

- Nouveaux champs d'applications hors Patrimoine Culturel et/ou exemples de contribution à l'expertise judiciaire -

1/ Assistances techniques diverses :

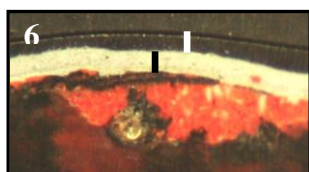
- 1/ Etude de prélèvements provenant d'un **revêtement mural contemporain formant la décoration intérieure d'une habitation privée** au Liban. Détermination de l'**origine des problèmes de la non-adhérence du revêtement peint**, 2011, rapport d'études, 11 p.

- 2/ Etude comparative sous divers éclairages UV d'un **verre de luminaire contemporain** afin de déterminer s'il s'agit ou non d'un verre anti-UV, 2012, rapport d'études, 7 p.

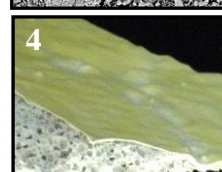
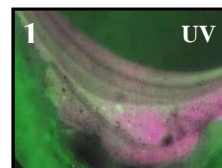
- 3/ Etude de **disques de ponçage** utilisés dans le cadre de la rénovation de bâtiments et **contrôle de la composition de la partie abrasive**, 2012, rapport d'études, 13 p.

- 4/ **Rénovation d'un ouvrage autoroutier** : recherche de l'**origine de la variation de teinte** d'échantillons de peintures sur béton cellulaire, 2013, rapport d'études, 20 p.

- 5/ **Boiseries d'aménagement intérieur d'un appartement parisien**. Analyses et recherche de l'origine de taches inesthétiques survenues après la pose d'un ensemble de panneaux en bois plaqué, 2013-2014, volume 1 (28p) et volume 2 (9p).



- 6/ Contrôle de la rénovation d'un immeuble de la région parisienne : observation en coupe stratigraphique d'**une peinture sur un garde-corps ancien en ferronnerie**, 2014, rapport d'analyses, 7 p.



2/ Accidents, catastrophes, fraudes diverses (Etudes confidentielles):

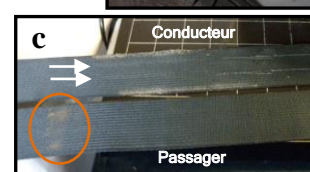
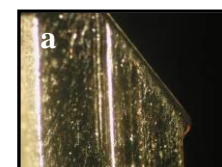
Etudes menées pour le compte de Compagnies d'Assurances en collaboration avec CAFI (Cabinet Anti Fraude Investigation à Bordeaux, 33) :

- a/ **Recherche de traces d'usage** et analyse des traces d'usure sur des clés de contact (véhicules).

- b/ **Analyse de traces de peinture et de traces de contact** dans le cas de transferts de matières lors d'un sinistre impliquant un ou plusieurs véhicules et/ou des éléments de maçonnerie.

- c/ **Véhicules accidentés** : mesure et analyse des traces résiduelles de choc au niveau des ceintures de sécurité.

- d/ et e/ **Analyse de la corrosion** des ouvrages en métal du réseau de circulation d'eau dans le Bâtiment.



Comme pour l'étude des matériaux du Patrimoine, notre démarche analytique est fondée sur les observations macroscopiques et microscopiques des surfaces, et sur l'analyse physico-chimique de prélèvements suivant les techniques et protocoles qui sont employés de longue date par les spécialistes de l'analyse scientifique de la texture des matériaux menée en laboratoire.

