



PROJET D'ACTIVITES 2022

SOMMAIRE

Perspectives et dossiers	4
Assistance scientifique et technique.....	8
Mission d'assistance scientifique et technique en conservation préventive et conservation-restauration.....	10
Accueil d'œuvres en restauration	14
Programmes de recherche	20
Programmes de recherche en cours	22
Peinture ancienne et moderne.....	22
Arts et matériaux contemporains.....	24
Peinture murale.....	25
Pierre et matériaux de construction	27
Conservation préventive et environnement	30
Prévention et traitement en matière de décontamination et de désinsectisation.....	32
Traitement en conservation-restauration.....	33
Archéométrie	34
Nouveaux programmes de recherche	36
LabCom.....	42
Plateau technique et services.....	48
Divers	52
Liste des sigles	56

Perspectives

et

dossiers

2002 – 2022 : 20 ans qu’une aventure – une ambition ? – a débuté à Marseille dans les Friches de la Belle-de-Mai, à l’initiative de l’Etat soutenu par trois collectivités territoriales, ville de Marseille, conseil régional Provence-Alpes-Côte d’Azur et conseil départemental des Bouches-du-Rhône : créer une institution dédiée à la conservation-restauration du patrimoine au service des collectivités propriétaires et des services de l’Etat en Provence-Alpes-Côte d’Azur, voire à terme pour le Languedoc-Roussillon à l’époque, ou la Corse... un centre interrégional de conservation et restauration du patrimoine : le CICRP.

Un tel anniversaire est propice à un bilan, il se fera...

Mais 2022, plus qu’un bilan, sera surtout une première page à écrire d’un autre CICRP..., induit par :

- son renouvellement : 2022 est d’abord l’année du renouvellement du GIP pour un nouveau mandat 2022-2027. Ainsi que le projet d’activités 2021 le mentionnait, il ne pouvait s’agir d’une simple reconduction comme ce fut le cas en 2007, 2012 et 2017. Le développement et l’implantation que le CICRP a connus depuis 20 ans fut permis grâce à un engagement conséquent des quatre partenaires dès 2002, sans faille. Aucune réactualisation n’avait été envisagée jusqu’à aujourd’hui. Trouver un nouveau souffle nécessitait un réengagement fort. A l’heure où ce projet d’activités est finalisé, c’est cette voie que les partenaires ont actée en augmentant la contribution au CICRP. Il s’agit d’une reconnaissance du chemin parcouru mais aussi d’une confiance, d’un encouragement et d’une demande de poursuivre ce travail, passant d’une ambition à une réalité, à gérer et à faire prospérer.
- une réorganisation potentielle : 2022, et probablement 2023, vont bénéficier de l’arrivée de nouveaux agents issus du concours d’IR ou de la mobilité, voire d’un ou deux contractuels. Celle-ci va marquer le début du remplacement progressif d’une bonne partie du personnel faisant valoir leur droit à la retraite dans les cinq ans à venir. L’accroissement du corps de scientifiques nécessite un redéploiement des agents entre le bâtiment B et des espaces disponibles dans le bâtiment A et permet de redéfinir des cohérences thématiques. Ainsi le bâtiment B ne comprendra désormais plus que le personnel scientifique lié aux équipements présents et sera regroupé en domaines : au premier étage conservation préventive-contamination biologique-matériaux pierreux, au second étage imagerie-peinture de chevalet-peinture murale-matériaux contemporains. Le bâtiment A comprendra la direction, les services administratifs et la composante « sciences humaines » avec les conservateurs et les documentalistes. Le bâtiment D restera consacré aux restaurations et à l’équipe chargée de la gestion des ateliers. Si la cohérence thématique y gagne, la cohérence fonctionnelle pourrait y perdre sans une communication, une vision globale et des liens fréquents et réguliers entre les membres de l’équipe, sous la houlette de la direction, d’autant que la mise en place du télétravail va également nécessiter un ajustement des modes de fonctionnement
- le besoin d’une réflexion à long terme : dans la perspective de moyens accrus et de la réorganisation spatiale, s’ajoutent deux autres données : le changement de direction et de manière plus générale, dans le prochain quinquennat, le départ d’agents en poste depuis le premier mandat (2002-2007). Or l’histoire du CICRP I s’est « construite en marchant » en l’absence de modèle de référence, au gré des arrivées, des compétences présentes puis d’un cadre et d’une cohérence scientifique qui se sont progressivement

installés. Le CICRP est aujourd'hui une institution implantée, avec ses missions, ses domaines de compétences, dont il faudra probablement préciser l'organigramme en prenant en compte ces changements.

2022 doit être ainsi être « en même temps » une année de bilan et d'évaluation et une année de projection et de perspective. Elle peut et doit se définir en fonction de l'expérience passée, elle doit aussi s'en extraire pour définir une politique établie sur de nouveaux moyens, un personnel progressivement renouvelé et une dynamique à amplifier. Certes il faudra toujours montrer l'efficacité et la plus-value du CICRP auprès des quatre partenaires, c'est le challenge constant dans un GIP, mais avec des bases aujourd'hui établies, des missions et des procédures claires, une inscription dans le paysage institutionnel français bien identifié.

Et les tâches et les dossiers ne manqueront pas :

- avec une assistance scientifique et technique qui verra une montée en puissance du « patrimoine bâti », dotée en 2022 de trois agents (2 IR et 1 AI) confortés par un microbiologiste, un ingénieur en conservation préventive et des outils tel que la lithothèque ou PierreSud, piloté et hébergé au CICRP, à côté de l'activité d'accueil en restauration (ateliers peintures, arts graphiques et quelques prémices pour la pierre) ;
- un développement inéluctable du numérique avec l'imagerie, la documentation et les données scientifiques : ce secteur nécessitera de nouvelles compétences. Une concertation est à mener avec le MAP* à ce sujet et s'inscrit dès 2022 dans la perspective du renouvellement du LabCom* MAP-CICRP, soumis à la validation de l'H-CERES en 2023 ;
- 2022 sera aussi l'année effective du démarrage opérationnel du programme ESPADON qui, par sa dynamique nationale et ses implications scientifiques et financières, conforte le CICRP comme centre de recherche sur le patrimoine, comme le firent en leur temps le LabCom en 2016 et l'admission à la FSP* en 2017 ;
- enfin le plateau technique esquissé en 2019 devrait prendre réellement corps avec ses formations, ses équipements et son instrumentation : plateau de vieillissement naturel, micro dôme et « arbalète » pour l'imagerie numérique, ou encore Thermo-Art et sa caméra thermique infrarouge et les logiciels d'analyses coproduits par la SATT de Reims et le CICRP.

Un « New Deal » permettant une ambition et un défi aussi grand qu'en 2002..., mais avec des bases et plus de certitudes.

* Les sigles marqués d'un astérisque sont explicités dans la liste des sigles p.56-57.

Assistance

scientifique et technique

Mission d'assistance scientifique et technique en conservation préventive et conservation-restauration

Ce volet de l'assistance scientifique et technique touche principalement les monuments historiques, immeubles et objets, et les interventions sont menées sur site. Les demandes émanent soit des conservations régionales des monuments historiques, soit de collectivités territoriales. Le CICRP assure deux types de missions :

1. Les interventions liées à la **conservation préventive**, orientées vers le diagnostic et le conseil, se déclinent dans plusieurs spécialités du CICRP :
 - conservation préventive appliquée aux collections, pour évaluer les conditions de conservation de collections afin d'orienter les institutions gestionnaires vers un ensemble de bonnes pratiques. Cette spécialité s'applique aux dispositions de bâtiments existants, ou aux critères qu'il importe de réunir dans de nouvelles installations pour garantir des conditions optimales de conservation, dans le cas par exemple de projets de nouvelles réserves ;
 - environnement-climat : opérationnel depuis 2021, ce volet s'attache au contrôle de l'humidité et du climat. Cette activité touche à la fois au bâti et aux œuvres, que ces dernières se trouvent dans un environnement monumental (édifice religieux, architecture du XXe siècle, etc.) ou muséal ;
 - biologie-entomologie, pour les infestations d'espaces, de mobiliers et de collections ;
 - pierre, en lien avec des sites ou des objets archéologiques et des collections lapidaires : axé sur des problématiques de conservation, ce volet se place le plus souvent dans le cadre de programmes de conservation (schéma directeur, plan de gestion, chantier des collections...) ;
 - décors peints, pour des problématiques de conservation spécifiques (closoirs médiévaux, enduits peints antiques).

Prévisionnel 2022

Dans le domaine de la conservation préventive, les demandes d'assistance sur l'environnement et les infestations sont adressées au CICRP soit au démarrage d'un projet, soit à l'occasion de constats de désordres : s'il est difficile d'en donner un prévisionnel en début d'année, on sait cependant qu'elles nous arrivent régulièrement. Un dossier avignonnais devrait être traité, en lien avec le réaménagement par la ville de l'hôtel de Beaumont (XVIIIe siècle), pour un diagnostic des boiseries. Un autre diagnostic entomologique est programmé dans le cloître de la cathédrale Saint-Léonce de Fréjus, pour évaluer l'état de la charpente et des closoirs.

L'année 2022 verra se poursuivre l'assistance sur les conditions de conservation d'une peinture d'Oscar Dominguez à la villa Noailles d'Hyères, œuvre réalisée en extérieur, en cours de restauration, et qui avait bénéficié en 2021 d'un accompagnement en phase d'étude préalable, pour de l'imagerie et pour un premier diagnostic de son environnement.

Pour les décors peints sur bois, le CICRP reprend son assistance sur la conservation de deux ensembles de closoirs médiévaux, dans le cloître de Fréjus et dans la maison du Viguiier de Puisserguier. Concernant le mobilier archéologique, le CICRP devrait être saisi par le CMN* d'une demande relative à des fragments de décors peints antiques provenant d'une villa voisine de l'oppidum d'Ensérune, remontés il y a plusieurs décennies en trois panneaux pour être présentés au musée du site, et actuellement en cours d'étude et de restauration en vue de la prochaine réouverture du musée. Cette première mission d'imagerie pourrait déboucher dans les prochaines années sur une participation à l'étude des autres fragments provenant de la villa.

Concernant la pierre, une étude devrait être menée à Villemartin, dans l'Aude, sur un cloître provenant de Perpignan.

Pour ce qui touche aux politiques de conservation des musées, quelques demandes sont d'ores et déjà parvenues au CICRP concernant les musées de Villefranche-sur-Mer, de Gap et des Saintes-Maries-de-la-Mer. Elles s'ajoutent à celle du château de Montauban à Fontvieille, musée dédié à Alphonse Daudet, reportée en 2021.

2. Les interventions relevant de la **conservation-restauration** sur des sites archéologiques ou géologiques, des monuments historiques, des décors monumentaux :

- la sculpture monumentale ou peinture murale, ou encore des œuvres ou collections relevant des spécialités du CICRP. Ces missions d'assistance sont liées à des projets d'intervention ou à des opérations sur monuments historiques, immeubles ou objets, et elles intéressent plusieurs spécialités du CICRP ;
- la pierre et les mortiers, pour la conservation-restauration de vestiges archéologiques en place, de maçonneries, d'élévations ou de sculpture monumentale ; dans ce cadre, l'accompagnement est plus ponctuel, et il concerne l'aide à la rédaction de cahier des charges, la formulation d'avis sur des analyses de laboratoires privés ou sur des propositions d'entreprises de restauration, et des interventions en cours de chantier. Ces demandes arrivent au CICRP régulièrement ;
- les peintures murales, sur des opérations de conservation et/ou de restauration, pour des opérations d'imagerie, à finalité documentaire en vue de suivre leur évolution dans le temps, ou d'aide à la compréhension de l'œuvre et au diagnostic, ou sur des problématiques de conservation ;
- les matériaux contemporains (XXe siècle), principalement la polychromie en architecture, sur la composition des peintures et la colorimétrie, toujours sur des édifices protégés au titre des monuments historiques.

