

Appel à projet 2025-11

DIM PAMIR

Patrimoines matériels – innovation, expérimentation et résilience

Stage

Date de lancement de l'appel : 16 mai 2025

Date de clôture de l'appel : 2 septembre 2025

Dépôt des dossiers : <https://pamir-aap25-11.sciencescall.org/>

Votre contact : pamir-admin@groupe-renater.fr

Important

Respecter le nombre de lignes/pages/caractères indiqués est IMPERATIF

Supprimer les parties inutiles

Attention : une entité académique du DIM (laboratoire/institution) dépose UN SEUL projet
sinon tous les projets déposés par cette entité deviennent inéligibles (cf. texte d'orientation)

1. Acronyme et nom du projet

Acronyme du projet (10 caractères maximum espaces compris) : EVIALIPRO

Nom du projet en français : Etudes du vieillissement artificiel des liants protéiques des peintures murales

Nom du projet en anglais: Studies of artificial aging of protein binders of wall paintings

Photographie illustrant le projet :



Éventuels crédits pour la photographie :

Peinture murale, chapelle sud de la cathédrale Saint-Pierre de Poitiers
LRMH, W. Nowik, 2019

2. Nom du laboratoire responsable du stage – Identification du responsable scientifique du stage

Nom du laboratoire : Institut de Chimie Physique, CNRS 8000

Nom du responsable scientifique du stage : Menet Marie-Claude (ICP-LETIAM) et en co-responsabilité Witold Nowik (CRC-LRMH)

Adresse mail du responsable scientifique du stage : marie-claude.menet@universite-paris-saclay.fr et witold.nowik@culture.gouv.fr

Numéro de téléphone du responsable scientifique du stage : +33169336131 et +33643248391

3. Etablissement gestionnaire de la subvention

Indiquez son nom :

CNRS DR04.

4. Informations relatives au stage proposé

4.1. Résumé en français et en anglais

Ces deux résumés pourront être utilisés librement par le DIM, notamment être publiés sur le site internet du DIM.

L'altération des peintures murales dépend en particulier des conditions de conservation de la peinture, son degré d'exposition à la chaleur, à l'humidité, aux agents polluants et à la lumière naturelle ou artificielle. Le projet de stage sera donc de mettre en place une étude de vieillissement artificiel de peintures modèles (protéine liantes appliquées sur un support inerte) en présence ou non de différents pigments, à différents degrés d'humidité et de température. Les protéines contenues dans ces échantillons seront ensuite traitées en adaptant la méthode mise au point au laboratoire, car la présence des pigments pourrait avoir une influence sur le vieillissement des liants et perturber l'hydrolyse de la protéine par la trypsine. Les extraits seront ensuite analysés par la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem pour mettre en évidence une éventuelle modification des protéines. Les cinétiques de dégradation de plusieurs protéines liantes associées à différents pigments minéraux sera étudiée, en particulier celles des caséines du lait et de l'ovalbumine dont l'analyse est déjà établie au laboratoire, mais également celles de la vitellogénine et du collagène.

The deterioration of wall paintings depends in particular on the conservation conditions of the painting, its degree of exposure to heat, humidity, pollutants and natural or artificial light. The internship project will therefore be to set up a study of artificial aging of model paintings (protein binders applied to an inert support) in the presence or absence of different pigments, at different degrees of humidity and temperature. The proteins contained in these samples will then be extracted by adapting the method developed in the laboratory, because the presence of pigments could have an influence on the aging of the binders and disrupt the hydrolysis of the protein by trypsin. The extracts will then be analyzed by liquid chromatography on line with tandem mass spectrometry to highlight any possible modification of the proteins. The degradation kinetics of several binding proteins associated with different mineral pigments will be studied, in particular that of milk caseins and ovalbumin, the analysis of which has already been established in the laboratory, but also of vitellogenin and collagen.

4.2 Description du stage, explicitant notamment les activités du stagiaire et les aspects de formation associés

Pour comprendre le comportement et altération de peintures dans le contexte patrimonial et pour proposer des méthodes de conservation et de restauration adéquates, il est nécessaire d'en connaître leur composition mais aussi l'évolution de cette composition au cours du temps. Cette dernière concerne particulièrement les peintures murales et dépend en particulier des conditions de conservation de la peinture, son degré d'exposition à la chaleur, à l'humidité, aux agents polluants et à la lumière naturelle ou artificielle (1). Les peintures murales anciennes sont majoritairement constituées de pigments et de liants d'origine naturelle, minérale et organique, entre autres de matières protéiques comme les colles animales, le lait et l'œuf. Ces composants sont facilement sujets à la dégradation.

L'étudiant, durant son stage de Master 2, devra prendre la suite du travail effectué par un stagiaire de M2 financé par le DIM PAMIR en 2025 et qui a mis au point l'identification des caséines du lait et de l'ovalbumine dans les peintures murales, en utilisant la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse (UHPLC-MS), système qui avait fait l'objet d'un co-financement du DIM PAMIR en 2022 et que l'ICP a accueilli en février 2025 (2). Durant son stage en 2025, l'étudiant a également utilisé ce système pour mettre en évidence les modifications des caséines suite aux vieillissements artificiels. Ces études préliminaires ont été effectuées en utilisant des protéines en solution ou préparées avec de la chaux et appliquées sur une plaque de verre, mais en absence de pigments minéraux.

