
Relations entre altérations physiques et chimiques de peintures à l'huile historiques

Directeur de thèse : Patrick KEKICHEFF

co-Directeur de thèse : Thierry ROLAND

Institut Charles Sadron (ICS) 23, rue du Loess 67034 Strasbourg

e-mail : patrick.kekicheff@ics-cnrs.unistra.fr

thierry.roland@ics-cnrs.unistra.fr

Les peintures à l'huile du patrimoine sont sujettes à de lents processus de détérioration, qui affectent leur apparence et intégrité structurale. Elles sont particulièrement sensibles aux fluctuations d'humidité et de température, qui génèrent des contraintes anisotropes dans les différentes couches composant l'œuvre (support bois ou toile, couche préparatoire de gesso, couches de peintures, vernis...). La différence des réponses due aux variations environnementales est une cause de fracturation de toute la couche picturale avec la formation de « craquelures de vieillissement ». En outre, l'évolution chimique des peintures à l'huile implique souvent des changements volumétriques locaux qui génèrent des contraintes mécaniques et le développement de « fissures de séchage » dans la peinture. Elles sont dues à une réaction continue entre les ions métalliques (à partir de pigments contenant du métal) et les acides gras libres (à partir des triglycérides hydrolysés du milieu liant l'huile et des additifs) qui conduit à la formation de carboxylates métalliques (savons). Ces complexes d'ions métalliques et d'acides gras saturés à longue chaîne peuvent former de gros agrégats cristallins qui peuvent saillir au travers de la surface de la peinture, développer des surfaces à picots, mener à l'écaillage, à la fissuration, à la fragilité, et à la délamination des œuvres d'art.

L'objectif de la thèse est de comprendre les relations entre altérations chimiques et physiques de ces peintures pour appréhender le processus de formation et de vieillissement des craquelures. À cette fin, un cadre expérimental déjà bien établi et validé par nos études récentes montre la pertinence de l'approche. Seront donc utilisées la micro-tomographie sur le tomographe de l'ICS et une panoplie de techniques à haute résolution spatiale utilisant le rayonnement synchrotron : μ -XRD (diffraction de rayons X), μ -XRF (fluorescence X), μ -XANES (spectroscopie de structure près du front d'absorption de rayons X), en balayant finement (pas de $10 \times 10 \mu\text{m}^2$) latéralement et en coupe les peintures historiques sur bois ou sur toiles. En cartographiant la distribution des éléments chimiques (Pb, Zn, Fe, Ca, Co, ...) des pigments dans la structure en multicouches, la distribution des inhomogénéités à proximité des craquelures et la migration des ions métalliques est obtenue [1]. Des simulations numériques (éléments finis) complèteront les analyses. Par exemple, pour des peintures anciennes sur support bois, le fait que les craquelures sont toutes parallèles et positionnées à des distances reliées aux épaisseurs des couches de la peinture, montre que deux échelles de temps très inégales ont succédé : une durée de quelques années après l'exécution de l'œuvre placée dans un édifice (église, etc.) sous environnement inévitablement non contrôlé, et une seconde s'écoulant au cours des siècles suivants [2].

La thèse mènera ces études pour les couches picturales à base d'huile qui ont vieilli naturellement sur des périodes de 100 à 400 ans. Outre l'influence du type de support (bois, toile, tissu), la relation entre le développement des fissures et le type de pigment sera investiguée, à la lumière des observations courantes, qui montrent que la stabilité mécanique des couches de peinture dépend fortement de la nature chimique des pigments, avec des peintures à base de plomb (forte), de fer (faible) et de zinc blanc (très faible) représentant habituellement les extrêmes observés.

Grâce aux multiples collaborations avec différents conservateurs de musées (Copenhague, Amsterdam, Cracovie en Pologne, Smithsonian Institution aux États-Unis), nous avons accès à des échantillons de peinture historiques s'échelonnant entre le 16^e et le 20^e siècle. La panoplie d'expériences et de simulations numériques forme un ensemble cohérent et solide, qui non seulement apporte une approche unique pour la préservation du patrimoine culturel et la restauration d'œuvres d'art, mais aussi donne une méthodologie universelle intéressant les industriels pour des développements et applications allant des peintures industrielles et vernis, aux films minces et revêtements stables dans le temps préservant l'apparition de craquelures et les phénomènes de délamination, jusqu'aux surfaces fonctionnalisées.

[1] Kékicheff, P.; Roland, T.; Egele, A.; Favier, D.; Tranchant, L.; Schoeder, S.; Scharff, M.; Andersen, C. K.; *to be submitted* (2022).

[2] Bratasz, Ł.; Akoglu, K. G.; Kékicheff, P.; *Fracture saturation in paintings makes them less vulnerable to environmental variations in museums*. *Heritage Science* **8** (11), 1-12 (2020).