Prévisionnel 2022

Dans les axes traditionnels de diagnostic matériaux et de conseil en conservation-restauration, les demandes font rarement l'objet d'une anticipation : les sollicitations nous sont adressées au fil des projets d'intervention. Notons cependant pour 2022 la poursuite des travaux pour la conservation des parements de la cathédrale de Fréjus, cathédrale et cloître, et une possible intervention sur la pierre de l'hôtel de Beaumont à Avignon. Le CICRP devrait également être présent en Corse sur des problématiques d'altérations de pierres et d'enduits, à Alata sur la chapelle funéraire Pozzo-di-Borgo, à Ajaccio sur la cathédrale, et à Bonifacio sur les remparts et sur les églises Sainte-Marie-Majeure et Sainte-Marie-Madeleine. En Occitanie, un suivi de la restauration du clocher de la cathédrale de Lodève est prévu, ainsi que des interventions au palais des Rois de Majorque de Perpignan, et sur le portail roman de l'église du Boulou.

L'assistance en conservation de sculpture monumentale reste un axe fort avec des interventions en Occitanie sur les sculptures du Capitole et sur les collections lapidaires du cloître des Augustins, à Toulouse, et sur les façades de l'hôtel des Invalides à Paris.

Pour la sculpture, le CICRP devrait être sollicité pour du conseil sur la conservation d'un gisant de l'abbaye de Montmajour (Bouches-du-Rhône), dont l'état de conservation est préoccupant, et sur un sarcophage antique réemployé comme fonts baptismaux dans l'église de Cadenet, dans le Vaucluse.

Certaines altérations motiveront des missions du CICRP, comme celles qui affectent une mosaïque gallo-romaine découverte sous la chapelle du château comtal de Carcassonne, en lien avec des problèmes d'humidité. Dans les mêmes problématiques, le CICRP devrait intervenir sur les maçonneries hautes de la bibliothèque Ceccano d'Avignon, altérées par des infiltrations de toiture. Ce type d'intervention intéresse également les objets mobiliers, comme le suivi du retable de la chapelle des Pénitents-Blancs d'Aigues-Mortes, en Occitanie, qui doit permettre d'évaluer un boîtier installé contre les remontées capillaires. Le traitement de ce retable, dont les conditions de conservation avaient déjà fait l'objet d'une mission en 2013, prévu en 2021, a été reporté.

Dans ce même champ des matériaux et de la conservation, la peinture murale sera présente avec les décors de l'église de Montgauch, en Ariège, pour du conseil sur les études et investigations complémentaires à mener pour affiner l'analyse des désordres et aider à la décision. La CRMH* Occitanie a également sollicité une campagne d'imagerie technique et scientifique sur les peintures murales de la maison du Sénéchal à Gourdon (Lot), qui sera réalisée en 2022, suite à un repérage préalable mené dans le Lot et le Tarn-et-Garonne en 2021 déjà en concertation avec le CICRP. Parmi les autres demandes de la CRMH, celle de la conservation des peintures de la maison Muratet à Saint-Antonin-Noble-Val a pour préalable la réalisation de travaux de sécurisation d'urgence. Pour la Corse, l'accompagnement sur deux chantiers de restauration de peintures murales est prévu, à l'église de Saint-Spiridon de Cargèse et à l'église Saint-Thomas de Castello-di-Rostino.

Enfin, parmi les projets pluriannuels en cours, citons dans le champ de l'expertise monuments historiques la participation du CICRP au comité scientifique pour la restauration des volets d'orgue de la cathédrale de Perpignan, accompagnement depuis l'étude préalable jusqu'à la restauration de cet ensemble monumental exceptionnel.

Initié en 2021, l'accueil pour étude et restauration de sculpture en pierre se poursuit. Cette assistance aura dès 2022 un prolongement au château du Bosquet à Saint-Martin d'Ardèche, où la cheminée du XVI^e siècle doit être remontée. De même, le CICRP assistera l'Académie

des Beaux-Arts pour la réalisation d'un fac-similé du portail en albâtre de la collection Ephrussi de Rothschild, conservée à Saint-Jean-Cap-Ferrat.

Les chantiers en Provence-Alpes-Côte d'Azur seront nombreux également : Marseille, Avignon, Villefranche-sur Mer, Nice....en fonction des demandes des collectivités locales et des services de l'Etat.

L'accueil de nouveaux collaborateurs au sein du pôle « pierre » du CICRP devrait ouvrir à partir de 2022 de nouvelles orientations, et notamment élargir l'activité de manière plus régulière aux études et problématiques concernant les mortiers.

Un autre axe en développement est celui de projets globaux de conservation-restauration initiés par certains sites, comme l'Académie des Beaux-Arts à la villa Ephrussi de Rothschild à Saint-Jean-Cap-Ferrat, qui s'engage dans un important chantier des collections : les premières étapes de la collaboration du CICRP concerneront une assistance sur la lutte contre les insectes infestant les tapisseries et du conseil sur la conservation des collections lapidaires. Un troisième volet intéressera les sculptures en albâtre de la collection. On peut également intégrer à ce cadre les projets du CMN cités plus haut, concernant en 2022 la mosaïque romaine et, à une échéance plus longue, les collections lapidaires de la cité de Carcassonne, ainsi que le site d'Ensérune, pour des marbres et des enduits peints. Ces derniers dossiers confirment l'importance grandissante de l'archéologie dans l'activité du CICRP, un développement qui correspond à une évolution similaire de la recherche, l'étude des décors peints antiques d'Ensérune bénéficiant, par exemple, des acquis du travail mené sur les fragments d'enduits peints de la maison de la Harpiste située sur le site de la Verrerie d'Arles. Ces différents projets sont liés à un réaménagement des collections et des parcours de visite.

Conclusion

Certaines tendances se confirment, avec comme caractères principaux le maintien des demandes de la CRMH Occitanie. L'activité avec certains partenaires, comme le CMN, se structure et s'intensifie. Elle tend également à s'élargir géographiquement, grâce notamment à ce dernier dont les sites sont répartis sur tout le territoire du grand sud-est. Ainsi, une intervention sur les collections lapidaires de Cluny pourrait-elle voir le jour. Enfin, de par l'élargissement de son panel de compétences en conservation préventive, le CICRP est désormais plus sollicité sur des programmes de conservation.

Il a été déjà souligné combien la qualité et la régularité des échanges avec les responsables des œuvres étaient un gage de réussite pour nos interventions. Plus précisément, la réunion de prise de contact et de connaissance du dossier sur site est à cet égard un moment clef de notre mission, et il importe que les personnes intéressées à la conservation et à la restauration de l'œuvre (architecte, restaurateur, responsable de site ou d'institution, référent CRMH) puissent être présentes. L'implication de nos interlocuteurs lors du premier contact, de la formalisation des demandes, et de la transmission des éléments nécessaires à une bonne appréhension des problématiques en jeu, gage de l'adéquation des réponses du CICRP, s'améliore régulièrement.

Ce développement d'un suivi, d'une collaboration riche et d'un prévisionnel ciblé est dû à la politique partenariale et contractuelle initiée par le CICRP depuis plusieurs années.

Les liens sont aussi étroits avec les instances en région Provence-Alpes-Côte d’Azur, territoire de prédilection du CICRP. Les procédures plus légères et une réactivité plus immédiate, en raison de la proximité des lieux, permettent un prévisionnel plus souple, plus aisé à énoncer dans un bilan que dans un projet d’activités.

Accueil d’œuvres en restauration

La prolongation de la crise sanitaire sur l’année 2021 a entraîné un report des demandes d’accueil prévues en 2020 à la fin d’année 2021 ou pour l’année 2022. Du fait de ces reports, les perspectives d’activité restent ambitieuses pour 2022. Certaines œuvres ont été accueillies dans le courant du second semestre 2021, et seront traitées en études préalables ou en restauration l’année prochaine. Des dossiers d’imagerie ont déjà pu être constitués en prévision du plan de charge de 2022.

Pour les monuments historiques, deux dossiers importants émergent : un souhait de la ville de Marseille de programmer la restauration de tableaux d’églises classés au titre des monuments historiques et la préparation d’une exposition Jean Daret (1614-1668) par le musée Granet d’Aix-en-Provence fin 2024.

La ville de Marseille a sollicité le CICRP pour l’aider, en relation avec la CRMH Provence-Alpes-Côte d’Azur, à travailler sur la mise en place d’un programme pluriannuel de restauration des tableaux des églises de la ville classés au titre des monuments historiques. Un tel programme concerne une quinzaine d’églises et une quarantaine de tableaux. Une approche méthodologique doit être proposée pour établir un cahier des charges et juger des prévisions financières du projet.

Par ailleurs, le projet d’exposition Jean Daret va impliquer douze villes des départements des Alpes-Maritimes, des Bouches-du-Rhône, du Var et du Vaucluse. Elles vont solliciter le CICRP, dès 2022, en coordination avec la CRMH et le musée Granet pour la programmation des restaurations de plus d’une vingtaine d’œuvres sélectionnées.

En outre, les villes d’Antibes Juan-les-Pins, d’Aix en Provence, d’Eguilles, de Châteaurenard, de Cadenet et de Draguignan ont souhaité bénéficier de l’assistance du CICRP.

Les musées de Menton avec le Palais de Carnolès et le musée Cocteau, la bibliothèque-musée Inguimbertaine de Carpentras, le musée des Beaux-Arts de Marseille, le musée Chéret de Nice et le musée Bonnat-Helleu de Bayonne s’inscrivent également dans les temps forts de cette prévision 2022.

Le nombre prévisionnel de nouveaux dossiers concerne principalement la région Provence-Alpes-Côte d’Azur et la région Nouvelle-Aquitaine avec au moins 116 nouveaux biens culturels tous départements confondus, contre une prévision de 108 tableaux en 2021. Se poursuivront en 2022, les restaurations des 89 œuvres en cours d’intervention ou d’études préalables commencées avant ou en 2021.

Sans préjuger de la fin de la restauration des œuvres avec fiabilité, il est possible d’estimer que plus de 80 d’entre-elles se termineront dans le courant de l’année. Cette perspective est plutôt rassurante pour la gestion des flux d’œuvres annuels au sein du CICRP et la prévision d’accueil d’œuvres relatives aux programmes de restauration de l’exposition Jean Daret, de la suite à donner à l’arrivée des œuvres du musée Bonnat-Helleu de la ville de Bayonne et des demandes qui pourront arriver en cours d’année.

Les très grands formats devront faire l'objet d'une attention particulière pendant deux ans et demi en raison de l'utilisation de la fosse pour la restauration du Nicolas Mignard, commandé en 1645 pour le maître-autel de la cathédrale de Nîmes et terminé en 1647. Sa restauration doit débiter au début de l'année 2022.

Restaurations prévues pour 2022 et dont certaines œuvres sont arrivées en 2021

Pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Œuvres classées au titre des monuments historiques (27 biens culturels) :

- **Peinture (26 tableaux)**

- Pour le département des Alpes Maritimes, l'étude préalable de *La Vierge du Rosaire* de Louis Bréa de la municipalité d'Antibes Juan-les-Pins arrivée au CICRP en septembre 2021 et dont le souhait de restauration remonte à 2019 ;
- Pour le département des Bouches-du-Rhône, 7 peintures de Jean Daret provenant de l'église de la Madeleine, des chapelles des Andrettes et de la Consolation de la municipalité d'Aix-en-Provence et 2 autres de Simiane-Collongue, dans le cadre de la préparation de l'exposition éponyme du musée Granet programmée pour 2024-2025, 7 peintures de l'église Saint-Julien d'Eguilles ;
- Pour le département du Vaucluse, les 3 derniers tableaux de Christophe Delpech (4.73 m x 3.43 m pour deux d'entre-eux), provenant du chœur de l'ancienne cathédrale d'Apt, portant sur le cycle de *La Vie de la Vierge* qui poursuivront le cycle engagé en 2018 comprenant en tout neuf compositions, ainsi que *La Sainte Famille avec sainte Anne* de Jean Daret de 3.80 m x 2.40 m. Pour l'église Saint-Eloi de Chateaurenard, 2 peintures, une de Nicolas Mignard et une autre de Pierre II Mignard ; la municipalité de Cadenet avec *Saint Denis* de l'aixoïis Gilles Garcin et une peinture de Nicolas Mignard ;
- Pour le département du Var, la ville de Draguignan, avec un retable attribué à Louis Bréa provenant de l'église Notre-Dame-du-Peuple.