Observations macroscopiques et microscopiques :

Dans le cadre d'études diverses relevant de l'assistance technique sur matériaux solides inorganiques et matériaux métalliques, plusieurs techniques ou appareils sont mis en œuvre :

- ◆ La macrophotographie en lumière visible (Fig. Ia), lumière rasante, voire sous lumière UV si possible ou nécessaire.
- ◆ Un stéréomicroscope (Fig. Ib et IIa, 1) pour l'observation détaillée graduelle de x 30 à x 175 fois sous différents éclairages incidents, afin de repérer les plages à analyser ensuite en microscopies optique puis électronique.
- ◆ Un endoscope USB à leds (Fig. IIabc, 2) permettant l'exploration des cavités et des parties internes des matériaux, invisibles ou inaccessibles par d'autres méthodes.
- ◆ Un microscope optique inversé (Fig. Ic et IIc, 3) pour l'observation d'objets plans ou en microsection polie à différents grossissements fixes (x 50, x 100, x 200, x 500 et x 1000), sous lumière réfléchie, semi-polarisée ou polarisée. Cet appareil se veut particulièrement adapté à l'étude des matériaux et alliages métalliques et à leurs altérations.

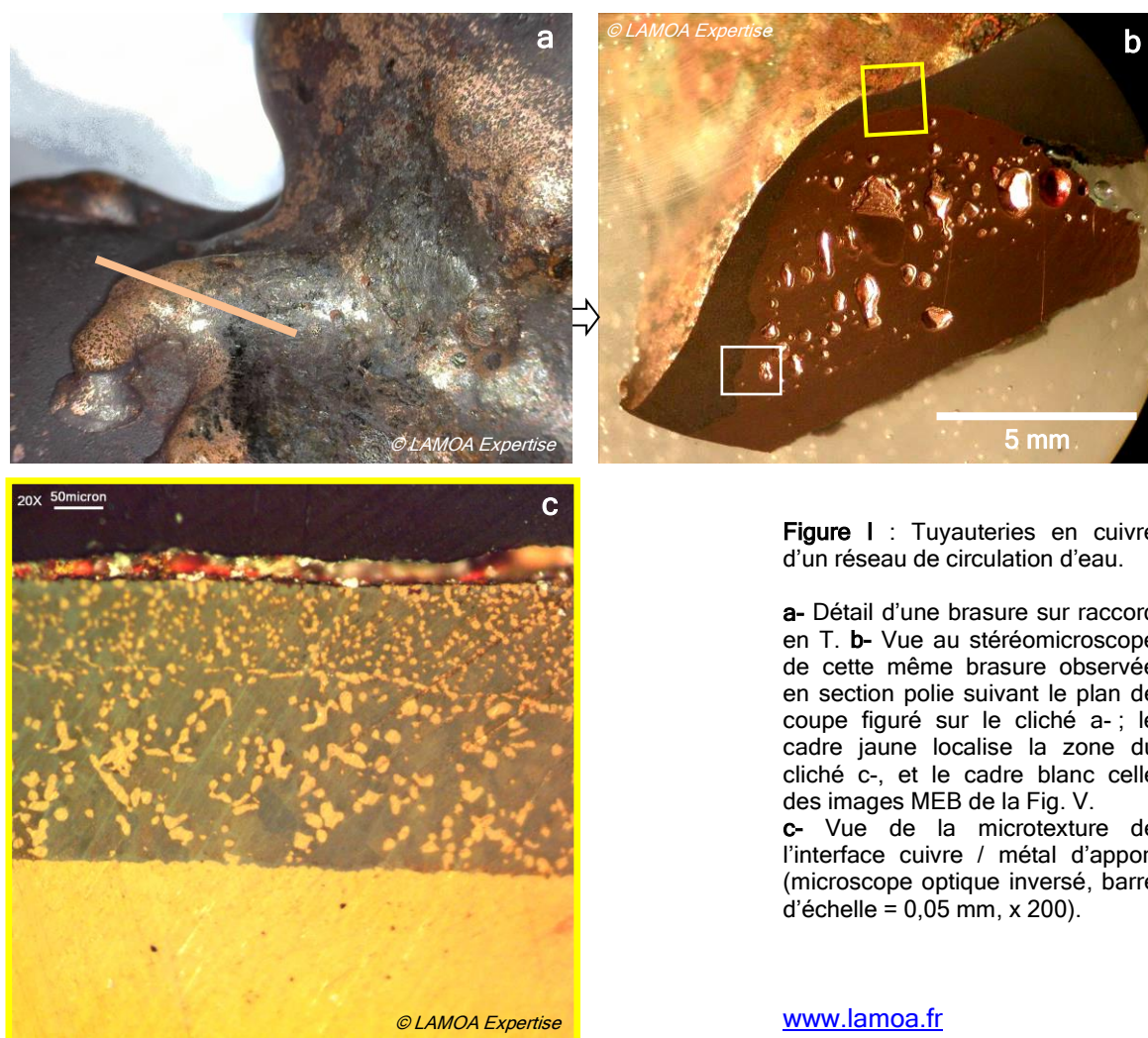
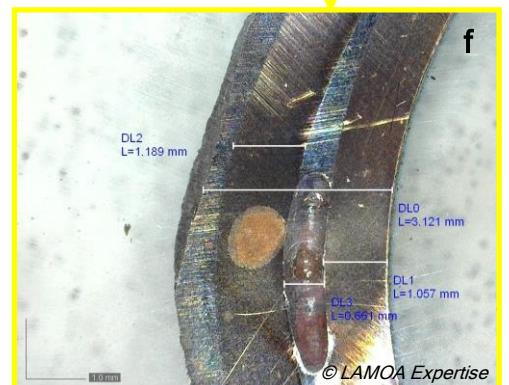
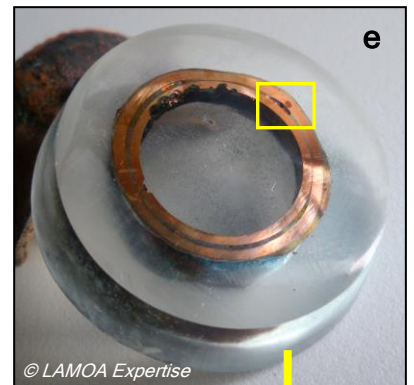
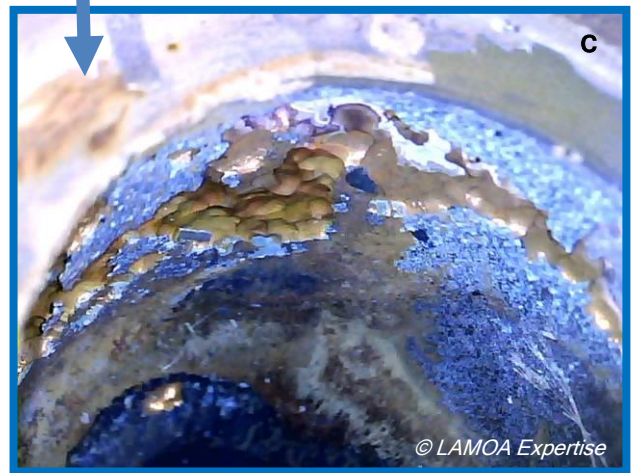
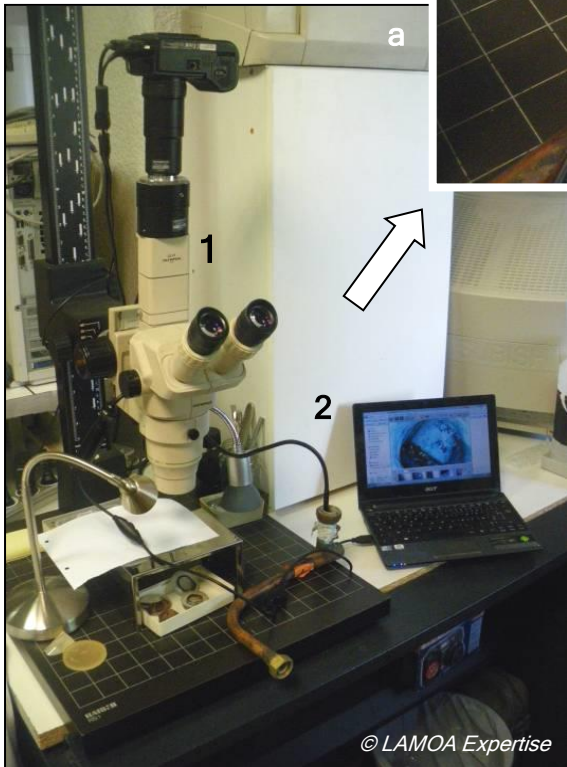


