Zeitschrift: NIKE-Bulletin

Herausgeber: Nationale Informationsstelle für Kulturgüter-Erhaltung

Band: 10 (1995)

Heft: 1: Gazette

Rubrik: Laboratoires

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

LABORATOIRES

Le Laboratoire de Conservation de la Pierre de l'EPFL

1. Introduction

L'activité du Laboratoire de Conservation de la Pierre (LCP) de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) s'exerce dans le domaine des matériaux pierreux, pierres naturelles en particulier, des peintures murales, des mortiers, crépis et enduits, et de la pollution atmosphérique.

Créé en 1982 lors de la restructuration du Département des Matériaux de l'EPFL, le LCP a repris et développé une activité qui était déjà exercée depuis longtemps au sein de l'ancien Laboratoire des Matériaux Pierreux. Cette activité est née et s'est développée avant tout pour combler une très grande lacune existante non seulement au niveau romand mais aussi au niveau national, dans le domaine de l'étude des matériaux des biens culturels. En Suisse romande, le LCP joue depuis les années 60 un rôle de pionnier, répondant ainsi de plus en plus à un besoin manifesté par tous les opérateurs de la conservation des monuments: architectes, restaurateurs, archéologues, conservateurs, ... qui, pour solutionner les problèmes inhérents à leur activité, nous demandent informations, conseils, examens et analyses concernant les matériaux auxquels ils sont confrontés.

Conformément aux directives de notre Ecole, et comme chaque laboratoire de celle-ci, le LCP remplit ses trois missions: enseignement, recherche et mandats. Les faibles moyens annuels attribués au LCP en personnel, matériel et locaux, ont sans cesse, et depuis de longues années, constitué une lourde tâche, pour ne pas parler d'un réel handicap lié essentiellement à la non reconnaissance de la problématique particulière inhérente à la conservation des biens culturels. En effet, la science des matériaux au service de la conservation a encore bien de la peine à s'imposer comme une vraie discipline au sein d'institutions telle que la nôtre.

2. Enseignement

Bien que n'ayant aucun enseignement de base au sein du Département des Matériaux (DMX), le LCP participe depuis des années à l'enseignement en donnant un cours à option sur l'utilisation et la conservation de la pierre naturelle et par le biais des projets d'étudiants en science des matériaux. La majeure partie de l'enseignement est déployée au sein du Département d'Architecture.

Le LCP organise et participe régulièrement à des conférences, séminaires, cours consacrés à la sauvegarde des monuments, en Suisse et à l'étranger; en particulier, son Directeur est appelé à donner des cours à l'ICCROM de Rome, au Centre international pour la formation des artisans de San Servolo près de Venise, à l'Université de Louvain (cycle d'études postgrade en conservation) et dans le cadre de la Communauté des Universités Méditerranéennes.

3. Recherche

Cette activité, liée à la spécialisation du LCP, s'avère indispensable pour assurer autant la qualité et le niveau de l'enseignement que la progression des connaissances.

Les projets de recherche sont financés de différentes manières:

- Par des crédits octroyés annuellement par l'EPFL; avec ce mode de financement, appelé E+R (Enseignement + Recherche), le sujet et la durée de recherche sont librement fixés par le LCP;
- Par des organismes spécifiques tels le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique; dans ce cas, le sujet et la durée de la recherche sont bien délimités dans le temps, mais proposés par le LCP;
- Par des organismes privés extérieurs à l'EPFL (industrie, villes, cantons, ...); avec ce mode de financement, appelé mandats, le sujet et la durée de la recherche sont fixés en accord avec le (ou les) mandataire(s) sur des objectifs très précis et pratiques. Selon la règle fixée par l'EPFL, tout mandat de recherche de ce type doit s'autofinancer: c'est donc pratiquement dans ce seul cadre que l'engagement de personnel auxiliaire est financièrement possible.

Les objectifs poursuivis dans chaque domaine de recherche sont développés ci-après.