- **Pierre**

Pour le département des Alpes-Maritimes, un portail en albâtre catalan de la fin du XVe siècle, acquis par Béatrice Ephrussi de Rothschild pour la villa de Saint-Jean-Cap-Ferrat. L'étude portera sur l'origine de l'albâtre, sa conservation et l'assistance sur un moulage des parties sculptées pour réaliser un fac-simile.

Œuvres de musées (89 biens culturels) :

• Peinture (75 tableaux)

- Pour le département des Alpes Maritimes, 6 tableaux du Palais de Carnolès, musée des Beaux-arts de la ville, et 9 tableaux du musée Cocteau de Menton. Pour le musée Chéret de Nice, 6 petits panneaux du *Retable de Sainte Marguerite*, provenant de l'église de Lucéram dont le panneau principal est toujours en place sur le maître-autel. Ils ont été intégrés à la collection du musée Chéret à la suite de leur acquisition auprès d'une collection privée en 1882 ;
- Pour le département des Bouches-du-Rhône, pour la ville de Marseille, 11 tableaux du musée des Beaux-Arts et 3 peintures pour le musée Granet d'Aix-en-Provence ;
- Pour le département de Vaucluse, 40 nouveaux tableaux de la bibliothèque-musée Inguimbertaine de la ville de Carpentras. Cette série d'œuvres clôturera le programme de restauration lié au transfert de la bibliothèque-musée vers l'Hôtel-Dieu, engagé depuis plusieurs années.

• Art Graphique

Une gouache attribuée à Paul Cézanne pour le musée Granet d'Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône).

• Sculpture

Pour les Bouches-du-Rhône, l'*Expansion* n°24 de César du Musée d'Art Contemporain de Marseille (MAC), L'œuvre ne viendra pas au CICRP mais une assistance scientifique à la restauration, en partenariat avec le C2RMF*, est programmée pour la définition du cahier des charges de la restauration et des études scientifiques.

Pour la région Nouvelle-Aquitaine

En 2022 doit s'accomplir la restauration de 12 œuvres du musée Bonnat-Helleu sur une programmation de 50 tableaux à restaurer sur 4 ans. Après leur arrivée en juillet 2021, les dossiers d'imagerie ont pu être constitués pour les fournir aux restaurateurs, dans le cadre des aller-voir du marché public, fixés au mois d'octobre 2021.

Œuvres ayant fait l'objet d'au moins une étude préalable avant ou en 2021, dont l'engagement financier devrait avoir lieu en 2022, et œuvres dont la restauration a été engagée en 2021 ou devrait l'être en 2022

Pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Œuvres classées au titre des monuments historiques (36 biens culturels) :

- **Peinture (35 tableaux en raison du nombre de panneaux du retable de Ronzen)**

- Pour le département des Alpes-Maritimes, 1 peinture sur bois, *La Vierge de Miséricorde* des Pénitents noirs de Nice, arrivée en 2018 pour une étude préalable et dont le marché est toujours en attente de notification. La restauration de *La Piéta* de Louis Bréa du monastère de Cimiez de la ville Nice ;
- Pour le département des Bouches-du-Rhône, 2 œuvres dont une de Michel Serre de 4.00 m x 3.00 m, provenant de l'église des Milles pour Aix-en-Provence, venues en 2020 pour étude préalable ; 1 œuvre de la mairie d'Eyguières, après étude préalable terminée ; 1 grande peinture de Pierre Bainville, *L'Annonciation* (4.84 m x 3.04 m), provenant de l'église Saint-Genest de Martigues, présente au CICRP depuis 2017 et dont le marché public est prévu pour l'année 2022 ;
- Pour le département du Var, 1 peinture provenant de l'église Saint-Paul d'Hyères représentant *La vision de Saint Paul*, présente au CICRP depuis plusieurs années et dont le marché relatif à la restauration a été reporté à la fin de l'année 2021, et le retable du *Corpus Domini* d'Antoine Ronzen de la basilique de Saint-Maximin, composé de 21 panneaux, dont l'étude préalable s'est terminée en septembre 2021. L'assistance scientifique s'est montrée précieuse pour répondre aux interrogations liées à l'histoire matérielle de l'œuvre. *Le Vœu de Louis XVI* de Carlo Maria Viganoni (1818) (4.40 m x 3.06 m), classé au titre des monuments historiques, et inscrit aux inventaires du musée des Beaux-Arts de Draguignan ;
- Pour le département du Vaucluse, 5 tableaux de Nicolas Mignard du chœur de l'église Notre-Dame-et-Saint-Véran de Cavaillon. Leur restauration permettra de compléter l'étude sur la technique du peintre conduite sur les œuvres de Nicolas Mignard restaurés au CICRP depuis quelques années. Enfin une œuvre de Nicolas Mignard de l'église de Bonnieux.

- **Sculpture**

Une *Vierge de Pitié*, classée au titre des monuments historiques, statue en bois polychrome du XVI^e siècle de Saint-Rémy-de-Provence qui a fait l'objet d'un dossier scientifique avec radiographie et d'une étude scientifique. L'étude préalable s'est prolongée en 2021.

Œuvres de musées (45 biens culturels) :

• Peinture (43 tableaux)

- Pour le département de Vaucluse, 2 peintures Qadjar commencées en 2020 et 40 tableaux de la bibliothèque-musée Inguimbertaine de Carpentras sur les 70 commencés courant 2021.
- Pour le département du Var, *Le Vieux port de Marseille* (1910) de Louis Nattero (1.95 m x 4.50 m) de la municipalité de Brignoles.

• Art graphique

Pour la ville de Carpentras, la mise en conservation et le conditionnement de deux dessins de grand format, roulés et contrecollés sur un support de toile, dont l'étude préalable a été réalisée en 2019 : un carton de Alexandre Cabanel, *Le mois de février* pour le décor de l'hôtel de ville de Paris et un autre de Joseph Blanc pour *La bataille de Tolbiac*, exécuté au Panthéon.

Pour la région Auvergne-Rhône-Alpes (AuRA)

- Une peinture représentant *La résurrection de Lazare*, Anonyme fin XVe, provenant de la commune d'Usson dans le Puy-de-Dôme, dont l'étude préalable sera terminée fin 2021 ;
- Poursuite de l'étude de cheminée sculptée provenant du château du Bosquet à Saint-Martin d'Ardèche, composé de 78 blocs de la fin du XVIe siècle. Les blocs sont en cours d'étude (mission pierre et imagerie), à la fois pour comprendre la matérialité de l'œuvre originale et ses transformations, ainsi que pour sa conservation.

Pour la région Occitanie

Œuvres classées au titre des monuments historiques

- Début de la restauration de *L'Assomption de la Vierge* de Nicolas Mignard commandée en 1645 pour la cathédrale de Nîmes et dont le marché public a été engagé. La restauration commencera au début de l'année 2022 ;
- Poursuite de la restauration du tableau de Giovanni Batista Carlone, *La Fuite en Egypte* de la cathédrale Saint-Pierre de Montpellier (3.50 m x 3.00 m), dont l'étude préalable a été conduite en 2020.

Œuvres de musées

Finalisation de l'étude préalable de 4 grands tableaux d'Hubert Robert du musée Fabre de Montpellier, classés au titre des monuments historiques, de 3.00 m x 2.15 m chacun. Ils décoraient l'hôtel Montcalm, de son ancien nom hôtel du Quartier Général, à Montpellier. Les imageries en radio et en réflectographie montrent des changements de composition importants pour deux peintures et même un réemploi de toile pour l'une d'entre-elles.

L'étude préalable demande des analyses complexes de la matière pour tenter de faire la part entre les retouches et l'original. Seulement deux tableaux devront faire l'objet d'une restauration dans les années à venir.

Programmes

de

recherche

PROGRAMMES DE RECHERCHE EN COURS

Peinture ancienne et moderne

✓ **La technique picturale de Louis Bréa à travers l'étude des retables fin XV^e-début XVI^e conservés en région PACA**

Début du programme : 2018

CICRP : Fanny Bauchau, Emilie Hubert-Joly, Jean Fouace

Partenariat(s) : CRMH PACA, ville de Nice

La restauration au CICRP de plusieurs retables du peintre niçois Louis Bréa (actif entre Toulon et Gênes, de 1475 à 1523) constitue une occasion unique d'étudier la technique picturale de cet artiste, inspiré des courants de Provence et d'Italie, et dont l'évolution stylistique constitue un trait d'union entre tradition gothique et innovation de la Renaissance. Il s'agit, à travers la caractérisation matérielle et l'étude historique de la technique de Louis Bréa, de mieux comprendre les évolutions de sa production, de replacer et d'analyser l'influence du peintre dans les réseaux alpins et méditerranéens des XV^e et XVI^e siècles.

Entre 2016 et 2018, l'étude de la technique originale du *Retable de la Crucifixion*, œuvre majeure de l'artiste conservée au monastère de Cimiez de Nice, a constitué la première étape de ce projet. La réalisation d'un dossier d'imagerie scientifique 2D et 3D et d'analyses de la matière, au cours de l'étude préalable puis de la restauration, a permis la caractérisation de la technique de l'artiste, des différentes mises en œuvre des dorures ainsi que l'étude du support bois. En 2018 et 2019, des études scientifiques réalisées dans le cadre de l'étude préalable du retable de *La Vierge de la Miséricorde* de la chapelle de la Miséricorde à Nice, et de la restauration du retable de la Collégiale Saint-Pierre de Six-Fours-les-Plages, ont enrichi la connaissance matérielle du corpus.

En 2020 et 2021, une première caractérisation du retable de *La Pietà*, conservé au monastère de Cimiez, a été menée lors de l'étude préalable à sa restauration.

Ces résultats seront complétés par la poursuite de l'étude des retables de *La Vierge de la Miséricorde* et de *La Pietà* lors de leurs restaurations, qui devraient avoir lieu en 2022.

A cela s'ajoutera l'étude du retable de *Notre-Dame du Rosaire*, d'Antibes Juan-les-Pins, et de plusieurs panneaux provenant du retable de *sainte Marguerite* de Lucéram conservés au musée Chéret de Nice, dont l'arrivée est prévue au CICRP en 2022.

✓ **La technique picturale de Nicolas Mignard d'Avignon (1606-1668)**

Début du programme : 2020

CICRP : Fanny Bauchau, Emilie Hubert-Joly, Jean Fouace

Partenariat(s) : CRMH PACA

Nicolas Mignard est un peintre d'origine troyenne, installé à Avignon au début des années

1630. Doté d'une culture italienne et française, il fait une brillante carrière au service de mécènes et de l'Eglise. Un grand nombre de ses tableaux sont conservés dans les églises d'Avignon et de sa région, et il est aujourd'hui considéré comme un artiste majeur de la peinture du XVII^e siècle en Provence.

En 2018 et 2019, quatre tableaux de cet artiste ont été restaurés au CICRP (l'un provenant de l'église Saint-Denys de Châteaurenard et trois de la cathédrale Notre-Dame-des-Doms d'Avignon).

Ces opérations ont été l'occasion d'étudier en détail la technique picturale de l'artiste (préparation, palette).

En 2022, des œuvres de Nicolas Mignard, provenant notamment de Nîmes, de Cavaillon, de Bonnieux, prévues en restauration, seront analysées d'un point de vue matériel afin d'élargir le corpus d'étude.

✓ Etude des pigments laqués employés dans la peinture de chevalet

Début du programme : 2019

CICRP : Fanny Bauchau

Partenariat(s) : Laboratoire scientifique et technique de la BnF*, François Perego (chercheur indépendant)

Les pigments laqués furent très largement utilisés dans la peinture de chevalet, notamment pour leur propriété de transparence dans les glacis à l'huile. Ils sont obtenus par fixation d'un colorant organique sur un substrat, généralement inorganique et incolore. Les plus anciens sont synthétisés à partir de colorants naturels issus de matières végétales ou animales.

La caractérisation d'un pigment laqué passe par celle du substrat et du colorant qui le composent. Si l'analyse du substrat peut être effectuée par des techniques dont dispose le CICRP, la technique de choix pour l'identification du colorant est la chromatographie liquide à haute performance (HPLC), non disponible au laboratoire.

