre de 1 cm/an) : corrosion par piqûre, corrosion par effet de crevasse.

Ainsi les bactéries, par leur métabolisme, peuvent modifier très significativement le pH en produisant par exemple des acides. La présence de ces micro-organismes peut également entraîner la formation de cellules d'aération différentielle en initiant à la surface du matériau simultanément des zones aérées et désaérées ou bien des piles de concentration chimique. Par exemple, les bactéries sulfurogènes sont capables de produire très localement des quantités très importantes de sulfures. Pour les aciers inoxydables en eau de mer, il est clairement démontré que l'activité enzymatique de certaines bactéries accélère la vitesse de la réaction cathodique participant ainsi à l'initiation de la corrosion localisée. En fait, il est essentiel de rappeler que les micro-organismes ne créent pas la corrosion mais accélèrent les mécanismes bien connus des spécialistes des matériaux, qui conduisent à des phénomènes de corrosion localisée.

Pour lutter contre les phénomènes de bio-corrosion, il existe à ce jour 3 moyens de protection principaux : la protection cathodique, les produits biocides et les revêtements qui sont également appelés "protection active".

Les phénomènes de bio-corrosion constituent un réel fléau industriel dont le coût à ce jour est sous-estimé. Les microorganismes, par leur présence ou par leur activité métabolique, modifient la physicochimie à l'interface matériau, provoquant ainsi l'initiation et l'accélération de corrosions localisées très sévères. Aujourd'hui, il est possible de réaliser de façon relativement fiable des expertises de corrosion microbienne, et surtout d'éprouver en conditions proches de celles du terrain le remède retenu pour endiguer cette forme de corrosion. Dans le cadre du projet, nous développons des formulations biocides afin de pallier le développement des microorganismes à la surface des pierres ou des métaux. Nous présenterons une partie des solutions envisagées ultérieurement.

#### Référence :

Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, Vol. 54 (1999), No. 5.  
Dupont Morral, Contrôles-Essais-Mesures, juillet 2005 p85.

Pour plus d'amples informations, contacter le CERTECH :  
Benoît KARTHEUSER : [benoit.kartheuser@certech.be](mailto:benoit.kartheuser@certech.be)



Figure 1 : Corrosion localisée

## LES PIERRES DU BAJOCIEN DU NORD DE LA FRANCE ET DU SUD DE LA BELGIQUE

### Partie 2 :

#### Pierres de Gaume (Pierre de Grandcourt ou de Torgny) et Pierres de Jaumont

##### **Pierres de Grandcourt et de Torgny**

En Belgique, le calcaire Bajocien est uniquement présent dans l'extrême sud du pays à savoir dans les environs de Torgny/Ruette/Grandcourt où il est répertorié sous le nom de formation de Longwy. Il fut exploité sous le nom de Pierre Gaumaise ou Pierre de Grandcourt pour être utilisé tout d'abord pour la sculpture votive à l'époque romaine puis comme pierre de taille pour la construction de grands édifices dès les 12<sup>e</sup> – 13<sup>e</sup> siècles jusqu'au 19<sup>e</sup> siècle, tels que l'abbaye d'Orval mais aussi des villages comme Torgny, Ruette, ou Latour.

Ce calcaire réputé non gélif est présent soit en pierre apparente dans le bâti soit couvert d'un badigeon protecteur ou d'un enduit qui a pour rôle d'uniformiser les façades construites en moellons bruts. Seuls les encadrements de portes et de fenêtres restent en pierre rousse apparente.

La formation de Longwy, qui est rattachée à l'étage géologique dit du Bajocien, possède une épaisseur d'au moins 70 mètres et comprend différents niveaux allant du Bajocien inférieur jusqu'au Bajocien supérieur (Belanger, 2006). Cette série est composée d'une alternance de bancs calcaires argileux à gréseux, micacé et fossilifère. Dans les anciennes carrières, telles qu'à Torgny et Grandcourt,affleure un calcaire jaune à ocre en gros bancs constitués par l'accumulation de petits grains de calcaires (oolithes) et de débris d'organismes tels que des coquilles de lamellibranches, des brachiopodes, des coraux, des bryozoaires ainsi que des échinodermes (**photo 1A**). Ce calcaire oolithique et bioclastique est aussi marqué par la présence de lumachelles, à savoir d'accumulations localisées de coquilles entières de petites huîtres. Ces lumachelles sont aussi remarquables sur les pierres de taille ou les moellons des maisons car elles apparaissent souvent en relief.