Figure 1 : Tuyauteries en cuivre d'un réseau de circulation d'eau.

a- Détail d'une brasure sur raccord en T. **b-** Vue au stéréomicroscope de cette même brasure observée en section polie suivant le plan de coupe figuré sur le cliché a- ; le cadre jaune localise la zone du cliché c-, et le cadre blanc celle des images MEB de la Fig. V. **c-** Vue de la microtexture de l'interface cuivre / métal d'apport (microscope optique inversé, barre d'échelle = 0,05 mm, x 200).

Figure II : Appareillages d'observation et de mesures directes.

a- Banc de stéréomicroscopie (1) et endoscopie associée (2); **b-** vue de la fibre endoscopique introduite dans un fragment de tuyau corrodé prélevé dans une zone de fuites d'eau, révélant la présence d'un bout de raccord inapproprié en travers du conduit; **c-** exploration endoscopique des parties internes de la tuyauterie montrant la corrosion des parois; **d-** observation au microscope optique inversé (3) d'un prélèvement effectué au niveau de la partie raccordée et préparé en section polie (**e-**); **f-** mesures comparatives des éléments formant les parties brasées.



© LAMOA Expertise

© LAMOA Expertise

© LAMOA Expertise

© LAMOA Expertise

© LAMOA Expertise

© LAMOA Expertise

Microanalyse par Microscopie Electronique :

Les moyens techniques ainsi que les méthodes et raisonnements analytiques appliqués à travers ces études sont principalement ceux de la microanalyse qui allie aux performances d'observation fine (forts grossissements, grande profondeur de champ et très bonne résolution), celles de l'analyse chimique simultanée par micro-fluorescence X (composition élémentaire qualitative ou semi-quantitative). Ils sont communément liés aux performances de la Microscopie Electronique à Balayage (**MEB**, Fig. III) mise en œuvre par les spécialistes des matériaux solides inorganiques.

Du fait du haut pouvoir discriminant de la microanalyse grâce à un fin faisceau d'électrons qui va balayer les surfaces étudiées point par point, et ligne par ligne, il est possible d'obtenir non pas une mais autant d'analyses que nécessaire sur tout ou partie d'un échantillon. Ces analyses peuvent mettre en jeu des techniques différentes ou identiques dans les mêmes conditions, mais à des temps différents ou dans d'autres conditions, cela sur le même échantillon ou la même partie d'échantillon jusqu'à l'échelle du micromètre carré (1 micron ou $\mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$).



Figure III : Chaîne d'analyse du microscope électronique à balayage du laboratoire LAMOA Expertise.

Cette démarche permet de déterminer à l'échelle microscopique un éventail de propriétés physiques et chimiques intrinsèques de la matière. Ces données, leur arrangement, distribution, aspect, etc... sont autant de critères distinctifs permettant de distinguer, caractériser, identifier des microtextures, des micro-particules, des interactions, des altérations...

Au-delà de l'identification, ces critères permettent de reconstituer un environnement, de déterminer les conditions, la chronologie et la nature des phénomènes auxquels les matériaux ont été soumis. La multiplicité de ces critères conduit en outre à travailler par regroupements, recoupement et exclusion, car :

- a/ il n'existe pas deux objets strictement semblables ;
- b/ tout objet porte sur lui les traces de son histoire.