Parallèlement à ce travail analytique, une collaboration a été initiée avec François Perego afin d'expérimenter des recettes de fabrication de certains pigments laqués décrites dans des traités anciens (XV^e siècle). Ces pigments pourront être comparés à ceux rencontrés sur les œuvres du Moyen Age et de la Renaissance.

En 2022, il est prévu de réaliser les expérimentations qui n'ont pu être menées en 2020-21, à savoir la poursuite des essais d'analyse des colorants au laboratoire de la BnF, sur des échantillons de référence afin de valider la méthode d'extraction la plus efficace. Des échantillons provenant d'œuvres étudiées au CICRP seront ensuite analysés.

✓ Diagnostics non destructifs des peintures sur bois

Début du programme : 2017

CICRP : Nicolas Bouillon, Emilie Hubert-Joly

Partenariat(s) : Laboratoire GRESPI*/ECATHERM* Université de Reims, MAP-GAMSAU*, François Duboisset (restaurateur)

La conservation des peintures sur bois reste aujourd'hui une problématique particulièrement complexe, a fortiori pour les œuvres conservées dans les monuments historiques qui subissent régulièrement d'importantes variations climatiques. Les changements de température, mais surtout d'humidité dans l'environnement des œuvres et à l'intérieur du support bois, peuvent engendrer des déformations et mener à des désordres structurels importants et par conséquent, à une dégradation parfois irréversible de la couche picturale.

Dans ce contexte, les nouvelles techniques de diagnostic non destructif (imagerie multi-spectrale, techniques interférométriques, suivi des déformations par photogrammétrie ou par capteurs déformométriques...) sont de plus en plus utilisées, pour la caractérisation et le suivi de l'évolution des altérations.

Nous développons dans ce programme trois axes principaux basés sur la mise au point de nouveaux outils pour la documentation et le diagnostic en conservation-restauration :

L'adaptation de la plateforme d'annotation sémantique spatialisée en 3D Aïoli au besoin de la conservation-restauration des peintures du patrimoine mobilier (cf p.44),

L'évaluation de l'apport de thermographie infrarouge stimulée pour la caractérisation des altérations structurelles des peintures sur bois (cf p.50),

La détection et l'étude des variations dimensionnelles des œuvres sur bois soumises à des contraintes thermo-hygrométriques, par des capteurs de déformation (cf p.50).

Dans le cadre de l'étude préalable à la restauration du retable de la Résurrection de Lazare, conservé dans l'église Saint-Maurice d'Usson (Puy-de-Dôme), une collaboration a été amorcée en 2021 avec François Duboisset, restaurateur en charge de l'étude, autour de l'utilisation de capteurs piezzo-électriques pour la détection et le suivi des changements dimensionnels de l'œuvre en fonction des variations thermo-hygrométriques. En 2021, le CICRP a acheté quatre capteurs afin de collaborer à la mise au point d'un protocole d'utilisation adapté aux besoins de diagnostic et de suivi des peintures sur bois.

En 2022, une série de tests en laboratoire seront réalisés afin de mettre au point le protocole de pose des capteurs (collage, positionnement etc.) et d'évaluer leur performances (précision, reproductibilité etc.) sur des supports plus ou moins réactifs aux variations thermo-hygrométriques.

Arts et matériaux contemporains

En raison d'une absence longue maladie d'Alain Colombini, certains programmes consacrés aux Arts et matériaux contemporains sont momentanément suspendus.

Seul a été poursuivi :

✓ **Le Corbusier : étude du processus de création et de la matérialité de l'œuvre**

Début du programme : 2017

CICRP : Alain Colombini, Fanny Bauchau, Ludovic Antonelli

Partenariat(s) : Fondation Le Corbusier, DRAC* Nouvelle Aquitaine

En 2016, le CICRP et la Fondation Le Corbusier ont décidé par convention de mener une collaboration autour de la documentation et des matériaux picturaux utilisés par Le Corbusier artiste.

Cette recherche est axée sur les composantes picturales présentes dans les œuvres artistiques et architecturales sous l'angle de leur utilisation, leur altération et leur conservation-restauration.

Plusieurs thématiques de travail ont été mises en œuvre :

- études des matériaux et produits utilisés par Le Corbusier dans son œuvre picturale et issus de son atelier,
- création d'une matériauthèque et d'une base de données de gestion interne des matériaux originaux de l'artiste conservés par la Fondation Le Corbusier,
- étude des sources bibliographiques, voire archivistiques, et confrontation de ces données,
- enquête menée auprès de fabricants de peinture, dépouillement et analyses des archives et documents liés aux opérations de restauration menées sur des œuvres architecturales et artistiques de Le Corbusier,
- dépouillement et analyses des archives et documents liés à des recherches entreprises par des chercheurs étrangers, et des chantiers de construction de Le Corbusier (Marseille, Roquebrune-Cap-Martin, Pessac, Corseaux (Suisse), appartement-atelier (Paris, Montreuil, La Courneuve)).

En 2021, le travail d'analyse (caractérisation physico-chimique), initié en 2019-2020, a été poursuivi sur les échantillons disponibles, notamment provenant d'une palette de Le Corbusier.

En 2022, les résultats de ces analyses seront restitués à la Fondation et, dans la mesure du possible, corrélés à ceux obtenus et/ou publiés sur des œuvres réelles.

Peinture murale

✓ **Thermographie infrarouge stimulée appliquée à la conservation des peintures murales**

Début du programme : 2008

CICRP : Jean-Marc Vallet, Odile Guillon

Partenariat(s) : Université de Reims Champagne-Ardenne, MAP-ARIA*

Depuis 2008, le CICRP développe des travaux visant à l'optimisation de la thermographie infrarouge pour la recherche, la caractérisation de la nature des défauts non visibles affectant les peintures murales et leur support, ainsi que la quantification volumétrique et la détermination de la profondeur d'apparition.

Ces travaux ont en particulier conduit le CICRP, sur proposition de l'Université de Reims et de la SATT Hauts-de-France/Grand Est, à participer à la réalisation d'un outil (Thermo-Art)

transportable destiné aux professionnels de la conservation pour faciliter des diagnostics d'altération de surface sur le patrimoine immobilier et mobilier (2018-2021) (cf p.50)

✓ **Origine et conservation des terres utilisées comme pigments en peinture murale**

Début du programme : 2016

CICRP : Jean-Marc Vallet

Partenariat(s) : CINaM*

Suite aux travaux menés d'une part dans le cadre d'un programme sur les préparations rouges à l'ocre des peintures de chevalet entre 2006 et 2011 et d'autre part, du travail sur le rôle des argiles dans la dégradation des molasses de 2011 à 2013, il est apparu que :

- il était possible de tracer l'origine des terres utilisées comme pigments,
- la présence de feuillets gonflants dans le cortège minéralogique argileux semblait être à l'origine de la dégradation en plaque de la molasse du Midi.

Les objectifs de la recherche sont de déterminer, pour les ocres rouges, les ocres jaunes et les terres vertes, dans quelle mesure il est possible de retrouver l'origine du pigment. Par ailleurs, il est généralement difficile de différencier la glauconite de la céladonite pour les terres vertes et de déterminer si l'hématite d'une ocre rouge est d'origine naturelle ou non.

En 2022, il est prévu de réaliser les expérimentations qui n'ont pu être menées en 2020-21, à savoir des caractérisations de terres vertes de différentes origines, afin de tester et valider la méthode de caractérisation et de différenciation basée sur l'utilisation de techniques comme la diffraction des rayons X, la microscopie électronique à transmission.

✓ **Compréhension des mécanismes de noircissement des pigments à base de plomb et/ou mercure en peinture murale et détermination de techniques de conservation**

Début du programme : 2018

CICRP : Jean-Marc Vallet, Odile Guillon

Partenariat(s) : CINaM, Musée de l'Arles Antique, Emilie Checroun (restauratrice)

Suite à plusieurs demandes pour comprendre les mécanismes de noircissement affectant des couches picturales rouges, cette thématique de recherche, déjà abordée par le CICRP dans le passé, a été reprise. En effet, des noircissements affectant les peintures murales de l'église de Saint-Germain-des-Prés (Paris) et de la villa Laurens à Agde ont été observés. Une étude a notamment été menée à la fin de l'année 2017 et au courant du 1^{er} semestre 2018 sur les décors peints de l'église de Saint-Germain-des-Prés (L. Boulogne, Master de Conservation-Restauration des Biens culturels de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne) mais n'a pu permettre de montrer quelle était la nature de la phase noire visible dans la couche rouge faite d'un mélange de pigments (en particulier, minium et vermillon). Par ailleurs, les archéologues et restauratrices du musée de l'Arles Antique se sont inquiété de l'apparition de noircissements de la couche picturale rouge sur des peintures murales en cours de dégagement

lors des fouilles de La Verrerie (Arles) et lors de l'exposition au sein du musée. Ils mènent en collaboration avec le CICRP et maintenant avec Aslé Conseil, des essais afin de mieux comprendre le noircissement et ses conséquences en termes de conservation et restauration de ces peintures murales antiques.

En 2022, vont être réalisées les expérimentations qui n'ont pu être menées en 2020-21, à savoir la poursuite de la caractérisation de ces noircissements par microdiffraction des rayons X et analyse de coupes FIB en microscopie électronique à transmission, notamment.

✓ **Reconvert : reconversion par irradiation laser de pigments anciens dégradés**

Programme : 2021-2022

Financé par la FSP

CICRP : Jean-Marc Vallet

Partenariat(s) : C2RMF, CINaM, CEA*

Un grand nombre de pigments inorganiques des biens culturels sont sujets dans le temps à des dégradations chromatiques considérées comme irréversibles. La majorité des travaux de recherche menés sur ce sujet porte sur la compréhension des mécanismes mis en œuvre. Les études sur une possible reconversion, comme le traitement, chimique, du blanc de plomb noirci ou, physique par action photonique, du minium noirci sont plus rares. Cette dernière technique présente un potentiel intéressant en matière de conservation. Le projet Reconvert propose une approche expérimentale combinant des sources laser continues de différentes longueurs d'onde et un changement local de l'environnement, afin de maîtriser la réaction physico-chimique envisagée. Les possibilités de reconversion de pigments à base de plomb, mercure, dégradés, seront examinées pour le cas des peintures murales, sensibles à ces dégradations et pouvant être affectées sur de grandes surfaces.

Les travaux menés en 2020-21 ont démontré que la reconversion directe de la plattnérite en blanc de plomb n'était pas faisable. Toutefois, il devrait être possible de former de la cérusite ou de l'hydrocérusite (composants du blanc de plomb) à partir de plattnérite (noire), en formant du PbO comme espèce intermédiaire.

Par ailleurs, la complexité des processus de noircissement du cinabre a amené à la mise en place d'un protocole de vieillissement artificiel. Ces résultats ont conduit à déposer un projet complémentaire "Reconvert-2", regroupant les mêmes équipes, avec la collaboration d'autres chercheurs du CEA et du C2RMF, qui a été accepté pour financement sur 1 an par la FSP.

En 2022, les travaux vont continuer dans le cadre de Reconvert-2 avec un nouveau contrat postdoctoral d'une durée d'un an.

Pierre et matériaux de construction

✓ **Conservation des temples et tombes égyptiens**

Programme : 2017-2022

Financé par l'IFAO*

CICRP : Philippe Bromblet, Jean-Marc Vallet, Emilie Hubert-Joly

Partenariat(s) : Musée du Louvre, LRMH*, C2RMF, CSTB*, Fondation Khéops, Université de Montpellier II (hydrogéologie), IFAO (porteur, Le Caire)

Sollicité par le musée du Louvre (département des antiquités égyptiennes, DAE) et la Fondation Khéops, le CICRP avait participé en 2017 à deux missions d'expertise sur deux tombes (nécropole de Tanis et TT33 à Louxor). Ces missions ont été le point de départ d'une série d'études sur les matériaux de l'Égypte antique et de leur conservation en collaboration avec le DAE, l'IFAO et la Fondation Khéops.