### Pierres de Jaumont

La « Pierre de Grandcourt » est comparable à la « Pierre de Jaumont », pierre française localisée en Moselle. Cette dernière appartient au même étage stratigraphique (Bajocien, 170 Millions d'années) et forme un banc d'une vingtaine de mètres d'épaisseur de Chambley à Avril, au nord de Briey.

Elle est semblable à la pierre gaumaise par sa couleur jaune à ocre et par sa composition puisqu'elles correspondent tout deux à un calcaire formé de débris de coquilles et d'oolithes (**photo 1B**). Des lits lumachelliques sont aussi parfois présents.

Ces pierres belges et la pierre française ont des caractéristiques pétrophysiques assez proches puisque la Pierre de Jaumont comprend 24.8 % de porosité, la Pierre de Grandcourt : 25.8 % et la Pierre de Torgny :33.4 %. De plus, pour toutes ces pierres, la porosité correspond principalement à la dissolution d'une partie des oolithes et donc à une porosité située à l'intérieur des grains.

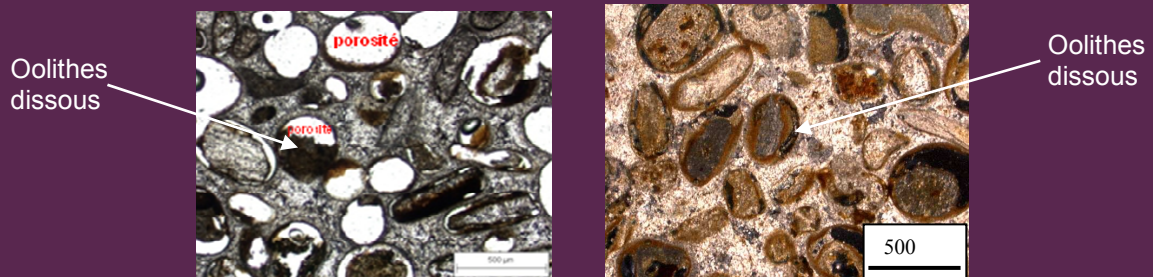


Photo 1 : A lame mince de pierre de Grandcourt.

B lame mince de pierre de Jaumont.

Calcaire bioclastique et oolithique riche en oxyde de fer.

Forte porosité vacuolaire localisé dans les éléments figurés.

Les calcaires du Bajocien des Ardennes françaises connus sous le nom de Pierre de Dom-le-Mesnil, sont des pierres à texture très différentes des pierres oolithiques de Grandcourt, Torgny et Jaumont. En effet, ces calcaires contiennent essentiellement des débris d'échinodermes et leur porosité est localisée entre les grains alors que les faciès oolithiques ont une porosité vacuolaire située dans les grains (photo 2).

La Pierre de Jaumont, calcaire de la région de Metz est toutefois mise en œuvre pour remplacer les blocs de Pierre de Dom-le-Mesnil, car c'est une pierre d'aspect visuel proche par sa couleur et qu'elle peut être facilement taillée et mise en oeuvre. La pierre de Jaumont est la seule pierre « couleur du soleil » qui reste en exploitation dans le nord-est de la France et le sud de la Belgique. Suite à la fermeture et à la disparition des carrières locales situées dans la région transfrontalière franco-belge (Ardennes et Wallonie), cette Pierre de Jaumont, issue de Lorraine, est donc actuellement incontournable dans la restauration des monuments ou du patrimoine local.

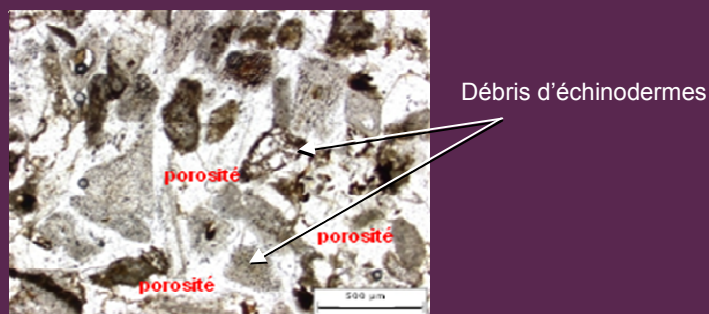


Photo3 :

Maisons « traditionnelles » en pierres apparentes, Torgny (Belgique) Calcaires bajociens du sud de la Wallonie (cliché G.

Pour plus d'amples informations, contacter le **GEGENA**<sup>2</sup>:

Gilles FRONTEAU : [gilles.fronteau@univ-reims.fr](mailto:gilles.fronteau@univ-reims.fr)

Programme co-financé par :