3.1 Pierres
Responsable: Claude Félix

3.1.1 Essais et durabilité
Propriétés intrinsèques des pierres naturelles

Pendant des siècles, en Suisse comme dans de nombreux autres pays, les pierres naturelles ont été exploitées dans une multitude de carrières généralement petites, ouvertes pour des besoins locaux pouvant aller de l'empierrement d'un chemin à la construction d'une cathédrale. Cette multiplicité, pour ne pas dire ubiquité des carrières d'autrefois, a permis pendant longtemps un choix assez large dans l'éventail des pierres; mais ce choix essentiellement empirique était laissé aux seuls bons soins de l'artisan, carrier ou tailleur de pierre. Aujourd'hui, la disparition d'un très grand nombre de carrières, et conséquemment des artisans capables d'orienter et de qualifier le choix de la pierre, exige une

connaissance approfondie de ses propriétés intrinsèques (mécaniques, physiques et chimiques), connaissance confiée à l'ingénieur, à l'homme de laboratoire et à 'ses' essais, ce qui va d'ailleurs de pair avec le développement et le perfectionnement des méthodes expérimentales d'essai au cours de ces 20 dernières années.

C'est dans ce contexte particulier, à la fois de pénurie de matériaux locaux et d'abondance de matériaux étrangers ou exotiques, et à l'occasion de travaux de restauration de monuments anciens, que le LCP a été amené à étudier de façon systématique, et la plus exhaustive possible, les propriétés mécaniques, physiques et chimiques des pierres naturelles en relation avec leurs caractéristiques pétrographiques (c'est-à-dire, minéralogiques, structurales et texturales), et leur comportement technologique (durabilité au sens le plus large du terme). Cette recherche a déjà abouti à l'établissement de critères simples de sélection des grès lors des restaurations, critères mis à profit notamment pour les restaurations de la Tour Lanterne de la Cathédrale de Lausanne et du Château de Prangins. Actuellement, cette recherche s'oriente vers la sélection de produits de traitement des grès: mise au point d'essais permettant d'évaluer l'efficacité et l'innocuité des produits de consolidation et de protection, ainsi que les conditions optimales de leur mise en oeuvre.

Pour les recherches menées dans ce vaste domaine de l'étude des propriétés intrinsèques des pierres, le LCP bénéficie bien sûr largement de l'infrastructure du DMX, dont il fait partie, et surtout des équipements lourds du Laboratoire de Matériaux de Construction (presses par exemple, et laboratoires ou halles). Cette 'situation de dépendance' du LCP fait de cette activité primordiale, qu'est la connaissance de la pierre naturelle, un service pour tiers, donc essentiellement rémunéré par des mandats.

3.1.2 Etude de l'influence des microstructures sur les propriétés et la durabilité ou l'altérabilité des grès et des calcaires

Dans le sens de la pétrographie classique, les paramètres régissant, à des titres divers, les propriétés des roches sont au nombre de trois:

- la composition minéralogique, y compris les caractéristiques physiques des minéraux (nature et propriétés des minéraux);
- la structure, terme désignant la forme, la taille, etc., des minéraux pris individuellement ou dans leurs rapports avec leurs voisins immédiats dans l'agrégat;
- la texture, terme désignant l'arrangement spatial des minéraux constitutifs dans la roche.

Ces paramètres, déduits de l'observation directe (microscopique), sont appelés les paramètres pétrographiques. Ils sont déterminés par un ensemble de techniques bien connues des géologues et des minéralogistes, et faisant surtout

appel à la microscopie quantitative, aux rayons X et à l'analyse des structures (images).

On appelle par contre paramètres pétrophysiques tous ceux permettant de quantifier toutes les caractéristiques, et plus particulièrement la géométrie, du milieu poreux des roches. Ces paramètres (spectres porométriques, surface spécifique, isothermes de sorption, ...), déduits d'essais (porométrie, goniométrie de texture, adsorption, perméabilité, ...) dont les résultats sont interprétés à l'aide de modèles, quantifient indirectement les paramètres pétrographiques décrivant les microstructures. Vue sous cet angle, cette étude de l'influence des microstructures sur les propriétés et la durabilité des grès et calcaires permet au LCP de développer, en toute indépendance financière (c'est-à-dire vis-à-vis de tiers [mandats], et des infrastructures lourdes du DMX), trois projets de recherche:

- structures et porosité des roches gréseuses et calcaires;
- gonflement hydraulique et durabilité des grès;
- sulfatation (croûtes noires) et processus de dégradation des roches gréseuses et calcaires: microscopie et microanalyses, dont le but commun est de décrire et de quantifier les différents états d'évolution (dont la dégradation) de la pierre naturelle saine, traitée et altérée, dans son environnement habituel. - Les divers aspects de cette approche ont déjà fait l'objet de publications disponibles au LCP.