L'étudiant de M2 que nous souhaitons recruter devra donc fabriquer des échantillons en présence de pigments minéraux puis adapter la méthode de traitement de l'échantillon, de l'extraction des protéines liantes à leur hydrolyse par la trypsine. En effet le pigment minéral pourrait entre autres modifier le rendement d'extraction des protéines en les rendant moins solubles dans le solvant d'extraction et/ou perturber l'action de la trypsine. L'étudiant devra également mettre en évidence le rôle éventuel des pigments minéraux dans l'apparition plus ou moins rapide des modifications des protéines lors d'études de vieillissement artificiels.

Pendant ce stage l'étudiant abordera la méthode d'analyse protéomique *bottom-up*. Il utilisera la méthode déjà mise au point pour l'analyse des caséines et de l'ovalbumine. Il pourra être amené à mettre au point l'identification d'autres protéines liantes comme la vitellogénine (protéine du jaune d'œuf) et le collagène, en utilisant, avant l'analyse UHPLC-MS/MS, un traitement *in silico* sur les séquences des protéines pour prévoir les peptides qui se formeront après hydrolyse. L'étudiant devra également mettre en place des études de vieillissement artificiel des protéines liantes en présence de divers pigments minéraux afin d'étudier l'impact de la présence de ces pigments, de l'humidité relative et de la température, sur l'apparition des modifications des protéines. Dans ce contexte il sera amené à aborder les notions de plans d'expériences.

1 : Old master paintings – A fruitful field of activity for analysts : Targets, methods, outlook. *J. Sep. Sci.* 2003, 26, 996-1004.

2 : Identification of proteinaceous binders in paintings: A targeted proteomic approach for cultural heritage. *Microchem. J.* 2019, 114, 319-328.

Calendrier de travail

- Travail bibliographique (1 mois)
- Prise en main de la digestion enzymatique et de l'équipement pour la détection et l'identification des protéines (0,5 mois)

- Mise au point de l'extraction des protéines en présence de chaux et de pigments minéraux (1,5 mois)
- Détection des peptides modifiés et non modifiés après vieillissement des protéines en présence ou non de chaux et de pigments minéraux (1,5 mois)
- Mise en forme des données et rédaction du rapport (1,5 mois)

Descriptif du profil recherché

Le candidat, possédant une bonne connaissance générale de chimie organique et analytique, devra montrer son intérêt dans l'analyse des objets du patrimoine. Il devra avoir des notions sur les molécules biologiques, en particulier les protéines. Il devra avoir une connaissance théorique en préparation d'échantillons, en chromatographie et en spectrométrie de masse. L'expérience pratique de ces méthodes sera un plus. Le candidat devra présenter un gout prononcé pour l'expérimentation et manipulations de paillasse. La bonne connaissance d'anglais (compréhension et rédaction de textes) sera nécessaire.

Niveau de qualification requis : Master 2 en cours

Durée du stage : 6 mois

Date prévisionnelle de démarrage : Au rythme des étudiants de M2, selon les universités ou écoles.

5. Axe(s) thématique(s) du DIM – Secteurs disciplinaires

Axes méthodologiques – Plusieurs éléments peuvent être choisis

- ☒ Innovations instrumentales et expérimentales
- ☐ Données et méthodes numériques
- ☐ Pratiques patrimoniales et histoires des collections
- ☒ Diagnostic, prévision du comportement et stratégies de remédiation

Champs thématiques – Plusieurs éléments peuvent être choisis

- ☒ Objets : production, circulation, usages
- ☐ Enregistrements biologiques, climatiques et environnementaux anciens
- ☒ Matériaux artistiques : la fabrique de l'art

Secteurs disciplinaires – Plusieurs éléments peuvent être choisis

- ☒ Biologie – Environnement
- ☒ Chimie – Physique
- ☐ Informatique – mathématiques
- ☐ Sciences humaines et sociales

6. Localisation du stage

Adresse 1 : ICP (CNRS 8000) / site LETIAM (Laboratoire d'Étude des Techniques et Instruments d'Analyse Moléculaire). **Complément d'adresse** –13 avenue des Sciences. **Code postal** –91190. **Ville** – Gif/Yvette.

Accès par le RERB (station Le Guichet) puis à la gare routière bus 9 (direction Campus HEC ou Gare de Jouy en Josas) ou bus 9106 (direction Gare de Massy) arrêt à « Université Paris Saclay ».

Adresse 2 : CRC (CNRS UAR 3224) / site LRMH (Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques).

Complément d'adresse : 29, rue de Paris. **Code postal** : 77420. **Ville** : Champs-sur-Marne.

Accès par le RER A (station Noisiel), puis bus 220 (direction Bry-sur-Marne), arrêt à « Mairie de Champs ».