

# Offre de thèse 2022-2025

## Etude de l'impact d'un incendie sur la conservation des peintures d'intérêt patrimonial.

### Contexte

Le feu constitue un risque majeur pour le patrimoine culturel. Les récents incendies de Notre-Dame de Paris, de l'hôtel de Seignelay, de la Cathédrale de Nantes, ou encore ceux du Parlement de Rennes ou du Château de Lunéville, sont des témoins de cette force dévastatrice. Bien que les incendies restent des événements rares du point de vue d'une seule institution, ils sont malheureusement fréquents au niveau de l'ensemble du patrimoine où ils impliquent trop souvent la perte quasi-totale du bien concerné.

Afin de prévenir les catastrophes dues aux incendies, la prévention ainsi qu'une préparation aux situations d'urgence sont essentielles, mais elles ne doivent pas être les seules stratégies envisagées. La protection du patrimoine culturel est un objectif rappelé dans le plan Orsec du code de la sécurité intérieure. Dans cette optique, le plan de sauvegarde des biens culturels constitue une priorité du ministère de la culture. Il rassemble des outils opérationnels permettant de déployer les opérations de secours pour des biens évacuables ou non.

Le CSTB est impliqué depuis 2005 dans des actions de recherche liées au patrimoine culturel et travaille spécifiquement depuis plus d'un an dans la problématique de la protection des biens culturels face au risque incendie.

Dans le contexte des œuvres inamovibles il peut être demandé de mettre en place des outils de protection, en particulier des bâches ou écrans protecteurs associés à des moyens de protection active type extinction automatique. Si la mise en place de ces solutions vise la réduction des agressions du feu et l'extinction de l'incendie, leur utilisation peut également provoquer des dégâts collatéraux sur les œuvres en fonction de leur vulnérabilité.

Or, le manque de connaissance au niveau des seuils de vulnérabilité des œuvres patrimoniales vis-à-vis des agressions liées aux phénomènes de l'incendie, ainsi qu'aux impacts de l'action des outils de protection, constitue actuellement un frein au déploiement de ces plans de protection.

### Objectif & Démarche

Le sujet de thèse s'inscrit dans l'objectif d'étudier l'impact des effets du feu et des actions de lutte incendie sur la conservation des peintures de chevalet de grand format et des peintures murales, appartenant aux œuvres inamovibles.

Ces œuvres complexes par leur nature physique stratifiée (support, préparation, couche picturale) et par leurs constituants (pigments, liants, charges, toile, enduits et badigeons de compositions diverses) peuvent présenter de nombreuses vulnérabilités. Ces dernières sont dépendantes de facteurs de dégradation liés à l'incendie (température, pollution gazeuse, fumées, etc..) ou aux composés libérés par les moyens de protection (COV, vapeur d'eau, etc..).

Il sera adopté une approche qui s'appuie sur une quantification des phénomènes du feu et de ses effets en prenant en compte le facteur « œuvre patrimoniale » dans le cas d'un feu « réel ».

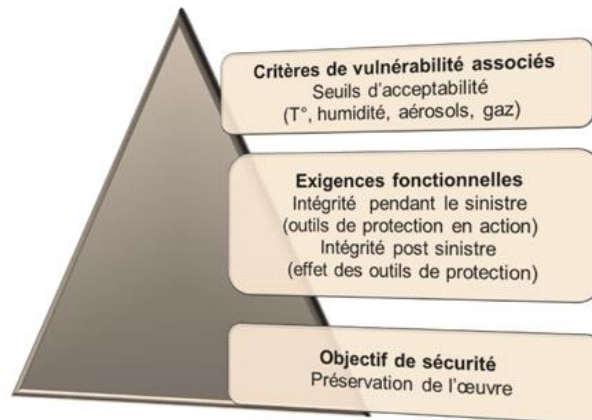


Illustration de la démarche

L'objectif de sécurité est ici la « conservation de l'œuvre » et les exigences fonctionnelles associées portent sur l'« intégrité de l'œuvre » en termes quantifiables. Les critères visant à traduire cet objectif sont liés à la vulnérabilité et représentent la sensibilité des œuvres à l'impact de l'incendie et ses moyens de protection déployés pour le combattre peuvent être les suivants :

- température
- taux d'humidité
- vapeur d'eau
- suie/aérosols
- gaz 'agressifs'
- Composés organiques volatils (COV )

Des seuils d'acceptabilité/vulnérabilité se traduiront donc par des données quantifiables permettant de cibler un risque d'altération de l'œuvre (changements de couleur, pulvérulences, fissures, cloquages, décollement de parement, etc...). Ces données seront garantes des niveaux de sécurité minimaux requis pour réduire le risque d'altération. Ce risque d'altération devra être exprimé en termes de taux de perte d'intégrité de l'œuvre.