Un ambitieux programme de conservation et de valorisation du site de Tanis a obtenu un financement sur 2 ans, 2019 et 2021 (FSPI*, Ministère de l'Europe et des Affaires Étrangères), dans lequel le CICRP s'est engagé pour apporter son expertise aux études (hydrogéologique, en conservation, couverture photographique 3D...) et dans les interventions prévues (réalisation d'abris, mise en place d'un pompage de rabattement de la nappe phréatique, essais de restauration des peintures...).

Le programme a été prolongé jusqu'à fin 2022, les missions prévues dans la seconde moitié de l'année 2021 ayant dû être annulées.

En 2022, des missions sont prévues d'une part à Louxor, pour suivre l'évolution la stabilité des parois peintes de la tombe TT33 depuis la mise en place d'une ventilation, et d'autre part à Tanis pour compléter l'imagerie scientifique commencée en février 2020, encadrer le lancement de la numérisation 3D des décors de la nécropole par un prestataire et compléter l'étude des décors peints (pigments, liant, altération) à l'intérieur des tombes.

L'activité de conseil sur le projet de construction d'un abri couvrant les nécropoles et la conception d'un dispositif de rabaissement de la nappe par pompage se poursuivra par ailleurs.

✓ **Watertraces (Water Traces between Mediterranean and Caspian Seas before 1000 AD: From Resource to Storage)**

Programme : 2018-2022

Associé au programme financé par la Fondation A*Midex

CICRP : Philippe Bromblet, Vincent Mercurio (jusqu'à fin 2020)

Partenariat(s) : Centre Camille Jullian, LaMPEA*, CEREGE, Centre Jean Bérard, Centre d'Etudes Alexandrines, Université de Mayence, Université de Turin

Ce programme a démarré en 2018 suite à un appel à projets interdisciplinarité de la Fondation A*Midex. Il s'intéresse aux modalités de gestion de l'eau dans le monde méditerranéen antique. Il vise à montrer comment les sociétés antiques ont pris en compte les ressources abondantes, ou au contraire rares, ont développé des techniques/matériaux et des architectures hydrauliques spécifiques et ont cherché à pérenniser les ressources et leur approvisionnement. Le projet, qui associe des disciplines archéologiques et environnementales, s'articule en 3 axes principaux :

1. Se procurer l'eau : l'état de la ressource,

2. Stocker l'eau : l'étude des mortiers hydrauliques,
3. Perdre l'eau ? Les concrétions, les risques sismiques, les vicissitudes naturelles des aménagements hydrauliques.

Le CICRP intervient dans l'axe 2 pour l'étude des matériaux hydrauliques des sites sélectionnés (ville de Solunto et l'aqueduc de Galermi à Syracuse, Sicile, Pompéi, Cumae, champs Phrégiens, Apulia, Locri Epizephyrii, en Calabre, Loron et Santa Marina en Istrie, Croatie, Alexandrie, Egypte, Marneuli en Géorgie, site de Nîmes, etc.).

Une chercheuse contractuelle, Sarah Boularand, a été recrutée par l'Université AMU* à partir du 1^{er} octobre 2019 pour réaliser les analyses des mortiers au CICRP et un étudiant croate, Viktor Cudoski, a réalisé l'étude des mortiers du site de Santa Marina dans le cadre de son stage de Master 2. Une base de données a été créée pour archiver les résultats des analyses.

2022, année de clôture du projet, sera consacrée à la rédaction des derniers rapports d'analyse, d'un article, soumis à une revue d'archéométrie pour publication, et à l'entrée des données dans la nouvelle base.

✓ **MAP4D — Caractérisations multiphysiques et modélisations multi-échelles pour évaluer les processus d'endommagement des matériaux poreux du patrimoine bâti dus aux sels**

Programme : 2020-2023

Financé par la FSP

CICRP : Philippe Bromblet

Partenariat(s) : CICRP, GEC* (Cergy université), L2MGC* (Cergy université)

L'altération par les sels solubles est considérée comme un des phénomènes majeurs de dégradation du patrimoine bâti à travers le monde.

MAP4D vise d'une part, à améliorer les connaissances des micro-mécanismes d'endommagement au sein des matériaux poreux du patrimoine bâti, et d'autre part, à développer des modèles prédictifs des impacts des sels sur les propriétés de durabilité des matériaux, en fonction des conditions environnementales et des propriétés propres des sels et des milieux poreux en question. La méthodologie est multi-échelle et combine des caractérisations et des mesures 2D et 3D in situ durant les processus d'altération, ainsi que des modélisations numériques 3D permettant d'interpréter les résultats à différentes échelles. Le CICRP apportera son expertise sur la connaissance des matériaux du patrimoine et sur l'analyse des phénomènes de dégradation liés à l'action des sels solubles dans le patrimoine bâti.

L'année 2022 verra la poursuite des expérimentations et des analyses (microRaman, AFM, MEB/EDS...) menées au GEC sur des carottes de pierre salinisées.

✓ **Evaluation des moyens de lutte contre les remontées capillaires : étude des protocoles et suivi de l'efficacité des traitements innovants des remontées capillaires dans les structures maçonnées**

Début du programme : 2020

CICRP : Philippe Bromblet, Nicolas Bouillon

Partenariat(s) : CRMH Occitanie

Les remontées capillaires constituent l'un des principaux phénomènes d'altération des structures maçonnées. Parmi les nombreuses techniques développées pour traiter ce phénomène (drainage, injection de bouche-pores/hydrofuges), de nouveaux dispositifs font aujourd'hui l'objet d'un intérêt grandissant dans le domaine de la conservation du patrimoine bâti. C'est le cas des dispositifs électrocinétiques utilisant l'effet des ondes électromagnétiques sur les molécules d'eau (électro-osmose passive et active) ou du dispositif Murtronic® qui visent à empêcher, voire assécher les remontées capillaires dans les structures maçonnées.

Le CICRP a récemment été sollicité par la CRMH Occitanie pour suivre la mise en place et évaluer l'efficacité des dispositifs électrocinétiques envisagés pour le traitement des remontées capillaires, qui constituent la principale cause de dégradation du retable du couvent des Pénitents Gris d'Aigues-Mortes (Gard).

L'imagerie infrarouge pourra également être utilisée pour cartographier l'étendue des remontées capillaires. Une étude climatique de l'environnement immédiat des œuvres traitées sera mise en place en amont des traitements électrocinétiques, pour une durée d'un an. Il sera ainsi possible de mettre en relation l'influence de l'hygrométrie ambiante sur l'efficacité de déshumidification des dispositifs mais aussi, à l'inverse, celle des dispositifs sur l'environnement immédiat des œuvres traitées.

Prévu initialement en 2021, le programme consistant à effectuer un diagnostic avant traitement par des mesures de la contenance en eau des matériaux des maçonneries à traiter sera réalisé en 2022.

Conservation préventive et environnement

✓ **SensMat (Preventive solutions for Sensitive Materials of Cultural Heritage)**

Début du programme : 2019

Financé dans le cadre d'un programme européen H2020

CICRP : Nicolas Bouillon

Partenariat(s) : Arc-Nucleart (CEA-Grenoble), MADN* (Digne-les-Bains)

SensMat est un programme européen H2020 regroupant un consortium de 17 partenaires (CEA Arc-Nucleart, Linköping University, Stuttgart University, CNRS*-C2RMF, CETMA, Bassetti etc...) répartis dans 6 pays (France, Italie, Allemagne, Suède, Autriche, Danemark). Ce programme vise à développer et mettre en œuvre des capteurs, modèles et outils d'aide à la décision efficaces, à faible coût, éco-innovants et conviviaux. Cette approche, axée sur les

besoins des utilisateurs, vise ainsi à proposer des recommandations et des lignes directrices pour permettre la prédiction et la prévention de la dégradation d'artefacts en fonction des conditions environnementales.

Sur la base de la modélisation multi-échelles, des systèmes de gestion des données, des plateformes collaboratives et des réseaux de communication par capteurs, les acteurs des musées seront informés en temps réel des dangers potentiels pour leurs artefacts, réduisant ainsi les risques de dégradation et les traitements de conservation-restauration coûteux.

En 2019-2020, le CICRP est intervenu au côté d'Arc-Nucleart, en tant qu'expert scientifique et technique pour accompagner la MADN à Digne-les-Bains (retenue comme l'un des 10 cas d'études du projet), dans la définition de ses besoins en termes de contrôle et de suivi des conditions environnementales dans ses espaces d'exposition et dans la détermination de sa stratégie de conservation préventive.

En 2021, le CICRP a supervisé le déploiement des capteurs multifonctions à la MADN et contribué à la mise en service et le paramétrage de l'interface informatique de gestion TEEXMA.

En 2022, les travaux seront consacrés à l'interprétation des premières données afin d'évaluer les apports et les pistes d'amélioration du système. Il s'agira en particulier de contribuer par le retour d'expériences à l'efficacité des outils d'aide à la décision intégrés à la plateforme. Le CICRP participera également pour la mise au point des supports et actions de formation à destination des futurs utilisateurs.

✓ **Etude des systèmes de contrôle de l'hygrométrie à membrane polymère électrolytique dans les vitrines : recherches complémentaires pour les musées et monuments historiques du grand sud-est**

Début du programme : 2021

CICRP : Nicolas Bouillon

Partenariat(s) : LRMH

Depuis quelques années, plusieurs fournisseurs de musées proposent des systèmes de régulation hygrométrique semi-passifs pour les vitrines, utilisant l'action électrolytique de membranes polymères. Plusieurs études, effectuées notamment par le LRMH, ont démontré l'efficacité de tels systèmes en laboratoire mais également en conditions réelles.

Ce système constitue une alternative aux systèmes passifs par sorbants demandant une surveillance et des interventions de régénération régulière, ou aux systèmes actifs souvent coûteux et demandant entretien et maintenance.

Afin de mieux cerner les performances et les éventuelles limites de tels systèmes, encore assez peu déployés dans le grand sud-est, le CICRP s'est équipé en 2021 d'une vitrine « test » à double régulation par membranes électrolytiques en polymère (humidification et déshumidification). Cette approche vise la complémentarité avec les recherches déjà menées au LRMH et au Louvre. Il s'agira d'une part, d'évaluer l'efficacité de ces systèmes d'humidification dans un climat de type méditerranéen comprenant de fréquents épisodes chauds et secs et, d'autre part, d'étudier plus spécifiquement l'utilisation de ce type d'équipement pour la conservation des matériaux organiques.

La mise en service de ce nouvel équipement de recherche sera effectuée en 2022. Les premiers tests sur des fac-similés d'œuvres permettront d'évaluer les performances de la double-régulation hygrométrique sous différentes conditions climatiques.

Prévention et traitement en matière de décontamination et de désinsectisation

✓ La détection précoce des insectes nuisibles par la caractérisation des composés organiques volatils (COV) issus de la dégradation de la cellulose du bois

Début du programme : 2017

CICRP : Fabien Fohrer

Partenariat(s) : CSTB

Les produits de construction et de décoration en bois sont des éléments majeurs présents dans les environnements intérieurs, notamment dans le domaine patrimonial. La durabilité des bois d'œuvre et ouvrés peut être menacée par des agents biologiques de dégradation, dont les insectes à larves xylophages. Parmi ces insectes ravageurs, deux espèces de vrillettes, *Anobium punctatum* (petite vrillette) et *Oligomerus ptilinoides* (vrillette brune), ainsi que le *Lyctus brunneus*, sont très fréquemment identifiées lors d'infestations. La détection précoce de ces insectes ravageurs constitue un objectif majeur pour prévenir la dégradation du bois et limiter ainsi l'emploi de traitements curatifs qui sont potentiellement nocifs, coûteux voire délétères pour les objets patrimoniaux.

Dans ce contexte, cette recherche vise à étudier d'une part, les émissions volatiles associées à l'activité de ces insectes xylophages et, d'autre part, l'empreinte chimique globale que peut générer la vermoulure issue de différentes espèces fréquemment identifiées lors d'infestation.

En 2017, Alexia Mack, une étudiante en Master chimie a réalisé son stage au CSTB et a analysé les vermoulures de 3 espèces d'insectes, fournies par le CICRP. Les premiers résultats d'analyse montrent qu'il est possible de mettre en évidence la spécificité de ces différentes empreintes volatiles au niveau de l'espèce, dans les conditions d'essai.