3.2 Peintures
Responsable: Renato Pancella

Le LCP a créé, puis développé grâce au Programme national de recherche (PNR 16) du Fonds national suisse, 'Méthodes de conservation des biens culturels', une unité de recherche et de service capable de résoudre les problèmes posés par la conservation et la restauration des peintures murales et des polychromies monumentales, et apte à assurer ainsi aux conservateurs et aux restaurateurs le support scientifique et technique indispensable.

La conservation des peintures murales anciennes et des polychromies monumentales pose en effet des problèmes complexes liés notamment à la faible épaisseur de la couche picturale soumise à de nombreuses sollicitations venant du support et de l'environnement. Afin d'assurer les meilleures conditions de conservation, une connaissance des matériaux constitutifs de la couche picturale, du support dans son ensemble (maçonnerie, mortiers, enduits, ...), des matériaux modernes utilisés lors de la restauration (résines synthétiques,...) et de l'environnement (facteurs climatiques et pollution) est donc indispensable.

LABORATOIRES

L'activité déployée dans ce domaine par le LCP est basée d'une part sur les études effectuées lors des interventions de restauration en fonction des problèmes posés et, d'autre part, sur des travaux de recherche axés principalement depuis 10 ans sur l'identification des composés organiques.

L'identification des matériaux est généralement effectuée sur de minuscules fragments, de l'ordre de quelques mm de surface, ce qui rend donc indispensable l'utilisation de méthodes analytiques sophistiquées et complexes avec des appareils souvent très coûteux. Les méthodes d'examen et d'analyse employées couramment dans notre laboratoire ou disponibles dans d'autres laboratoires du DMX et instituts de l'EPFL ou de l'Université de Lausanne sont:

- pour les composés inorganiques: microscopie optique, microscopie électronique, diffraction des rayons X;
- pour les composés organiques: chromatographie en phase gazeuse, pyrolyse et spectrométrie de masse, spectrophotométrie infrarouge FTIR.

3.2.1 Composés inorganiques

Microscopie optique

L'observation des coupes de fragments picturaux sous le microscope optique permet de définir aisément la stratigraphie des couches picturales et de reconnaître, souvent à l'aide de tests microchimiques simples, la plupart des charges et des pigments.

Microscopie électronique

Elle représente sans doute la méthode la plus intéressante pour l'analyse élémentaire des matériaux inorganiques. En effet, la répartition des éléments dans les couches picturales par photographie (mapping) au moyen des rayons X caractéristiques issus des spectromètres dispersifs en longueur d'onde permet de localiser et d'identifier la totalité des composés chimiques.

Diffraction des rayons X

Elle se révèle très utile pour l'identification des composés inorganiques et devient indispensable lorsqu'on veut connaître avec précision la composition des matériaux picturaux. Son intérêt s'est accru grâce à la mise au point de systèmes permettant l'analyse seulement à partir de quelques mg de matière ou de très petits fragments.

3.2.2 Composés organiques

Chromatographie en phase gazeuse, pyrolyse et spectrométrie de masse

L'appui financier du PNR 16 du Fonds national a permis au LCP d'acquérir en 1984 un système d'analyse par chromatographie en phase gazeuse. Ce système comprenant un gaz chromatographe, un injecteur automatique d'échantillons, un intégrateur ainsi qu'un ordinateur, a permis la mise au point d'une méthodologie analytique conduisant à l'identification des principales substances organiques utilisées dans la peinture, telles que huiles siccatives, cires, résines, colles animales, résines et gommes végétales. En 1992, ce système a été complété par un détecteur de masse et par un pyrolyseur permettant l'identification des composés organiques traditionnels et modernes comme par exemple les résines synthétiques.

Dans le domaine particulier de l'analyse des matériaux des couches picturales, la combinaison de ces méthodes, CPG-SM ou PY-CPG-SM, permet la résolution de la quasi totalité des problèmes analytiques posés par l'identification des liants, des additifs ainsi que des agents de protection de nature organique employés dans la peinture ancienne et moderne: colles animales, oeuf, huiles siccatives, cires, résines et gommes végétales, résines synthétiques, ...