L'appareillage utilisé, le **MEB**, est principalement constitué d'un canon à électrons enfermé dans une colonne sous vide poussé (Fig. III, 1). Les électrons sont produits en faisceau par l'apport d'une énergie de chauffage sur un filament, puis sont accélérés et guidés dans la colonne par des lentilles électromagnétiques et des diaphragmes jusqu'à l'obtention d'un pinceau aussi fin que possible (jusqu'à 50 Å). La cible-échantillon, brute ou préparée en section, est placée dans la chambre d'analyse (Fig. IV) et soumise à un vide poussé (10 torr ; 1 torr = 1/760 atm). Elle est ensuite bombardée selon un balayage continu par le faisceau d'électrons dits primaires. Cette interaction entre les atomes formant la matière et le faisceau électronique

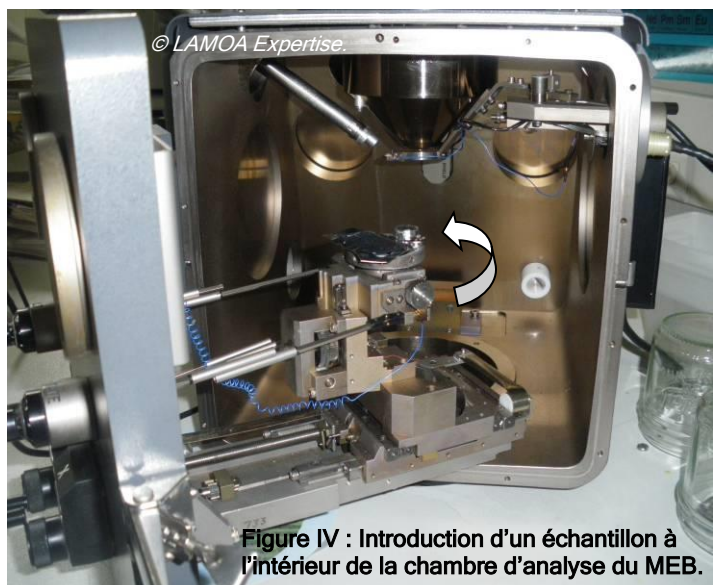


Figure IV : Introduction d'un échantillon à l'intérieur de la chambre d'analyse du MEB.

produit différents types de rayonnements secondaires que l'on peut exploiter grâce à différentes sortes de capteurs installés dans la chambre d'analyse. Trois d'entre eux sont communément utilisés pour l'étude et l'inspection des matériaux solides dans le cadre de l'assistance technique telle que pratiquée ici :

- a/ La production d'électrons dits secondaires, dont les intensités et les directions d'émission sont dépendantes du relief et de l'orientation des points formant la surface des matériaux balayés par le faisceau électronique. Un écran (Fig. III, 2) permet d'observer de manière synchronisée une image reconstituée des surfaces et du relief en mode de contraste topographique (Fig. Va), suivant des grossissements compris le plus souvent entre x 30 et x 70 000 (certains MEB très performants pouvant atteindre x 300 000).

- b/ La production d'électrons dits rétrodiffusés, plus énergétiques, dont les intensités dépendent de la nature des atomes constitutifs et de leur combinaison : une image en contrastes de composition chimique est ainsi obtenue (Fig. Vb). Sur la base de 256 niveaux de gris (blanc et noir compris), elle permet de distinguer les constituants chimiques des matériaux : ainsi suivant le tableau de Mendeleïev de classification périodique des atomes, les constituants riches en éléments dits « lourds » apparaissent en gris clair à blanc (pour les plus lourds), et en gris moyen à noir pour les éléments dits « légers ».

- c/ L'incidence du faisceau électronique sur les matériaux génère aussi des rayonnements X dont l'énergie est fonction du numéro atomique des éléments bombardés. Grâce à un détecteur de Rayons X couplé à un analyseur en dispersion d'énergie, il est possible de déterminer simultanément la composition élémentaire des constituants visibles à l'image, à l'échelle d'une aire modulable ou au contraire d'un spot d'analyse. On obtient ainsi des spectres EDX (Fig. Vc) qu'un logiciel d'exploitation permet d'indexer suivant les raies énergétiques détectées (Fig. III, 3).