En raison de la Covid 19, les essais prévus en 2021 sont reportés en 2022.

✓ Analyse des traces d'activité des insectes nécrophages - Réalisation d'un Atlas d'identification

Début du programme : 2021

CICRP : Fabien Fohrer

Partenariat(s) : Magali Toriti, Anthraco-entomologiste, Le Mans Université-Membre associée, CReAAH* - UMR 6566

L'identification des insectes se réalise, dans la plupart des cas, à partir de la morphologie externe et interne des adultes. Or, ces derniers ont un temps de vie assez court, ne sont présents dans l'environnement que peu de temps et passent souvent inaperçus.

Toutefois, leur larves se développent pratiquement tout au long de l'année et les traces d'activité qu'elles occasionnent peuvent permettre une identification jusqu'à l'espèce. Cette identification, à partir des traces d'activité, a été développée avec succès pour les insectes xylophages et a fait l'objet de plusieurs publications (Fohrer and al. 2017 ; Toriti and al. 2018 ; A. Durand, M. Toriti, F. Fohrer : *Trace of common xylophagous insectes in wood-Atlas of identification-Western Europe*, July 2021). Celles-ci permettent de discriminer les différentes espèces à partir de leurs traces d'activité que sont les galeries, les trous d'émergence et les vermoulures. Cette recherche peut être envisagée pour d'autres groupes d'insectes tels que les insectes nécrophages.

En 2022, un atlas d'identification des espèces d'insectes nécrophages les plus communes rencontrées dans les lieux muséographiques sera réalisé à partir de leurs traces d'activité et fera l'objet de la publication d'une monographie : « Les traces d'activité des insectes nécrophages des lieux muséographiques : Atlas d'identification ».

Traitement en conservation-restauration

✓ Dessalement des matériaux du patrimoine bâti par électrophorèse

Début du programme : 2017

CICRP : Philippe Bromblet, Jean-Marc Vallet

Partenariat(s) : Atelier de restauration A-Corros (Arles), IRPA* (Belgique), CRMH PACA, Renzo Wieder (architecte), atelier de restauration Sinopia

Des travaux récents menés par l'IRPA en laboratoire et sur murs maçonnés de briques (présentation au 13e colloque international sur la détérioration et la conservation de la pierre, qui s'est tenu à Glasgow, en septembre 2016) ont montré qu'il était possible de dessaler de manière efficace et sur grande profondeur des parties maçonnées du patrimoine bâti par électrophorèse.

Ce programme a pour but d'entreprendre de nouvelles expérimentations afin d'évaluer la possibilité de dessaler en profondeur des structures maçonnées :

- supportant des peintures murales elles-mêmes contaminées en sel,
- constituées de maçonneries en pierre de grande dimension et grande épaisseur.

En 2017, une collaboration a été mise en place entre le CICRP et l'entreprise « A-Corros Expertise » d'Arles, spécialisée dans la corrosion, et qui travaillé en 2011 avec le CICRP dans le cadre de travaux sur le dessalement des matériaux poreux.

Cette collaboration a consisté en 2018 à reprendre le travail effectué par les chercheurs de l'IRPA, afin de lancer une étude de faisabilité pour la mise en place du procédé d'électrophorèse pour le dessalement des pierres et peintures murales.

En 2022 est envisagé de poursuivre la collaboration avec A-Corros afin de mener des expérimentations sur des éprouvettes de pierre et des éprouvettes de peinture murale, en employant deux sels (NaCl, à base sulfate).

✓ **Corrosion atmosphérique et altération mécanique du bronze campanaire : un patrimoine sonore et artistique en danger ?**

Associé au programme ANR* « jeune chercheur » 2018-2022

Porteur : Aline Petitmangin (LISA, université de Créteil)

Partenariat(s) : CICRP (J.-M. Vallet), Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est Créteil, Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, Laboratoire de Mécanique Multiphysique et Multiéchelle (Lille), Laboratoire de Minéralogie et Cosmochimie – MNHN*, ESRF* (Grenoble), Laboratoire Géomatériaux et Environnement, Institut de Physique du Globe de Paris

Le CICRP est associé à ce programme ANR « jeune chercheur » pour une assistance sur la caractérisation des phénomènes physico-chimiques des altérations en mettant en particulier à disposition sa plateforme de vieillissement naturel pour l'étude de la corrosion en atmosphère marine des bronzes constituant les cloches. En effet, ce projet vise, dans des conditions atmosphériques réalistes (dépôts secs/humides), à comprendre et à évaluer les conséquences des processus de corrosion subis par le matériau, en surface et à l'intérieur même de l'alliage, dans son environnement naturel.

En 2022 va être poursuivi le vieillissement des échantillons encore en place sur la plateforme de vieillissement naturel. Des réunions sur l'avancée des recherches et sur l'exploitation des résultats seront faites. La thèse menée au LISA devrait s'achever en 2022.

Archéométrie

✓ **Aide à la mise en place de protocoles d'étude et de caractérisation de matériels issus de fouilles archéologiques en PACA : cas du site de La Tournerie**

Début du programme : 2016

CICRP : Jean-Marc Vallet

Partenariat(s) : UMR* Centre Camille Jullian - Service Régional d'Archéologie, CInaM, Parc du Mercantour, UMR ArTeHis* (Dijon), UMR CEPAM* (Nice), Palazzo d'Arco (musée de Côte), EFS-ADES* (Marseille), CEREGE* (Aix-en-Provence), UMR Géoscience (Montpellier), musée des Merveilles (Tende)

Le sanctuaire gaulois de la Cime de la Tournerie, localisé dans les Alpes méridionales sur la commune de Roubion (Alpes-Maritimes), correspond à une découverte majeure pour la protohistoire régionale. Les fouilles qui y sont menées soulèvent des problématiques nouvelles liées à l'origine ou à la caractérisation de matériaux. Des analyses physico-chimiques de matériaux et objets issus de fouille ont été réalisées depuis 2016 pour identifier, déterminer leur nature, tracer leur origine et dans certains cas, faire des préconisations en matière de conservation.

Ainsi, la présence d'un four à chaux ayant livré une datation radiocarbone antérieure à la fin du III^e s. av. J.-C. a soulevé la question de la fabrication et des usages de la chaux au cours de

l'âge du Fer. Ce questionnement a conduit à s'interroger sur la manière de différencier une calcite issue de la carbonatation, de la chaux d'une calcite naturelle. Ces travaux ont notamment montré comment il était possible de différencier une calcite constitutive d'une roche calcaire, de celle d'une chaux ayant carbonaté. Par ailleurs, il a été possible de dater de façon satisfaisante le phénomène de carbonatation.

Par ailleurs, la découverte d'un dépôt de 41 monnaies massaliotes a soulevé la question de l'origine du cuivre des monnaies correspondant aux types des Grand bronzes au taureau. La présence de mines de cuivre aux abords même du sanctuaire de Roubion soulève pour la première fois la question d'une éventuelle utilisation du cuivre du dôme du Barrot pour ce monnayage.

En 2022, des analyses complémentaires des tessons de céramique en collaboration avec le centre Camille Jullian, ainsi que des analyses des matériaux cuivreux issus des mines du dôme du Barrot, seront menées. Il est aussi envisagé de publier des articles sur différents aspects de l'étude archéologique et des matériaux (chaux, céramique, cuivre) étudiés pendant et après la fouille.

NOUVEAUX PROGRAMMES DE RECHERCHE

✓ En Sciences du Patrimoine, l'Analyse Dynamique des Objets anciens et Numériques (ESPADON)

Programme : 2021-2028

Financé dans le cadre d'un projet EquipEx

CICRP : Jean-Marc Vallet, Philippe Bromblet, Nicolas Bouillon, Odile Guillon, Emilie Hubert-Joly

Partenariat(s) : FSP, Cergy Paris Université, Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, Université de Paris-Saclay, MNHN, INP*, Ecole nationale des Chartes, Université Paris Nanterre, CNRS, CEA, C2RMF, LRMH, CICRP

ESPADON est un des lauréats de l'appel à manifestations d'intérêt Equipements structurants pour la recherche (P. I. A. 3 ou E.S.R./EquipEx+) dans le cadre du Grand Plan d'Investissement de l'Etat. Ce projet de 8 ans, piloté par la FSP et dont le coordinateur scientifique est Vincent Detalle (C2RMF), a pour objectif de proposer un outil multidimensionnel, transdisciplinaire et distribué, conçu comme un véritable système d'information agrégeant toutes les informations produites et en cours de production, sur et autour d'un objet s. l. Il va conduire à la création d'Objets du Patrimoine Augmentés qui intègrent autour et avec l'objet patrimonial lui-même toute information le concernant.

La notion d'Objets du Patrimoine Augmenté nécessite une co-construction pluridisciplinaire depuis la conception même des outils et la sélection des sources d'information, jusqu'à la création de nouvelles données et services.

Dans ce cadre, différents outils, procédures, approches nouvelles vont être développés. Le CICRP est, dans ce consortium, responsable et impliqué dans le développement de trois outils, qui seront basés au CICRP et accessibles *in fine* aux communautés travaillant sur la connaissance et la conservation des biens culturels :

- Spectromètre couplé LIBS-Raman sur drone (équipes partenaires : CICRP, C2RMF, MAP-ARIA)
- Caméra thermique à haute fréquence (équipes partenaires dans ESPADON : CICRP, C2RMF)
- Plateforme d'imagerie et de caractérisation photoacoustique (équipes partenaires : CICRP, LMA*, SATIE*)

Ces développements s'inscrivent plus particulièrement dans le cadre du groupe de travail 4 "**P**atrimoine **A**rchitectural, **S**ites, **T**erritoires **A**rchéologiques et **G**rands **A**rtéfacts" (Pastaga).

En 2022, sera poursuivie une thèse qui a débuté fin 2021 : " Caractérisation et imagerie acoustiques des dégradations des pierres pour la conservation des patrimoines bâtis et statuariens" et se déroule au CICRP (doctorante : Marie-Laure Chavazas ; dir. de thèse : Pr Cédric Payan (LMA) ; co-direction : Philippe Bromblet). Un stage de master 2 "recherche", en collaboration avec l'université de Reims-Champagne-Ardenne, devrait être proposé. Par ailleurs les achats relatifs aux différents appareils seront lancés et devraient être réalisés au cours de cette même année.

✓ **« ElaStomères identifiés par Pyrolyse couplée à la GC/MS dans les collections muséales (ESPyON) »**

Programme : 2022

Financé par la FSP par un contrat postdoctoral

CICRP : Fanny Bauchau, Nicolas Bouillon, Ludovic Antonelli

Partenariat(s) : BnF, C2RMF, MNAM-CGP*

Le projet de recherche ESPyON porte sur la conception d'une méthodologie analytique et le développement d'un outil pour l'identification et la caractérisation des caoutchoucs dans les collections patrimoniales. L'identification des caoutchoucs dans les collections n'est pas aisée et les études scientifiques à ce sujet sont assez rares. Une bonne conservation de ces matériaux est fortement liée à la connaissance de leur nature chimique et de leur comportement dans le temps. Face à ce manque de connaissances, des traitements de conservation-restauration sont souvent évités et les œuvres laissées en attente en l'absence d'informations précises sur la chimie des matériaux et de leurs mécanismes de vieillissement. Ce projet fédère des institutions qui conservent dans leurs collections des matériaux caoutchoucs et des laboratoires qui utilisent la technique de la pyrolyse couplée à la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (Py-GC/MS) pour l'étude des matériaux du patrimoine.

La recherche se structure en trois phases successives :

- création d'un corpus de matériaux de référence ;
- création d'un outil consultable/interrogeable avec le logiciel « R » ou avec Excel pour l'identification d'échantillons inconnus ;
- utilisation de l'outil créé pour la caractérisation d'échantillons en provenance des collections du MNAM-CGP et de la BnF et des œuvres étudiées au C2RMF et au CICRP.

Une attention particulière est portée à l'interopérabilité de l'ensemble de la méthodologie utilisée vis-à-vis des différents équipements analytiques présents dans les laboratoires partenaires.

