

LES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE CARACTÉRISATION DES COUCHES MINCES

Depuis des années, les chercheurs et les industriels développent des couches minces pour différentes applications dans les secteurs de l'automobile, l'aéronautique et le nucléaire. Les propriétés visées par ces dépôts sont variées, elles peuvent être mécaniques, tribologiques... C'est pourquoi, la connaissance de ces propriétés est un enjeu important pour mieux comprendre le comportement de ces dépôts.

Une couche mince est un revêtement dont l'épaisseur peut varier de quelques nanomètres à une dizaine de micromètres. Ces dépôts permettent de modifier les propriétés de surfaces du substrat sur lesquels ils sont déposés. Ils sont principalement utilisés pour leurs propriétés optiques (antireflet, décoratif), mécaniques (résistance à l'usure, dureté), anticorrosives (protection de pièces métalliques) ou électriques (cellule photovoltaïque).

Ces couches peuvent être obtenues par différents procédés tels que la galvanisation, la PVD, la CVD, le Sol-Gel...

De nombreuses techniques destructives ou non favorisent la caractérisation de couches minces. Les propriétés mécaniques du revêtement sont principalement obtenues par des méthodes destructives telles que :

- La **nano-indentation**, cette technique donne des informations sur la dureté ainsi que le module élastique d'une grande majorité de revêtements (mous, durs, ductiles, fragiles).
- Le **scratch test**, permettant d'évaluer les propriétés d'adhérence, de fracture, et de déformation de la couche mince.
- Le **tribomètre**, donnant des informations sur le coefficient de frottement et le comportement à l'usure de l'échantillon.

Les méthodes non-destructives, décrites ci-dessous, permettent quant à elles d'obtenir des informations sur les propriétés physico-chimiques, morphologiques et topographiques du revêtement.

- La **Diffraction X en incidence rasante**, permettant la caractérisation cristallographique de l'extrême surface de couches minces polycristallines (taille, forme des particules...). Des informations sur l'épaisseur et la rugosité du dépôt peuvent être obtenues par cette technique.
- L'**Ellipsométrie**, utilisée pour mesurer l'épaisseur de la couche mince mais aussi le module d'Young. Elle permet également d'évaluer la porosité du revêtement ainsi que la taille des pores.
- L'**XPS** est quant à elle une technique d'analyse d'extrême surface. Elle permet de connaître la composition chimique de l'échantillon.

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

Lilian BADER : l.bader@critt-mdts.com

SALISSURES D'ORIGINES BIOLOGIQUES

Deux sources majeures de salissures sont à l'origine de l'encrassement des façades des bâtiments au cours du temps : les salissures d'origine biologique et les particules issues de la pollution atmosphérique.

Les salissures biologiques sont dues à la croissance de trois types de micro-organismes : les bactéries, les algues et les moisissures. (Lettre de veille N°2, Juin 2009)

Les algues sont responsables de la forme des salissures, leur développement suivant le chemin pris par l'eau le long de la façade (ruissellement). Elles sont aussi responsables de la couleur (noire, vert ou rouge) car elles sont constituées de pigments. La présence d'algues favorise la croissance des moisissures et des végétaux plus évolués, tels que des lichens ou des mousses, après plusieurs années d'exposition.

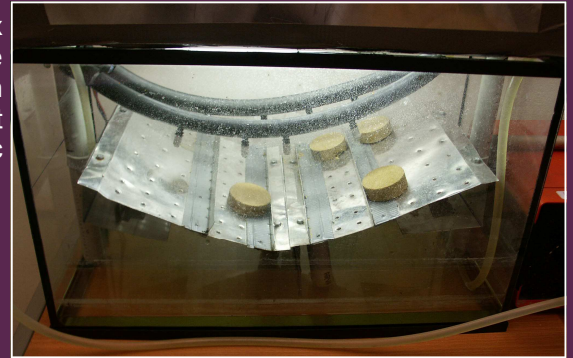
Les algues sont donc un acteur principal de la détérioration des façades. Récemment en France, le CSTB a effectué une série d'analyse des algues. Les prélèvements révèlent un nombre assez restreint d'algues vertes et de cyanobactéries. Les moyens de lutte contre la biodétérioration sont limités.