La mise au point au LCP de cette méthodologie a la prétention de combler la grande lacune existante au niveau régional et national dans le domaine de l'analyse des matières organiques dans les peintures et, de manière générale, dans l'ensemble des oeuvres d'art.

3.3 Pollution atmosphérique

Responsable: Fred Girardet

3.3.1 Mesures in situ

Un bâtiment, même construit avec un matériau homogène, peut présenter, après quelques décennies, des dégradations de morphologie très différentes. Des zones fortement dégradées peuvent même avoisiner d'autres parfaitement saines. La diversité des altérations reflète la disparité des sollicitations climatiques (températures, pluies, ensoleillement, ...) qui s'exercent sur les différentes parties d'un même édifice. L'identification et la mesure de l'ensemble de ces paramètres sont indispensables pour quantifier l'intensité et la fréquence de ces sollicitations auxquelles un matériau est réellement soumis dans une construction. Les pronostics de durabilité, l'étude des moyens de protection, la réalisation en laboratoire d'essais de simulation dépendent exclusivement de ces mesures in situ.

Avant d'entreprendre ces mesures, il importe donc d'identifier la morphologie de l'altération qu'on se propose d'étudier et d'en circonscrire précisément les zones d'apparition sur le bâtiment. Cette démarche demande une certaine expérien-

ce basée autant sur l'observation du bâtiment que sur l'examen des matériaux et de leur altération. Divers mandats et études en relation notamment avec les altérations de la pierre engendrées par l'action de l'eau et du gel ont déjà été réalisés.

3.3.2 Impact de la pollution de l'air sur les pierres en oeuvre et essais de simulation

Ces derniéres années, la pollution atmosphérique a soulevé des préoccupations grandissantes; confronté au manque d'études relatives à la quantification de ses effets sur le patrimoine architectural, le LCP a orienté l'activité de ses mesures in situ plus particulièrement sur l'étude de ce problème spécifique. Afin d'évaluer l'importance de la pollution atmosphérique dans les processus de dégradation de la pierre, il a été nécessaire avant tout d'identifier les polluants et d'en déterminer leur vitesse d'accumulation et leur mode d'action.

Des investigations préliminaires menées sur plusieurs monuments ont permis d'identifier une morphologie typique d'altération (commune aux grès calcaireux du Plateau suisse) imputable à la pollution atmosphérique et d'établir que ce sont les composés du soufre qui constituent les polluants atmosphériques les plus dommageables pour la pierre. Les résultats des innombrables mesures des paramètres régissant les échanges pierres/atmosphère nous ont amenés au développement d'une méthodologie permettant de quantifier directement sur les pierres la vitesse d'accumulation des polluants soufrés.

Grâce à une étude financée par le PNR 16 du Fonds national, une vaste campagne de mesures a été effectuée sur l'ensemble du territoire suisse et dans un certain nombre de sites étrangers. Des corrélations entre le niveau de pollution des sites et la prise en soufre de la pierre ont été établis. Cette étude a déjà permis de répondre à la plupart des questions de base posées à l'origine. La grande réactivité des molasses indigènes aux composés du soufre gazeux nous ont incité à orienter l'effort de cette recherche aussi bien sur des investigations in situ qu'en laboratoire sur simulateur.

L'expérience acquise et l'infrastructure développée permettent actuellement au LCP de:

- quantifier l'agressivité de l'atmosphère sur un matériau dans un site donné et établir une comparaison avec les résultats obtenus sur des sites suisses et étrangers déjà étudiés;
- mesurer l'évolution de l'agressivité de l'atmosphère dans un site au cours des années;
- déterminer la sensibilité d'un matériau aux polluants atmosphériques;
- étudier les effets des produits de protection.

Essais de simulation

Ils ont pour but de reproduire en laboratoire un phénomène naturel tel qu'il a pu être observé et quantifié par des mesures in situ. Dans ce type d'essai il est donc possible de concevoir un vieillissement artificiel accéléré du matériau proche des conditions réelles en dosant les causes de détérioration.