Un contrat postdoctoral d'une durée de 1 an financé par la FSP devrait commencer en fin d'année 2021 pour participer à ce projet. Le CICRP sera impliqué dans toutes les phases du projet. Il est également envisagé d'accueillir un stagiaire de licence ou de master 1 en 2022 afin d'analyser les matériaux de référence sur l'appareil de Py-GC/MS du CICRP pour comparaison avec les résultats d'analyse obtenus à la BnF.

✓ **Perception et Objectivation Multimodale d'une Intervention En Restauration-conservation – POMMIER**

Programme : 2021-2024

Financé par la FSP

CICRP : Nicolas Bouillon, Fanny Bauchau, Odile Guillon, Emilie Hubert-Joly

Partenariat(s) : INP (Coordination), CICRP, C2RMF, CRC*, SATIE (Université Cergy-Pontoise), Institut Jean le Rond d'Alembert (Sorbonne Université)

Ce projet possède un double objectif. Il s'agit dans un premier temps d'interroger et de déterminer des seuils de perceptions de modifications d'état physique (couleur, brillance, rugosité...) d'une œuvre, notamment au moyen de l'analyse sensorielle. Le second objectif réside dans le développement d'un appareillage multi-modal portatif permettant l'objectivation par la mesure de modifications d'état physique peu ou non perceptibles dans le cadre de la conservation-restauration d'une œuvre. Il s'agit notamment de proposer une solution innovante d'aide à la décision dans le processus de détermination des choix de restauration (degré d'intervention, rendu esthétique).

La contribution du CICRP dans ce projet intervient à plusieurs niveaux : la détermination du(des) protocole(s) d'analyse sensorielle des peintures, l'interprétation des résultats obtenus en regard des techniques éprouvées d'analyses et d'imagerie scientifique, l'étude de la complémentarité de la technique de micro-RTI (développée dans le cadre du LabCom MAP-CICRP) avec la gonio-spectrophotométrie du système développé pour la caractérisation des états de surface.

Le recrutement d'un contrat de doctorat fin 2021, permettra de participer à la première phase de ce projet. Les travaux envisagés en 2022 consisteront en un état de l'art des approches utilisant les mécanismes psycho-sensoriel et les seuils de perception dans les domaines artistiques et culturels. L'étude des champs d'expérimentation possibles dans le domaine des interventions en conservation-restauration permettra de sélectionner les plus intéressants à étudier dans le cadre du projet.

✓ Etude des liants volatils dans la consolidation temporaire de matériaux archéologiques (VOLATILE4ARCHAEO)

Programme : 2021-2023

Financé par le programme de recherche européen ref. Ares(2020)5388386 - 09/10/2020 Individual Fellowships (IF) 2020

Porteur : Hamada Sadek (université du Fayoum, Egypte)

Partenariat(s) : CICRP (J.-M. Vallet), université de Bologne

Ce programme de recherche européen (Ref. Ares(2020)5388386 - 09/10/2020 Individual Fellowships (IF) 2020), basé sur l'accueil d'un chercheur (H. Sadek) a pour but d'étudier de manière exhaustive et de comparer certains liants volatils (VBM) sélectionnés, purs ou en mélanges. Outre le cyclododécane (CDD), les consolidants émergents suivants seront testés : cyclododécane, menthol, camphène, cyclododécanone et cyclododécanol. Par ailleurs, les mélanges suivants seront testés : camphène-cyclododécanone, camphène-CDD, camphène-cyclododécanol, menthol-CDD, menthol-cyclododécanone, menthol-cyclodécanol, menthol-camphène. Ces mélanges de différents VBM, ayant des points de fusion et des vitesses de sublimation différents, devraient permettre l'adaptation du temps de sublimation, en fonction du but de la consolidation temporaire (temps long ou court). Deux substrats différents seront considérés, à savoir la peinture murale (*a tempera*), les céramiques. Des tests expérimentaux seront menés sur des échantillons de laboratoire, mimant des matériaux détériorés, afin de mettre en évidence les interactions possibles VBM-substrat.

En 2022, le chercheur accueilli au CICRP travaillera sur l'évaluation des meilleurs VBM et mélanges, déterminés au préalable à l'université de Bologne sur des éprouvettes et,

éventuellement, sur des peintures murales devant être restaurées. Les résultats feront l'objet de publications, ainsi que de présentations à des conférences.

- ✓ **Utilisation de la spectrométrie de masse de type MALDI-TOF (*matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight*) pour l'identification des insectes nuisibles du patrimoine : faisabilité, limites d'emploi et création d'une base de données de spectre de référence**

CICRP : Fabien Fohrer

Partenariat(s) : IHU* (VITroMe* Prof. Parola) de Marseille

L'identification des insectes s'effectue bien souvent par une étude morphologique et plus récemment à l'aide d'outils moléculaires. Cependant, ces deux méthodes sont chronophages et nécessitent une expertise et un équipement spécifiques. La spectrométrie de masse MALDI-TOF, qui a révolutionné l'identification de routine des micro-organismes dans les laboratoires de microbiologie clinique, a récemment été appliquée avec succès à l'identification des insectes vecteurs.

Cette technique est constituée d'un spectromètre de masse couplant une source d'ionisation laser assistée par une matrice (MALDI, *Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization*) et un analyseur à temps de vol (TOF, *time-of-flight mass spectrometry*).

Lors de l'analyse, des macromolécules et des protéines uniques et spécifiques sont générées, ce qui permet une identification précise des espèces lorsqu'elles sont interrogées par rapport à une base de données de spectres de référence. Cependant, les modes de stockage des échantillons influencent la qualité des spectres, les insectes frais et congelés apportant les meilleurs résultats.

Le but de cette recherche est de créer une base de données de spectres de référence par la réalisation d'un protocole d'analyse et d'échantillonnage afin de permettre l'identification des insectes nuisibles rencontrés dans le patrimoine, voire même à partir de leurs déjections. Elle permettra de développer une méthode compétitive pour l'identification rapide, fiable et peu coûteuse. Les coûts d'exploitation de cette technique sont très faibles par rapport aux techniques moléculaires.

De plus, aucune expertise particulière n'est requise pour l'identification par rapport à l'identification morphologique et il est probable que la technique MALDI-TOF MS pourra devenir une méthode de référence pour l'identification de ces insectes et des arthropodes en général.

✓ **Etude du comportement alimentaire par la technique ATAX de quelques espèces de larves d'insectes xylophages en condition de privation d'oxygène**

CICRP : Fabien Fohrer

Les techniques de privation d'oxygène sont largement utilisées pour éradiquer les insectes présents dans les œuvres patrimoniales. Or, lors d'un traitement, il est impossible de comprendre le comportement alimentaire des larves soumis à une telle privation.

Cette étude permettra d'analyser la réaction des insectes lors de leur prise de nourriture lorsqu'ils sont soumis à une diminution d'oxygène. L'intensité et la fréquence des prises de nourriture peuvent être analysés en temps réel à l'aide de la technique Atax (Analyse des traces d'activité xylophages).

A partir de témoins de bois infestés et placés sous différentes conditions thermo-hygrométriques, les essais permettront de définir le taux d'oxygène minimum à partir duquel les larves ne s'alimentent plus et de vérifier qu'il n'y ait pas un redémarrage de prise de nourriture après une remise à l'air.

Les premiers essais seront réalisés sous anoxie statique avec absorbeurs d'oxygène pour trois espèces d'insectes xylophages communes, la petite vrillette *Anobium punctatum*, la vrillette brune *Oligomerus ptilinoides* et le Lyctus brun *Lyctus brunneus*.

LabCom

Dans la perspective de l'évaluation de l'H-CERES et de la reconduction du LabCom MAP-CICRP à partir de 2023, l'année 2022 entamera les échanges entre le CICRP et le MAP afin de dresser un bilan de collaboration centré principalement autour de la plateforme AIOLI et de ses diverses ramifications : arbalète, micro-dome, vocabulaire contrôlé, démarche expérimentale autour de restaurations telles que la *Crucifixion* de Bréa...

Seront aussi esquissés les axes de recherche et les projets communs pour le prochain LabCom dont certains étroitement liés au programme ESPADON et à l'objet patrimonial augmenté.

✓ AIOLI

Dans le cadre du programme de recherche Diagnostics non destructifs des peintures sur bois (cf p.23-24) :

L'adaptation de la plateforme d'annotation sémantique spatialisée en 3D Aioli au besoin de la conservation-restauration des peintures du patrimoine mobilier.

En 2018, le *Retable de la Crucifixion* de Louis Bréa a été modélisé en 3D dans le cadre de la collaboration LabCom MAP-CICRP. Ce projet test a permis d'étudier en 2019 et 2020 plusieurs scénarii de documentation numérique collaborative afin d'adapter les fonctionnalités de l'outil aux besoins de la conservation-restauration des peintures. En 2021, l'implémentation dans la plateforme d'un gestionnaire de thésaurus a été effectuée, permettant d'utiliser un thésaurus des altérations spécifiques des peintures de chevalet.

En 2022, deux retables et une sculpture polychrome modélisés en 3D feront l'objet de projets test dans la nouvelle version de la plateforme Aioli. Ils permettront d'évaluer l'apport des nouvelles fonctionnalités de la dernière version de la plateforme et notamment des outils de vocabulaire contrôlé récemment intégrés...

✓ Ortho-Photogrammétrie sous différents rayonnements de parois verticales internes par drone (acronyme : Phorayver)

Financé par un appel à projet : Interne au LabCom (appel à projet 2018)

CICRP : Jean-Marc Vallet, Odile Guillon

Partenariat(s) : MAP-ARIA, MAP-GAMSAU, GRESPI-université de Reims-Champagne-Ardenne, IGN*

Le relevé de grands espaces intérieurs par ortho-photodocumentation (lumière directe, IR et thermographie IR passive), dans un but de diagnostic de conservation, est souvent rendu délicat par l'étendue des peintures murales (planes) et leur accessibilité. Les solutions actuelles longues, fastidieuses et coûteuses, reposent sur l'installation d'échafaudages ou utilisations de nacelles, souvent inadaptées aux protocoles d'acquisition photogrammétrique.

Le projet proposé explore – et étend – la capacité d'apporter un appui technique aux protocoles d'acquisition déjà consolidés, en amenant la rapidité de mise en œuvre et la versatilité opérationnelle des vecteurs volants téléopérés de dernière génération (drones).

Il a pour but de définir et de mettre en œuvre des protocoles de pilotage de drone et de contrôle assistés voire automatisés pour la réalisation de relevés de parois intérieures par photogrammétrie multibandes (lumière directe, IR et thermographie IR passive), par dispositifs embarqués. La mise en place expérimentale et la validation de cette technique de relevé seront effectuées dans la chapelle Notre-Dame-des-Fontaines (La Brigue).

L'année 2022 sera consacrée à la poursuite de l'exploitation des données et la mise en place d'un projet à même de poursuivre les premières expérimentations, avec en particulier pour objectif la consolidation des protocoles d'acquisition et de vol, comme la mise en place d'un système d'automatisation des acquisitions photogrammétriques par drone en intérieur.

✓ **SUMUM (Stratégie de documentation Multiéchelle, Multimodale du patrimoine culturel...)**

Programme : 2018-2022

Financé par un programme ANR

CICRP : Roland May, Alain Colombini, Emilie Hubert-Joly, Norbert Bernstein

Partenariat(s) : Le2i*, Université de Bourgogne - UMR CNRS 6306 ; GReYC* (UMR CNRS 6072), Université de Caen ; MAP Marseille ; M2C*, UMR - Université de Caen-Basse Normandie et à l'Université de Rouen

La conservation-restauration a profondément évolué ces quinze dernières années en accentuant son attention sur les phénomènes d'altération et le suivi de l'état matériel des œuvres afin de détecter et de comprendre le plus en amont possible les dégradations qui peuvent se manifester. L'appréhension de ces enjeux est particulièrement complexe avec des œuvres hors normes, multiformes et dans des conditions environnementales maîtrisées – « indoor » – et non maîtrisées – « outdoor ».

Cette notion de suivi temporel nécessite des outils de constat et d'évolution que l'imagerie scientifique et une documentation multiéchelle peuvent apporter.