La nature physico-chimique et la texture du matériau ont une influence. La propagation des salissures dépend de l'architecture du bâtiment, de son orientation et de son environnement. La méthode de remédiation la plus employée reste l'utilisation de biocides, même si l'utilisation de ces produits tend à être restreinte par les réglementations successives.

Dans le cadre du projet Hybriprotech, nous effectuons deux types de test pour valider nos revêtements de surface : une exposition des matériaux en environnement naturel et un test rapide en laboratoire. Nous communiquerons bientôt sur la corrélation entre nos observations sur site et le banc d'essais sur éprouvettes.

Test de validation en laboratoire

Sources : Etudes CSTB de B. Ruot et Thèse de H. Barberousse.



Pour plus d'amples informations, contacter le CERTECH :
Benoît KARTHEUSER : benoit.kartheuser@certech.be

LA CAPILLARITÉ DES PIERRES

L'altération des pierres mises en œuvre est un phénomène inéluctable qu'on peut tenter de limiter par une bonne connaissance des propriétés intrinsèques des roches. La restauration des monuments implique parfois le remplacement des éléments architecturaux trop altérés par des blocs dont la nature est la plus proche possible de celle d'origine. Les pierres de remplacement sont choisies pour leur similarité de teinte et de propriétés physiques : masse volumique apparente, porosité, vitesse du son, résistance à la compression (Roches de France, Edition Pro Roc, 2006). Les caractéristiques pétrophysiques des pierres poreuses sont également très importantes pour leur durabilité dans le bâti. La juxtaposition de pierres de natures pétrophysiques différentes peut accélérer l'altération de l'une d'elles par une ascension préférentielle de l'eau et des éléments dissous dans la pierre de remplacement ou, à l'inverse, accélérer le vieillissement des pierres d'origine.

Une des caractéristiques pétrophysiques relatives aux transferts d'eau dans le bâti est la capillarité. Quand un matériau poreux est mis en contact avec un liquide mouillant, celui-ci pénètre dans la pierre sans application d'une pression extérieure. Ce phénomène d'imbibition capillaire dépend de la tension superficielle qui dépend elle-même de la viscosité du fluide, de son affinité pour les surfaces solides, de la taille et de la connectivité des pores de la pierre.

L'imbibition capillaire peut être exprimée par un coefficient de capillarité massique, qui détermine la quantité d'eau qui peut pénétrer dans la roche par unité de temps et un coefficient de capillarité linéaire correspondant à la migration de la frange capillaire, c'est-à-dire la hauteur atteinte par le front d'eau dans le matériau par unité de temps.

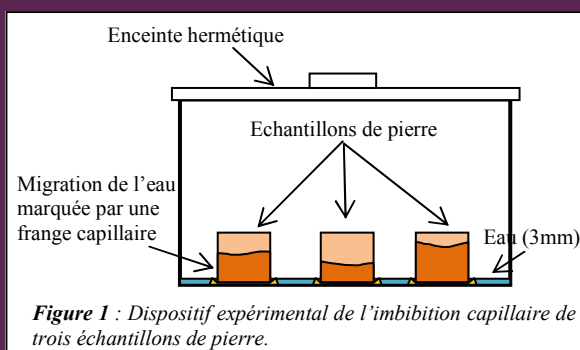


Figure 1 : Dispositif expérimental de l'imbibition capillaire de trois échantillons de pierre.