Ces critères d'acceptation sont liés aux caractéristiques intrinsèques de l'œuvre. Le travail se focalisera sur une typologie d'œuvre afin de développer en premier lieu une démarche scientifique qui pourrait ensuite s'étendre et d'adapter sur d'autres typologies à étudier. La thèse s'intéressera ici plus particulièrement à la détermination des seuils de vulnérabilité de différentes matières composant les peintures et leurs supports.

Ce choix a été justifié par rapport à la sensibilité très variable des pigments, des liants et des supports de natures diverses, ainsi qu'au contexte monumental, qui implique une protection *in situ* pendant le sinistre.

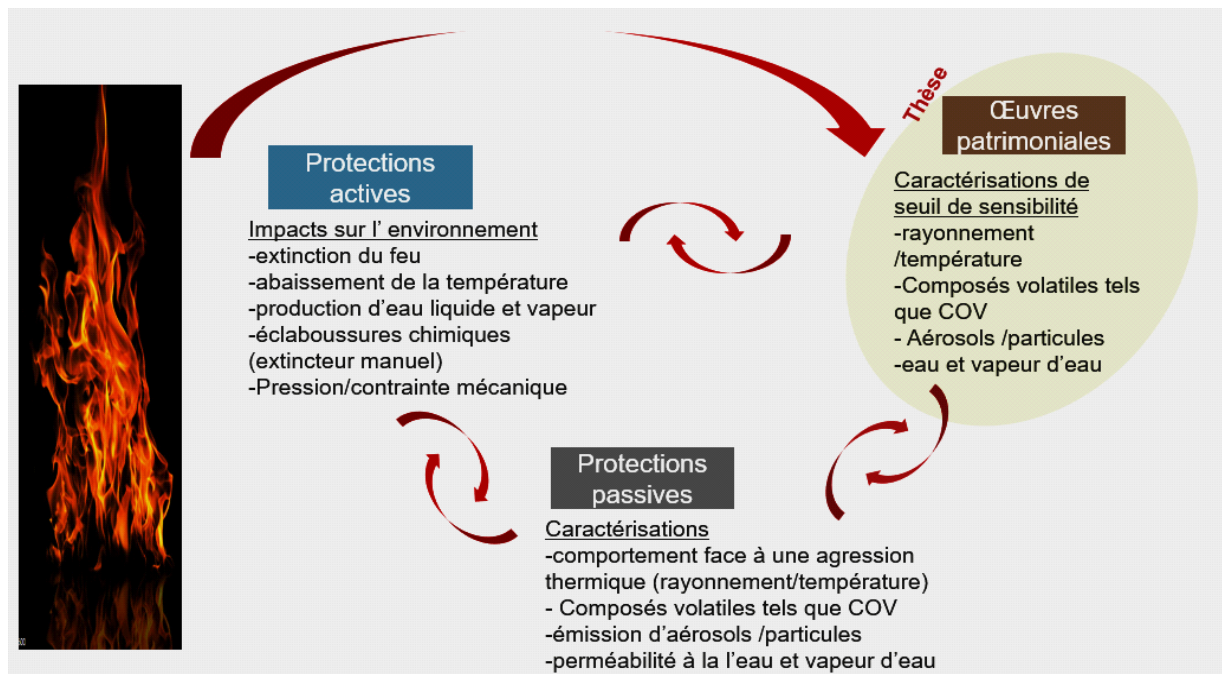
## Contenu de la mission

La thèse permettra de construire un socle scientifique rassemblant des méthodologies de travail dans ce domaine afin de définir les stratégies de protection des œuvres face à l'incendie.