Le LCP met actuellement à profit les résultats des mesures in situ et développe des essais de simulation aptes à étudier d'une part la genèse des croûtes sulfatiques et, d'autre part, l'efficacité des produits de traitement commercialisés et proposés pour la protection de la pierre. Cette étude est conduite en collaboration avec trois autres laboratoires européens:

- Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA), Université de Paris XII;
- Dipartimento di scienze geologiche (DSG), Université de Bologne;
- Centre de géochimie de la surface (CGS), CNRS, Strasbourg.

Cette étude a fait l'objet d'un projet financé par conjointement par la Commission des Communautés Européennes (programme de recherche et développement dans le domaine de l'environnement) et le Fonds national.

4. Mandats

En fonction de ses moyens et de ses compétences, le LCP effectue régulièrement des mandats qui vont du simple conseil ou de la simple expertise à des études en relation autant avec l'altération des matériaux et le choix de ceux de remplacement qu'avec la caractérisation des matériaux dans les couches picturales, mortiers, crépis et enduits. Il s'agit d'un travail très utile pour les mandataires et indispensable pour le LCP car il permet:

- d'être au coeur des problèmes réels;
- de mieux mesurer les besoins en matière de recherche et d'enseignement;
- de rémunérer le personnel auxiliaire.

En contre partie, il peut constituer un obstacle à l'activité de recherche s'il devient trop envahissant, car il s'agit dans la plupart des cas d'un travail peu rémunératif du fait que dans le domaine de la sauvegarde des biens culturels les montants mis à disposition pour les études sont généralement très

LABORATOIRES

modestes. De surcroît, une part importante de nos recettes (26 %) est prélevée par la Confédération, notre employeur.

5. Relations avec l'extérieur

5.1 Commission Fédérale des Monuments Historiques (CFMH)

Le LCP est régulièrement chargé de missions d'expertise, généralement confinées à la Suisse romande; en effet, en tant que conseiller de la CFMH, son directeur est très souvent appelé à exprimer un avis éclairé ou donner la solution d'un problème par des examens ou des analyses de laboratoire ou une étude particulière. Or, jusqu'à présent, aucun montant n'était prévu par la CFMH pour couvrir les frais occasionnés par de tels travaux.

5.2 Suisse et étranger

Le LCP entretient des rapports professionnels avec les principales institutions travaillant dans le domaine de la conservation: ICOMOS, ICOM, SCR, ICCROM, IIC, RILEM. En Suisse romande, Le LCP a fortement contribué, dès le début des années 60, au changement d'attitude et à la prise de conscience à l'égard de la sauvegarde du patrimoine architectural. Le rôle joué par le LCP sur les chantiers de restauration par son apport technico-scientifique peut aisément être attesté par l'étroite collaboration qui s'est créée entre les conservateurs cantonaux, les architectes et les restaurateurs.

Le LCP participe activement au Comité scientifique international pour l'organisation de congrès sur l'altération et la dégradation de la pierre, ainsi qu'aux travaux des Commissions RILEM-ICOMOS (Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherche sur les Matériaux et les Constructions - Conseil International des Monuments et des Sites) relatifs aux pierres naturelles et aux produits de consolidation et/ou de protection.

ICOMOS, ICOM, SCR, ICCROM, IIC, RILEM: Le LCP est sollicité pour des conférences, cours, séminaires; il fait partie de jurys de thèse et de comités scientifiques de congrès sur la sauvegarde des biens culturels; il accueille et forme des stagiaires souvent au bénéfice d'une bourse attribuée par leurs pays d'origine.

6. Conclusions

Par cette brève présentation, l'équipe du LCP souhaite avoir clairement défini son rôle et illustré ses activités. A la fin de 1996, avec le départ à la retraite de son directeur, la Direction de l'EPFL pour des raisons d'économie a décrété la dissolution de notre laboratoire. Il est évident que cette disparition constituerait une perte irremplaçable pour la Suisse romande.

Beaucoup de personnalités, d'organismes et associations professionnelles nationales et internationales plaident pour le maintien et le renforcement de cette unité de recherche et de service. Nous espérons que les négociations en cours aboutissent à la création d'une nouvelle structure assurant la continuité des activités exercées par le LCP.

Vinicio Furlan
Claude Félix
Renato Pancella
Fred Girardet