La norme Afnor NF EN 125 permet de déterminer ces coefficients d'absorption d'eau par capillarité d'une pierre naturelle. Elle consiste à mettre en contact la base d'échantillons de pierre préalablement séchés, avec une tranche d'eau de 3 mm de hauteur, dans une enceinte étanche (figure 1). La masse des échantillons est mesurée à intervalles de temps croissants. Sur un graphique, l'absorption d'eau est représentée en ordonnée par la masse d'eau absorbée divisée par la surface horizontale de la base immergée (dW/s en g/m^2) et comparée en abscisse par la racine carrée du temps (\sqrt{t} en $s^{1/2}$).

La courbe obtenue se caractérise par une évolution en deux parties (figure 2). En début d'expérience, la courbe est linéaire et la pente de la droite correspond au coefficient de capillarité massique C1 ; il s'agit de l'invasion progressive par l'eau de la porosité librement accessible. Après rupture de pente, l'évolution se poursuit linéairement mais avec une pente plus faible (C2). Ce second segment correspond au remplissage de la porosité piégée par diffusion de l'air dans l'eau (Mertz, 1991). Une roche très capillaire comme la craie Tuffeau de Touraine a un coefficient de capillarité compris entre 416 et 533 g/m²/s^{1/2}. Un grès vosgien a un coefficient beaucoup plus faible, d'environ 30 g/m²/s^{1/2} et un calcaire peu poreux, comme celui de Comblanchien aura une capillarité inférieure à 1 g/m²/s^{1/2}. Au sein des calcaires du Bajocien, la pierre de Jaumont qui est macro-poreuse a un coefficient moyen de 160 g/m²/s^{1/2} et donc une capillarité intermédiaire.

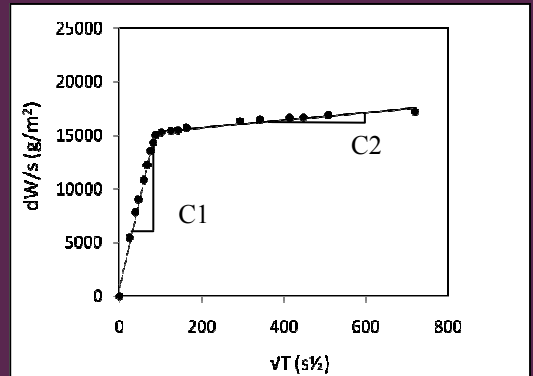


Figure 2 : Exemple de cinétique d'imbibition capillaire d'un échantillon de pierre homogène telle que la pierre du Bajocien de Dom-le-Mesnil. Rapport de la masse d'eau absorbée par la surface horizontale de l'échantillon en fonction de la racine carrée du temps.

Notons enfin que l'allure des courbes d'imbibition capillaire permet d'approcher la géométrie du réseau poreux (Mertz, 1991) : un milieu poreux bien connecté et homogène aura une courbe de capillarité linéaire tandis qu'un milieu poreux mal connecté ou hétérogène aura une courbe de capillarité écrasée. D'autres analyses telles que les cinétiques de séchage par évaporation, les mesures de porosité au mercure, les perméabilités à la vapeur d'eau... viendront compléter et affiner la caractérisation du milieu poreux, ce qui est essentiel pour comprendre les mécanismes d'altération des pierres naturelles.

Pour plus d'amples informations, contacter **le GEGENA²** :
Gilles FRONTEAU : gilles.fronteau@univ-reims.fr

PLATE FORME DE VEILLE TECHNOLOGIQUE

<https://veille.hybriprotech.eu>

ce site est optimisé pour Mozilla Firefox

Dans le cadre du projet « HYBRIPROTECH », le Pôle Transfrontalier se propose de mettre **GRATUITEMENT** à la disposition des professionnels, de la zone INTERREG, une base de données scientifiques et techniques, comprenant des informations recueillies sur plusieurs thématiques en rapport avec :

- les traitements de surface,
- la substitution du chrome VI,
- la technologie Sol-Gel,
- la préservation de la pierre

Programme co-financé par :