Pour cela, il doit être adopté une approche pluridisciplinaire permettant d'intégrer dans la réflexion les éléments suivants :

- Les Monuments Historiques et l'environnement muséal avec la réglementation incendie associée
- Les retours d'expérience de sinistres passés et l'impact sur ces typologies d'œuvres-retour des restaurateurs
- Les 'bonnes pratiques' et les systèmes de protections existants (voir PSBC)
- La détermination de l'action thermique pendant l'incendie
- La caractérisation des différentes natures d'agressions et leur quantification
- Les caractéristiques des types d'œuvres picturales considérées d'un point de vue physico-chimique

Le schéma ci-après illustre la démarche à engager.



Des protocoles expérimentaux originaux devront être mis en place afin de quantifier les niveaux de dégradation et de comprendre les mécanismes physico-chimiques impliqués par action de la température, du rayonnement, des aérosols, COV, COSV, seront mise en place.

Le travail s'articulera suivant plusieurs grands volets

- Volet bibliographique permettant recueillir les connaissances existantes sur les seuils de sensibilité des différentes typologies de peintures /natures de matériaux constitutifs.
- Volet méthodologique permettant de caler les conditions expérimentales à développer suivant les scénarios d'incendie prédéfinis par la modélisation numérique en fonction du local considéré (ex. réserve, corridor, nef d'église)
- Volet expérimental intégrant la réalisation d'essais en laboratoire et également des montées en échelle jusqu'à des essais à échelle 1 :1 pour la reconstitution d'agencement patrimoniaux.

La partie expérimentale fera appel à l'utilisation de plusieurs bancs d'essais feu et plusieurs moyens d'analyses.

À titre illustratif, quelques photos sont exposées ci-après :



Micro-Chambres d'essais d'émission de COV et COSV



Pyrolyse-GC-MS



Banc d'essais feu cône calorimètre raccordé à un FTIR et à un ELPI (Electrical Low Pressure Impactor) pour les mesures de gaz de décomposition et d'aérosol du matériau étudié soumis à diverses agressions thermiques.



Essais feu échelle 1:1 dans une pièce couloir permettant de soumettre des œuvres sacrificielles à différents scénarios de feu réel.

## Organisation

Cette thèse est établie en partenariat avec le CSTB, le LRMH et le C2RMF avec un probable encadrement académique porté par CY Cergy Paris Université.

Le musée du Louvre et la FNSPF (Fédération nationale des sapeurs-pompiers de France) interviendront au niveau de la thèse à titre consultatif.

La thèse durera 3 ans et se déroulera en partie au CSTB de Champs-sur-Marne près de Paris.

L'étudiant sera salarié du CSTB. Plusieurs réunions permettront de suivre l'avancée de la recherche. Le travail de doctorat devrait commencer en octobre 2022.

- Le **CSTB** (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) est un institut parapublic français réalisant des activités de recherche, d'évaluation et de certification sur les éléments de construction. Il comprend des laboratoires matériaux, structure et feu équipés d'appareils d'essais uniques. Les ingénieurs de recherche et d'évaluation présentent une expertise sur le comportement au feu des matériaux de construction.

- Le **LRMH** (Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques) est un service à compétence nationale du Ministère de la Culture, localisé à Champs-sur-Marne (77).

La mission statutaire du LRMH est d'apporter une assistance et un contrôle scientifiques et techniques aux travaux de conservation et de restauration des monuments historiques. L'activité de recherche du LRMH concerne, notamment, la connaissance des matériaux constitutifs et de leurs mécanismes d'altération et l'évaluation des matériaux et techniques de leur conservation et restauration. Cette activité est exercée au sein du Centre de Recherche sur la Conservation (CRC, UAR 3224 du CNRS), dont le LRMH fait partie. Outre ses recherches sur fonds propres, le LRMH est régulièrement partenaire de projets nationaux (ANR) ou européens (7e PCRD). Il est membre de deux Laboratoires d'excellence (LabEx) : MATISSE et PATRIMA, et participe au réseau OXYMORE.

Le LRMH, depuis longtemps intervient dans le cadre de l'expertise et de la restauration post-incendie de plusieurs édifices relevant de monuments historiques, notamment : du Parlement de Bretagne à Rennes en 1994, du château de Lunéville en 2003, et plus récemment de la cathédrale Notre-Dame de Paris depuis 2019 et de la cathédrale de Nantes depuis 2020. Dans plusieurs de ces édifices les peintures murales et les polychromies ont été endommagés.