L'expérimentation proposée dans le programme SUMUM s'appuie sur trois approches complémentaires illustrées par les œuvres suivantes :

- le suivi temporel en restauration des sculptures de César, Musée d'Art Contemporain de Marseille,
- la « rénovation » de la couche picturale d'une sculpture monumentale à morphologie complexe et outdoor : *L'Arbre-serpent* de Niki de Saint-Phalle, Angers,
- la morphologie complexe et hors normes des œuvres indoor de la Fondation Vasarely, Aix-en-Provence.

Cette démarche de recherche pourra définir les protocoles et les paramètres à intégrer dans la documentation, ainsi que leurs mises à jour, et élaborer pour les professionnels de la conservation des outils accessibles permettant aisément de réaliser de tels suivis.

Les années 2018-2019 furent marquées par des campagnes d'acquisitions définies et une recherche documentaire sur l'histoire matérielle des œuvres de Vasarely (Claire Valageas, CDD). Un ingénieur, François Morlet, spécialisé dans l'optimisation et l'automatisation d'une

chaîne de traitement photogrammétrique incrémentale a été recruté pour assurer le dispositif de fusion automatique de données sur des acquisitions d'imagerie. En 2020, les corrélations chimiques et numériques ont été partiellement abordées, notamment par des analyses de surface et de couches séquentielles par spectroscopies IRTF et Raman. Les données colorimétriques réalisées sur l'ensemble des œuvres du corpus, ainsi que la conséquente documentation des œuvres de Vasarely, ont été partiellement exploitées.

En raison de la crise sanitaire, le programme SUMUM a fait l'objet d'un report de la date de clôture du projet à l'automne 2022. Cette année de finalisation verra la réalisation d'un chantier multimodal traité avec TACO pour chaque cas d'étude (NIKI, CESAR, et ZETT de Vasarely) recalé sur les relevés laser. Chaque chantier sera importé dans Aïoli, enrichi par des annotations reprenant les études et ressources de conservation/restauration, et rendu public.

L'ensemble de ce travail sera restitué "scientifiquement" par une publication de synthèse soumise au congrès international 3D-ARCH.

Plateau technique

et

services

THERMO-ART

Le CICRP, sur proposition de l'Université de Reims et de la SATT Hauts-de-France/Grand Est, a participé à la réalisation et se positionne comme coproducteur d'un équipement portable de thermographie infrarouge destiné au patrimoine. Le prototype a fait l'objet d'une thèse puis de tests avec le CICRP et le LRMH.

Il s'agit maintenant de passer au stade industriel grâce à un financement complémentaire afin de créer un outil destiné aux professionnels de la conservation pour faciliter des diagnostics d'altération de surface sur le patrimoine immobilier et mobilier. Le CICRP est l'institution patrimoniale référente et porteuse. Ce projet de maturation, d'une durée de 2 ans, a conduit au développement d'un équipement-test, fourni en 2021 et localisé au CICRP.

Du fait du retard généré par la crise sanitaire de 2020-21, l'année 2022 verra l'achèvement des tests dans le domaine des peintures murales et des peintures sur bois et sera principalement consacrée à l'information et à la sensibilisation des professionnels de la conservation-restauration avec l'organisation d'une journée sur l'utilisation et l'apport de la thermographie infrarouge sur le patrimoine.

Dans le cadre du programme de recherche, *Thermographie infrarouge stimulée appliquée à la conservation des peintures murales* (cf p.25), il est envisagé en 2022 de proposer un stage de Master 2 recherche d'une durée de 6 mois visant à optimiser l'utilisation du système Thermo-Art, tant d'un point de vue expérimental, sur des éprouvettes, que sur des peintures murales (chapelle de La Brigue).

Dans le cadre du programme de recherche *Diagnostics non destructifs des peintures sur bois* (cf p.23-24), suite aux premiers essais effectués en 2018 en collaboration avec l'Université de Reims Champagne-Ardenne sur le *Retable de la Crucifixion* de Bréa, l'évaluation de l'apport de la thermographie infrarouge stimulée pour la caractérisation des altérations structurelles des peintures sur bois (cf p.24) s'est poursuivie sur la période 2019-2021. Un stagiaire de Master 2 recherche de 5 mois, effectué en 2020, a participé à l'étude, sur des éprouvettes de laboratoire, de l'influence de la structure et de la composition des œuvres analysées, ainsi que de plusieurs paramètres d'acquisition.

En 2022, il s'agira d'une part, de tester le système de pilotage des acquisitions développé dans le cadre du programme Thermo-Art sur plusieurs peintures sur bois en restauration et, d'autre part, d'adapter les processus de traitement des données par le logiciel IR Explorer aux différentes typologies d'œuvres.

FORMATIONS

Deux des trois formations mentionnées dans la plateforme technique seront dispensées par le CICRP :

L'imagerie documentaire et scientifique en conservation-restauration : définition, méthodologie de prise de vue et exploitation-interprétation des données.

La formation portera sur une approche méthodologique des différentes techniques d'imagerie 2D, de l'acquisition proprement dite à l'interprétation des résultats et leur exploitation. Une attention particulière sera donnée à la mise en place de protocoles d'acquisition et de traitements d'images réutilisables à des fins de comparaison, leurs spécificités et leurs limites.

Cette formation sera complétée par une introduction à l'imagerie 3D via la photogrammétrie et l'utilisation de l'imagerie technique dans ce domaine

Croqueurs de Patrimoine : aide au diagnostic : identifier et évaluer les risques liés aux infestations entomologiques, prendre les mesures adaptées en cas d'infestation avérée. La formation permettra la réalisation de boîtes entomologiques de références et l'identification des insectes fréquemment rencontrés dans les institutions patrimoniales, au moyen de matériel optique adapté (loupe binoculaire) en lien avec la base de données « Insectes du patrimoine culturel » et autres ressources bibliographiques du web.

Divers

✓ **La base de données de gestion et de documentation Pierre Puget**

La base de données de gestion et de documentation, engagée en avril 2016, est totalement fonctionnelle. Elle permet :

- de naviguer dans l'historique des interventions réalisées par le CICRP,
- de saisir toutes les nouvelles demandes d'intervention,
- d'effectuer des recherches selon des critères uniques ou multiples, afin de consulter les biens culturels traités, les interventions engagées, les rapports de mission, les rapports des conseils scientifiques,
- de classer les photos en JPG et TIF, avec la possibilité de qualifier les prises de vue.

Elle permet également l'édition de bilans, le stockage des conventions et assure un traitement bureautique avec préparation des documents et de listes liés à la régie.

Les prévisions de l'année 2022 sont :

- **la mise en place d'une procédure d'envoi de courriels de manière automatique des documents écrits stockés et des photographies ;**
- **l'amélioration de l'ergonomie en relation avec les utilisateurs et simplification de certains fichiers ;**
- **le lancement sur le site internet du CICRP des informations relatives aux lieux et biens ayant fait l'objet d'interventions par le CICRP (photographies et études scientifiques sans précision de la nature des études).**

✓ **PierreSud**

CICRP : Philippe Bromblet

Partenariat(s) : BRGM*, CRMH PACA et Occitanie

Suite aux échanges avec le BRGM prolongés à cause de la crise sanitaire, le projet de refonte de PierreSud (base de données et site), gérée et hébergée au CICRP, est privilégié en accord avec la CRMH PACA. Cette option, garantissant un suivi et un enrichissement régulier, conforte un secteur pierre/bâti renforcé au CICRP, grâce à la venue d'un ingénieur de recherche et d'une assistante ingénieur.

L'année 2022 devra voir la refonte de la base et du site et sa mise en service afin de rétablir la consultation possible par les professionnels.

Parallèlement il s'agira, à partir du partenariat CICRP-CRMH PACA, en liaison avec le BRGM, d'examiner les possibilités d'adjonction des régions voisines : Occitanie, déjà partiellement concernée, Auvergne-Rhône-Alpes et Corse.

✓ **Partenariat avec le Réseau Canopé :**

Partenariat avec les Académies d'Aix-Marseille et de Nice

Un partenariat avait été mis en place depuis 2017 avec la direction territoriale Provence-Alpes-Côte d'Azur (DT PACA) de Réseau Canopé, dans le cadre du développement de l'éducation artistique et culturelle et de la culture scientifique des élèves. Ce projet s'inscrivait

dans les objectifs des deux ministères, de la Culture et de la Communication, de l'Education nationale, de la Jeunesse et des Sports, pour favoriser les ouvertures culturelles dans l'éducation, permettre aux élèves le développement de leur citoyenneté par les arts et la culture et ancrer les actions dans le cadre de parcours artistique et culturel et de parcours scientifique. Les récentes attributions de Réseau Canopé, dans le domaine de la formation continue des enseignants, conduiraient à poursuivre cette activité sans ce partenaire et directement en liaison avec les directions académiques d'action culturelles (DAAC).

Les activités du CICRP permettent de donner une dimension scientifique au projet par l'approche des méthodes utilisées en restauration, conservation et recherche, par la visualisation des lieux et des œuvres du patrimoine et la rencontre des professionnels des métiers d'art, des sciences et de l'ingénierie de recherche.

Si les nouveaux partenaires acceptent de reprendre cette activité, elle pourra se développer dans un contexte proche. Les programmes restent à définir sur les mêmes bases et le même engagement du CICRP, c'est-à-dire deux lycées par académie et une journée pour chacun des lycées.

Chaque projet monté avec un établissement comprendra une rencontre entre les élèves, accompagnés de leurs enseignants, et les spécialistes du CICRP : ingénieurs, conservateurs, photographes, soit sur un site extérieur, soit au CICRP.

LISTE DES SIGLES

AMU : Aix-Marseille Université
ANR : Agence Nationale de la Recherche
ArTeHiS : Archéologie, Terre, Histoire, Sociétés
Bnf : Bibliothèque nationale de France
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
C2RMF : Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France
CEA : Commissariat à l’Energie Atomique et aux énergies alternatives
CEPAM : Cultures et Environnements Préhistoire, Antiquité, Moyen Age
CEREGE : Centre Européen de Recherche et d’Enseignement de Géosciences de l’Environnement
CINaM : Centre Interdisciplinaire de Nanosciences de Marseille
CMN : Centre des Monuments Nationaux
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
CRC : Centre de Recherche sur la Conservation
CReAAH : Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire
CRMH : Conservation Régionale des Monuments Historiques
CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DRAC : Direction régionale des affaires culturelles
ECATHERM : Caractérisation Thermophysique Multiéchelle
EFS-ADES : Etablissement Français du Sang - Anthropologie bio-culturelle, Droit, Ethique et Santé
ESRF : European Synchrotron Radiation Facility
FSP : Fondation des Sciences du Patrimoine
FSPI : Fonds de Solidarité pour les Projets Innovants
GEC : Géosciences et Environnement Cergy
GRESPI : Groupe de Recherche en Science Pour l’Ingénieur
GReYC : Groupe de Recherche en informatique, image et instrumentation de Caen
IFAO : Institut Français d’Archéologie Orientale
IGN : Institut national de l’information géographique et forestière
IHU : Institut Hospitalo-Universitaire
INP : Institut National du Patrimoine
IRPA : Institut Royal du Patrimoine Artistique
L2MGC : Laboratoire de Mécanique et Matériaux du Génie Civil
LabCom : Laboratoire Commun
LaMPEA : Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique
Le2i : Laboratoire d’Electronique, Informatique et Image
LMA : Laboratoire de Mécanique Acoustique
LRMH : Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques
M2C : laboratoire Morphodynamique Continentale et Côtière
MADN : Maison Alexandra David-Neel
MAP : Modèles et simulations pour l’Architecture et le Patrimoine
MAP-ARIA : Applications et Recherches en Informatique pour l’Architecture
MAP-GAMSAU : Groupe de recherche pour l’Application des Méthodes Scientifiques à l’Architecture et à l’Urbanisme
MNAM-CGP : Musée National d’Art Moderne – Centre Georges Pompidou
MNHN : Museum National d’Histoire Naturelle
SATIE : Systèmes et Applications des Technologies de l’Information et de l’Energie

UMR : Unité Mixte de Recherche

VITroMe : Vecteurs – Infections Tropicales et Méditerranéennes



21, rue Guibal
13003 Marseille
Tél. : 04 91 08 23 39
www.cicrp.fr



VILLE DE
MARSEILLE