Le pôle scientifique Peinture murale et polychromie du LRMH, en contribuant dans l'encadrement de cette thèse de doctorat, apportera dans le projet les connaissances de matériaux et techniques d'exécution, des pathologies pré-incendie et post-incendie, ainsi que des méthodes de restauration des œuvres peintes et polychromes.

-Le **C2RMF** (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France) est un service à compétence nationale du ministère de la Culture, localisé à Paris (75) et Versailles (78). Créé en 1999, le Centre de recherche et de restauration des musées de France est organisé en quatre départements : recherche, restauration, conservation préventive et archives et nouvelles technologies de l'information. Le C2RMF a pour mission de mettre en œuvre, en liaison avec les conservateurs responsables des collections, la politique du service des musées de France de la direction générale des patrimoines en matière de recherche, de conservation préventive et de restauration des collections des musées de France.

Le C2RMF, en sa qualité de service technique compétant en matière de conservation-restauration, participe à la mise en œuvre du contrôle scientifique et technique de l'État, conformément à la loi n°2002-5 en date du 4 janvier 2002 relative aux musées de France (article 15) et à ses décrets d'application n°2002-628 du 25 avril 2002 (article 19) et 2002-852 du 02 mai 2002 (article 9)

Il constitue et conserve en outre une documentation sur les matériaux, les techniques et la restauration des œuvres des musées qui pourra être utile dans le cadre de la thèse.

Le Département de la conservation préventive (DCP) travaille en lien avec les DRAC (direction régionale des affaires culturelles) et la MISSA (mission sécurité, sûreté et accessibilité) à la sensibilisation des musées aux risques majeurs et participe activement à l'accompagnement pour l'élaboration des plans de sauvegarde des biens culturels (PSBC). À ce titre, le DCP est associé au programme européen PROCULTHER ainsi qu'au Copil Notre-Dame.

- **CY Cergy Paris Université** et tout particulièrement le Laboratoire de Physicochimie des Polymères (EA 2528) regroupe des enseignants-chercheurs de divers profils : polyméristes, électrochimistes, chimistes inorganiciens, physiciens des surfaces et interfaces. Nos principaux savoir-faire concernent l'élaboration et la caractérisation des matériaux polymères (et réseaux de polymères (RIP)) et les (macro)molécules  $\pi$ -conjuguées (ou polymères conducteurs électroniques), avec la spécificité d'aller de la synthèse et la caractérisation physicochimique des matériaux à leur intégration dans des dispositifs, ensuite étudiés. Le laboratoire dispose également d'une plateforme d'analyse microscopie aidant à la caractérisation.

#### Profils

Le candidat doit être titulaire d'un Master de préférence en Sciences des matériaux, Chimie des matériaux ou Sciences, formulation et/ou physico-chimie. Il/elle doit faire preuve d'initiative et d'esprit d'équipe, d'une grande motivation, d'un sens synthétique et d'un grand intérêt pour le travail expérimental manuel en laboratoire. Des compétences en communication écrite et orale en anglais sont obligatoires.

#### Coordonnées

Pour postuler, merci d'adresser CV et lettre de motivation à :

[veronique.marchetti@cstb.fr](mailto:veronique.marchetti@cstb.fr)

[stephane.moulatat@cstb.fr](mailto:stephane.moulatat@cstb.fr)

[witold.nowik@culture.gouv.fr](mailto:witold.nowik@culture.gouv.fr)

[juliette.remy@culture.gouv.fr](mailto:juliette.remy@culture.gouv.fr)

[fabrice.goubard@cyu.fr](mailto:fabrice.goubard@cyu.fr)

#### Sites internet

CSTB : <http://www.cstb.fr>

Laboratoire Incendie du CSTB : <http://www.cstb.fr/fr/installations-d'essais/essais-incendie>

LRMH: <https://www.lrmh.fr>

C2RMF: <https://c2rmf.fr/>

LPPI: <https://www.cyu.fr/cy-lppi-laboratoire-de-physicochimie-des-polymeres-et-des-interfaces>